

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ  
ИМ. В.М. МАТРОСОВА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИДСТУ СО РАН)**

УДК 556.18:51-7; 556.18:007;  
626/627:51-7; 626/627:007



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИДСТУ СО РАН,  
академик РАН

И.В. Бычков

«15» 11 2022 г.

**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»**

*Шифр научной темы FWEW-2021-0009*

**«Научно-обоснованные оценки влияния изменения уровня озера Байкал на  
экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий, и обоснование для  
экологической, социально-экономической оценки последствий (ущербов) при  
изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС»  
(сводный промежуточный отчет 2 этапа)**

Иркутск – 2022 г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова» (ИДСТУ) СО РАН (реферат, введение, заключение, общая редакция, разделы 2.1–2.3, 2.3.1, 2.5, Приложения Д1–Д7, Е1–Е4);

ФГБУН «Лимнологический институт» (ЛИН) СО РАН (разделы 1.1.3, 1.2.2–1.2.6, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3.1, 1.3.4, 1.3.5.1, 1.3.5.4, 1.3.5.6, 1.3.6, 3.1.3, 3.2.6, 3.2.7);

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» (ИГ) СО РАН (разделы 1.1.1, 1.2.7, 1.4.2, 1.5.1, 2.1, 2.5, Приложения А1–А6, Д2, Д3);

ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева» (ИСЭМ) СО РАН (разделы 2.3, 2.3.1, 2.4, 3.1.1, 3.1.2, 3.3.2–3.3.5, Приложение Е3);

ФГБУН «Байкальский институт природопользования» (БИП) СО РАН (разделы 1.1.4, 1.2.1, 1.5.3, 2.1, 2.3.2, 2.5, Приложения Г1, Г2, Д4, Д6);

ФГБУ «Государственный гидрологический институт» (ГГИ) Росгидромета (разделы 3.2.1–3.2.5, 3.3.1);

ФГБУН «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии» Байкальский филиал (БайкалНИРО) Росрыболовства (разделы 1.3.3.2, 1.3.5.2, 1.3.5.7, Приложения Б1–Б6);

ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии (ИОЭБ) СО РАН (разделы 1.3.5.8, 1.4, Приложения В1, В2, Д4);

ФГБУН «Геологический институт» (ГИН) СО РАН (раздел 1.1.2, 1.5.2);

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет» (ИГУ) Минобрнауки (раздел 1.3.3.3, 1.3.5.3, 1.3.5.5, 1.4.1, 2.1, Приложение Д7).

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ПО ИНСТИТУТАМ

### **ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова» (ИДСТУ) СО РАН**

Директор ИДСТУ СО РАН, академик РАН, научный руководитель работы	И.В. Бычков
Главный научный сотрудник, д.т.н., отв. исполнитель	В.М. Никитин
Первый зам. директора по информатизации, к.т.н.	А.Е. Хмельнов
Старший научный сотрудник, к.т.н.	А.С. Гаченко
Ученый секретарь, к.т.н.	Е.С. Ферреферов
Старший научный сотрудник, д.э.н.	И.И. Орлова

### **ФГБУН «Лимнологический институт» (ЛИН) СО РАН**

Директор ЛИН СО РАН, д.г.-м.н., руководитель работы (разделов)	А.П. Федотов
Г.н.с., д.б.н.	О.А. Тимошкин
Г.н.с., д.г.н.	Т.В. Ходжер
Г.н.с., д.б.н.	Н.А. Бондаренко
С.н.с., к.ф.-м.н.	И.А. Асламов
С.н.с., зав. лаб., к.б.н.	Е.В. Дзюба
С.н.с., к.г.н.	В.М. Домышева
С.н.с., к.г.н.	Н.А. Онищук
С.н.с., к.г.н.	Т.Г. Потемкина
С.н.с., к.г.н.	И.В. Томберг
С.н.с., к.г.н.	Л.М. Сороковикова
С.н.с., к.г.н.	В.Н. Синюкович
С.н.с., рук. группы	И.В. Ханаев
С.н.с., к.б.н.	А.И. Широкая
С.н.с., к.б.н.	Н.Г. Шевелева
С.н.с., к.б.н.	М.Ю. Суслова
С.н.с., к.г.н.	М.М. Макаров
С.н.с., к.б.н.	И.В. Механикова
Н.с., к.б.н.	А.В. Непокрытых
Н.с., к.б.н.	В.В. Мальник
Н.с., к.б.н.	Н.А. Букшук
Н.с.	Р.Ю. Гнатовский
Н.с.	П.Н. Аношко
Н.с.	Ю.М. Зверева
М.н.с.	О.В. Медвежонкова
К.б.н.	Н.А. Рожкова
Гл. спец., к.б.н.	А.Е. Побережная
Вед. инж., к.г.н.	Е.В. Болданова

Гл. специалист  
Вед. инж.  
Нормоконтролер

Е.М. Тимошкина  
М.И. Гула  
Н.В. Максимова

### **ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» (ИГ) СО РАН**

Директор ИГ СО РАН, докт. геог. наук, руководитель  
работы (разделов)

И.Н. Владимиров

Гл. науч. сотр., докт. геогр. наук

Л.М. Корытный

Зав. лаб., вед.н. с., канд. геогр. наук, отв. исполнитель  
НИР

О.В. Гагаринова

Зав. лаб., гл.н. с., докт. геогр. наук

Т.И. Заборцева

Зав. лаб., вед.н. с., канд. геогр. наук

И.А. Белозерцева

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

И.Б. Воробьева

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

Н.В. Власова

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

Г.Б. Дугарова

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

О.В. Евстропьева

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

В.Н. Богданов

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

Е.А. Ильичева

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

Е.Л. Макаренко

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

М.Ю. Опекунова

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

В.А. Преловский

Вед. науч. сотр., канд. геогр. наук

Д.В. Кобылкин

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

А.П. Софронов

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

Ц.Б. Дашпилов

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

М.В. Цыганкова

Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук

А.А. Черенев

Ведущий инженер

И.О. Андреева

Ведущий инженер

А.В. Бардаш

Ведущий инженер

К.В. Дуля

Ведущий инженер

В.В. Захаров

Ведущий инженер

М.В. Павлов

Ведущий инженер

П.В. Рогов

Инженер 1 кат.

И.Ю. Амосова

Инженер 1 кат.

О.А. Игнатова

Инженер

Ю.К. Ланкин

### **ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева» (ИСЭМ) СО РАН**

Зав. лабораторией гидроэнергетических и  
водохозяйственных систем ИСЭМ СО РАН, д.т.н.,  
руководитель работы (разделов)

В.М. Никитин

Ст. научн. сотр., к.т.н.

Н.В. Абасов

Научн. сотр., к.т.н.

Е.Н. Осипчук

Вед. спец., к.г.н.

Т.В. Бережных

Ст. инженер.

М.М. Каленикова

Инженер-исследователь

В.М. Бердников

Инженер-исследователь

В.А. Петрухина

Инженер-исследователь

В.С. Гасан



## ФГБУН «Байкальский институт природопользования» (БИП) СО РАН

Научный руководитель БИП СО РАН, д-р геогр. наук, акад. РАН, руководитель работы (разделов)	А.К. Тулохонов
Директор, зав. лаб., д-р геогр. наук, чл.-корр. РАН	Е.Ж. Гармаев
Зав. лаб., ст. науч. сотр., канд. геогр. наук	В.С. Батомункуев
Зав. лаб., гл. науч. сотр., д-р экон. наук	А.С. Михеева
Вед. науч. сотр., д-р экон. наук	Т.Б. Бардаханова
Зав. лаб., гл. науч. сотр., д-р геогр. наук	А.Н. Бешенцев
Зав. лаб., ст. науч. сотр., канд. фарм. наук	В.В. Тараскин
Гл. науч. сотр., д-р хим. наук, проф	Л.Д. Раднаева
Ст. науч. сотр., д-р экон. наук	Л.Б-Ж. Максанова
Ст. науч. сотр., канд. техн. наук	А.А. Аюржанаев
Ст. науч. сотр., канд. биол. наук	С.В. Жигжитжапова
Ст. науч. сотр., канд. техн. наук	В.Г. Ширеторова
Ст. науч. сотр., канд. хим. наук	Е.Ц. Пинтаева
Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук	Д.Ц.-Д. Жамьянов
Ст. науч. сотр., канд. геогр. наук	Э.Д. Санжеев
Ст. науч. сотр., канд. хим. наук	С.Г. Доржиева
Науч. сотр., канд. экон. наук	С.Н. Аюшеева
Науч. сотр., канд. экон. наук	Д.А. Дарбалаева
Науч. сотр., канд. геогр. наук	М.А. Жарникова
Науч. сотр., канд. геогр. наук	А.Л. Волошин
Науч. сотр., канд. экон. наук	Н.Б. Лубсанова
Науч. сотр., канд. геогр. наук	П.В. Осодоев
Науч. сотр., канд. биол. наук	Ж.Б. Алымбаева
Науч. сотр., канд. геогр. наук	Э.А. Батоцыренов
Науч. сотр., канд. биол. наук	С.В. Базарсадуева
Науч. сотр., канд. биол. наук	Г.С. Ширапова
Науч. сотр., канд. геогр. наук	Д.Г. Будаева
Науч. сотр., канд. экон. наук	З.С. Еремко
Мл. науч. сотр	Е.П. Никитина
Мл. науч. сотр	Ц.Ж. Базаржапов
Мл. науч. сотр	Т.Ш. Рыгзынов
Мл. науч. сотр	Б.В. Содномов
Мл. науч. сотр	В.Н. Черных
Ведущий инженер	Б.О. Гуржапов
Ведущий инженер	З.Е. Банзаракцаев
Ведущий инженер, аспирант	О.Д. Будаева
Ведущий инженер	Ю.Б. Жамьянова
Ведущий инженер	З.З. Пахахинова
Ведущий инженер	А.А. Лубсанов
Инженер 1 кат	А.Г. Супруненко
Инженер 1 кат	Н.Б. Ботоева
Инженер 2 кат	А.М. Андреева
Инженер, аспирант	С.А. Сат
Аспирант	Т.А. Хребтова

### **ФГБУ «Государственный гидрологический институт» (ГГИ)**

Зав. отделом водных ресурсов, д-р геогр. наук, руководитель работы (разделов)	В.Ю.Георгиевский
Вед. научн. сотр., д-р геогр. наук	А.В.Измайлова
Вед. научн. сотр., канд.техн.наук	Т.И.Яковлева
Ст. научн. сотр.	Т.В.Фуксова
Научн. сотр.	Т.М.Аксянов
Научн. сотр.	Ю.В.Изьюрова
Вед. инженер-программист	Т.Г.Молчанова
Вед. инженер	Е.А.Грек
Мл.научн.сотр.	Е.Н.Грек
Вед. инженер	О.М.Кузнецова
Вед. инженер	Н.И. Чистякова
Мл.научн.сотр.	К.А. Дубровская
Нормоконтролер	О.М.Кузнецова

### **ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии» (ИОЭБ) СО РАН**

Директор, д-р биол. наук, руководитель работы (разделов)	Л.Л. Убугунов
Зав. лабораторией, вед. науч. сотр., канд. биол. наук	Н.Г. Борисова
Вед. науч. сотр., д-р биол. наук	А.Б. Гынинова
Вед. инженер	Б. Гынинова
Зав. лабораторией, гл. науч. сотр., д-р биол. наук	О.А. Аненхонов
Науч. сотр., канд. биол. наук	С.В. Зайцева
Ст. научн. сотр., канд. биол. наук	О.П. Дагурова
Ст. науч. сотр., д-р биол. наук	А.А. Ананин
Мл. науч. сотр., канд. биол. наук	А.И. Старков
Ведущий инженер, канд. биол. наук	В.П. Гаранкина
Ведущий инженер	С.Ю. Ленхобоева
Ведущий инженер, д-р биол. наук	С.В. Попов
Зам. дир., канд. биол. наук	Д.Р. Балданова
Мл. науч. сотр., канд. биол. наук	Л.Д.Сондуева
Науч. сотр., канд. биол. наук	Т.Г.Бурдуковская
Инженер	О.Б. Жепхолова
Инженер	Л.В. Толочко
Ст. науч. сотр., канд. биол. наук	Ж.Н. Дугаров
Нормоконтроль	А.И. Старков

### **ФГБУН «Геологический институт» (ГИН) СО РАН**

Зав. лабораторией, д.г.-м.н.,  
руководитель работы (разделов)  
Ст. науч. сотр., к.г.-м..н  
Научн. сотр, к.т.н.  
Научн. сотр, к.г.н.  
Научн. сотр, к.г.-м.н.  
Научн. сотр., к.г.н.  
Научн. сотр., к.г.-м.н.  
Мл. научн. сотр.  
Аспирант  
Лаборант  
Лаборант

А.М. Плюснин  
Р.Ц. Будаев  
А.Д. Базаров  
Е.Г. Перязева  
А.В. Украинцев  
М.К. Чернявский  
Д.И. Жамбалова  
Н.А. Ангахаева  
Т.В. Чередова  
С.Г. Калашников  
Р.С. Черниговский

### **ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет» (ИГУ) Минобрнауки**

Декан биолого-почвенного факультета, зав.кафедрой  
зоологии позвоночных и экологии, зав.кафедрой  
Водных ресурсов ЮНЕСКО при ИГУ, д.б.н.,  
профессор, руководитель работ (разделов)  
вед. научн. сотр , д.б.н.  
к.б.н., доцент  
к.б.н., доцент  
к.б.н., доцент  
к.б.н., доцент  
к.б.н., доцент

А.Н. Матвеев  
И.В. Фефелов  
В.П. Самусенков  
А.И. Вокин  
А.Л. Юрьев  
Е.А. Мишарина  
Е.Б. Говорухина

### **ФГБУН «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии» Байкальский филиал Росрыболовства (БайкалНИРО)**

Научный сотрудник, к.б.н., отв. исполнитель разделов  
Старший научный сотрудник, к.б.н.  
Старший специалист  
Младший специалист  
Специалист  
Специалист

Д.В. Матафонов  
А.В. Базов  
А.И. Тугарин  
К.В. Слугина  
С.Ю. Неронова  
Е.С. Колпакова

## РЕФЕРАТ

Отчет: 681 стр., 207 рис., 130 табл., 326 источников, 27 приложений.

ОЗЕРО БАЙКАЛ, ЭКОСИСТЕМА, УРОВЕННЫЕ РЕЖИМЫ, МОНИТОРИНГ, ВОДНАЯ СРЕДА, ГИДРОБИОНТЫ, ЗООБЕНТОС, ЗООПЛАНКТОН, ИХТИОФАУНА, ОХРАНА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ, РЕЖИМЫ ГЭС, ПРАВИЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Отчет состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, приложений.

Во **введении** обозначена постановка проблемы, цели и задачи работы.

**В 1-й главе отчета «Оценка влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий»** представлены следующие разделы.

**1.1. Характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала. Оценка опасных природных явлений в береговой зоне озера и изменений уровня грунтовых вод, с детализацией для ключевых участков.**

Проведена оценка влияния колебаний уровня воды озера Байкал и Иркутского водохранилища на гидрологические и геоморфологические процессы в береговой зоне водных объектов и устьевых зонах притоков, с детализацией для ключевых участков в границах Иркутской области.

Дана характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала. Выполнена оценка опасных природных явлений в береговой зоне озера и изменений уровня грунтовых вод, с детализацией для ключевых участков в границах Республики Бурятия и Иркутской области.

Представлены материалы изучения характеристик интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала на участках р. Хара-Мурин, р. Утулик, р. Голоустная, о-ва Ярки.

Проведена оценка динамики экзогенных процессов в береговой зоне Южной и Средней котловин оз. Байкал с детализацией для ключевых участков с различной степенью их проявления (в границах Республики Бурятия).

**1.2. Химико-биологические характеристики зон смешивания байкальских вод и устьевых зон рек Селенга, Баргузин, В. Ангара, Голоустная, Бугульдейка.**

Представлена гидрохимическая характеристика устьевых зон рек Селенга, Баргузин, В. Ангара.

Представлены гидрохимические характеристики мелководной зоны с высокой и низкой антропогенной нагрузкой в результате подтопления береговой зоны при высоком уровне озера.

Проанализировано влияние колебаний уровня воды на гидрохимические показатели прибрежной зоны по профилю «интерстициальная – приурезовая – поверхностная вода на расстоянии 100 м от берега».

Дано количественное определение физико-химических компонентов (рН, электропроводимость, взвешенное вещество, кислород, главные ионы, биогены, органическое вещество), фито, зоо, бактериопланктона в зонах смешивания и подпора речных вод Селенги, Баргузина, Верхней Ангары, Голоустной, Бугульдейка при разном уровне озера Байкал.

Рассмотрены особенности распределения химических и биологических компонентов на приустьевых мелководьях притоков Байкала при низком годовом уровне озера (456,37 м) в мае 2022 г.

Рассмотрены особенности распределения химических и биологических компонентов на приустьевых мелководьях притоков Байкала при максимальном годовом уровне озера (456,85 м) в сентябре 2022 г.

Представлены материалы по содержанию химических компонентов в зонах смешения байкальских притоков и озера при разных величинах водного стока рек и уровня озера.

Определены зоны распространения речных вод вдоль береговой линии открытого Байкала по данным дешифрирования ДДЗ и экспедиционных наблюдений.

Проведена оценка влияния колебаний уровня озера Байкал на химический состав воды в устьевых зонах р. Сармы, р. Анги, р. Бабхи, р. Утулик и притоков Иркутского водохранилища.

### **1.3. Определение степени влияния изменения уровня Байкала на рыбохозяйственные и популяционные характеристики байкальской ихтиофауны и ее кормовой базы.**

Представлены результаты рассмотрения влияния колебаний уровня воды на состав и количественные характеристики сообществ байкальского фитобентоса.

Представлены результаты рассмотрения влияния колебаний уровня воды на качественный состав и динамику количественных показателей аномальных для экосистемы озера Байкал береговых скоплений детрита (БСД) растительного происхождения (по данным 2013–2021 гг.).

Представлены результаты рассмотрения влияния колебаний уровня воды на состав и количественные характеристики сообществ зоопланктона в заливах Посольский сор, Малое море, Чивыркуйский, Баргузинский, Ангарский сор. В рамках данного блока представлены:

- анализ физико-химических параметров (рН, электропроводимость, взвешенное вещество, кислород, главные ионы, биогены, органическое вещество) и кормовой базы молоди омуля в заливах Посольский сор, Малое море, Чивыркуйский, Баргузинский;

- таксономический состав, численность и биомасса зоопланктона и зообентоса прибрежно-соровых участков озера Байкал, в том числе результаты весенних и летних натурных исследований 2022 г.;

- динамика количественных показателей зоопланктона в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал;

- влияние колебаний уровня воды на сообщества мейзообентоса заплесковой зоны.

Представлены результаты рассмотрения влияния колебаний уровня воды на сообщества макрозообентоса литоральной и прибрежно-соровой зоны Байкала. В рамках данного блока представлены:

- влияние колебаний уровня воды на сообщества макрозообентоса литоральной зоны Байкала;

- таксономический состав, численность и биомасса зообентоса прибрежно-соровых участков озера Байкал, в том числе результаты весенних и летних натурных исследований 2022 г.;

- динамика количественных показателей макрозообентоса в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал;

- влияние колебаний уровня воды на амфибиотических насекомых (Trichoptera);

- определение влияния изменения уровня оз. Байкал на успешность размножения, структуру и численность майской популяции бычка желтокрылки;

- анализ влияния уровня оз. Байкала на нерестилища *Cottocomerphorus grewingkii* в литоральной зоне в июне и августе 2021–2022 гг.;

- видовой состав, численность и биомасса, места нереста, нагула, плотность заполнения нерестилищ и продуктивность основных промысловых видов рыб;

- определение степени влияния изменения уровня Байкала на паразитофауну рыб озера Байкал и анализ воздействия паразитов на популяции рыб Байкала.

Представлены санитарно-микробиологические характеристики мелководной зоны с высокой и низкой антропогенной нагрузкой (п. Листвянка, п. Б. Коты, п. Б. Голоустное, бухты Ая и пролив Ольхонские ворота, заливы Малого Моря, Чивыркуйский и

Баргузинский заливы, п. Турка, г. Гремячинск, п. Новый Энхалук, Посольский сор, г. Бабушкин, п. Танхой, г. Выдрино, г. Байкальск, г. Слюдянка, п. Култук и устья рек р. Турка, р. Селенга, р. Снежная, р. Б. Осиновка, р. Солзан, р. Похабиха, р. Слюдянка, р. Култучная), в результате подтопления береговой зоны при высоком уровне озера.

#### **1.4. Определение характеристик изменения животного мира прибрежной зоны ЦЭЗ БПТ при различных уровнях озера Байкал.**

Представлено влияние изменений уровня Байкала на птиц водно-болотных угодий.

Дана оценка изменения структуры фаунистических комплексов в результате трансформации прибрежных биотопов при колебании уровня озера Байкал в границах Иркутской области.

#### **1.5. Определение изменений основных ландшафтных компонентов ключевых участков береговой зоны и устьевых областей притоков, подверженных влиянию колебаний уровня оз. Байкал.**

Определены изменения состояния ландшафтных компонентов прибрежных территорий в результате влияния колебаний уровня озера Байкал и Иркутского водохранилища, с детализацией для ключевых участков в границах Иркутской области.

Определены изменения основных ландшафтных компонентов ключевых участков береговой зоны и устьевых областей притоков, подверженных влиянию колебаний уровня оз. Байкал.

Представлена оценка воздействия колебаний уровня воды в оз. Байкал на уникальные объекты (редкие и исчезающие виды растений и растительные сообщества, памятники природы, уникальные ландшафтные образования) ключевых участков прибрежных территорий в пределах границ Республики Бурятия.

Во 2-й главе отчета «Обоснование социально – экономической оценки последствий (ущербов) при изменении уровня байкала и регулировании расходов иркутской ГЭС» представлены следующие разделы.

**2.1. Проведение покомпонентной оценки потерь природной среды (стоимостная оценка потерь земельных, лесных, охотничье-промысловых, рыбных ресурсов, изменения состояния прибрежных экосистем, оценка затрат на восстановление продуктивности). Выполнение оценки ущерба объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов), сельскому хозяйству (стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции, оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв), социальным объектам и домохозяйствам, с учетом влияния регулирования уровня озера в его прибрежной части.**

Представлены концептуальные положения проведения стоимостных оценок потерь и ущербов.

Сформулированы граничные условия проведения стоимостной оценки потерь компонентов природной среды и социально-экономических ущербов.

Представлен перечень и основные характеристики используемых методик, и исходные данные для стоимостных оценок.

Подготовлена оценка социально-экономического ущерба на побережье озера Байкал и Иркутского водохранилища. В рамках данного блока представлены:

- оценка возможных затоплений при повышенных уровнях озера Байкал;
- стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов): объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики, инженерным сетям, берегоукрепительным сооружениям, иным производственным объектам на побережье озера Байкал и Иркутского водохранилища;
- стоимостная оценка ущерба сельскому хозяйству;
- ущерб социальным объектам и домохозяйствам при повышенных уровнях озера Байкал;
- оценка социально-экономических ущербов при пониженных уровнях оз. Байкал;
- суммарная оценка социально-экономических ущербов при изменении уровня озера Байкал.

Проведена оценка социально-экономического ущерба в нижнем бьефе, включающая:

- оценку социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при пропуске расходов менее 1300 м<sup>3</sup>/с;
- оценку социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при повышенных расходах.

Проведена стоимостная оценка потерь земельных ресурсов, включая все категории земель.

Проведена стоимостная оценка потерь лесных ресурсов.

Проведена стоимостная оценка потерь охотничье-промысловых ресурсов, редких видов растений и объектов, занесенных в Красную книгу.

Проведена стоимостная оценка потерь рыбных ресурсов.

Проведена стоимостная оценка потерь от уничтожения уникальных памятников природы, археологических памятников.



**2.2. Разработка цифровых моделей рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера Байкал, с выделением отдельных участков (для озера Байкал, Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС).**

Представлены характеристики участков и объектов Иркутской области.

Представлены характеристики участков и объектов Участки и объекты Республики Бурятия.

**2.3. ГИС моделирование зон затопления/осушения побережья оз. Байкал при разных уровнях режима озера на отдельных участках.**

Разработано ГИС моделирование в границах Иркутской области.

Разработано ГИС моделирование в границах Республики Бурятия.

**2.4. Моделирование режимов Иркутской ГЭС при разных уровнях озера Байкал и расходах через гидроузел для разных условий водности с учетом уровней воды в нижнем бьефе.**

Проведено моделирование и рассмотрены возможные диапазоны изменения уровней оз. Байкал (455,54–457,85 м ТО) и расходов Иркутской ГЭС (1300–6000 м<sup>3</sup>/с) для разных условий водности с учетом различных ограничений и сценариев работы ГЭС. По результатам моделирования сформированы зависимости уровней оз. Байкал от расходов Иркутской ГЭС и обеспеченности полезного притока воды в озеро.

**2.5. Оценка последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня режима для различных условий водности (полезного притока), уровня озера Байкал, расходов через Иркутскую ГЭС; снижения потенциала экономического развития, снижения рекреационного и природоохранного потенциала подтопляемых территорий; инвентаризация земель, утративших функциональный или ведомственный статус.**

Представлена оценка последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня режима.

Проведен анализ и представлена оценка влияния изменений уровня озера Байкал на рекреационный потенциал развития региона.

Представлена оценка снижения природоохранного потенциала при колебаниях уровня оз. Байкал и Иркутского водохранилища.

Сформулирован подход и представлены результаты оценки влияния изменений уровня озера Байкал на потенциал экономического развития региона.

Представлен подход к инвентаризации земель, утративших функциональный или ведомственный статус.

В 3-й главе отчета «Обоснование разработки предложений по совершенствованию методики мониторинга уровня озера Байкал» представлены следующие разделы.

### **3.1. Моделирование процессов суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал природного и техногенного происхождения.**

Проведен анализ и моделирование суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал по ретроспективным данным гидрологических постов УГМС и автоматических станций ЛИИ СО РАН, включающий:

- анализ и моделирование суточных циклов изменения уровня озера по ретроспективным данным гидрологических постов УГМС;
- анализ спектральных характеристик среднесуточного уровня оз. Байкал;
- анализ спектральных характеристик автоматических станций ЛИИ СО РАН.

Проведен анализ и представлены результаты по краткопериодным изменениям уровня озера Байкал (сейши, нагоны, метеоцунами).

### **3.2. Предложения для разработки методики и проведения комплексного сопряженного экологического и гидрометеорологического мониторинга за уровнем озера Байкал.**

Сформулированы основные положения государственного мониторинга водных объектов.

Представлено современное состояние системы наблюдений за уровнем озера Байкал и притоком речных вод в озеро Байкал.

Обоснованы предложения по определению среднего уровня оз. Байкал на конкретную дату.

Обоснованы предложения по модернизации системы наблюдений за уровнем озера Байкал и притоком речных вод в озеро.

Обоснованы предложения по автоматизированной обработке данных наблюдений и методике оперативного учета притока речных вод в озеро.

Обоснованы предложения по расширению сети автоматических станций измерения уровня озера Байкал (установка АС на постах Солнечная, Томпа, Нижнеангарск, Нейтринный телескоп-106 км).

Обоснован и представлен выбор участков побережья, наиболее чувствительных к изменению уровня озера Байкал.

### **3.3. Разработка количественных характеристик показателя водности (полезного притока) озера Байкал.**

Проанализированы нормативные документы по классификации водности.

Обосновано и проведено уточнение показателей составляющих водного баланса озера Байкал.

Разработана методика и расчет суммарного ежедневного притока речных вод.

Разработана методика оперативного расчета показателей полезного притока в озеро.

Сформированы количественные характеристики показателей водности.

В **Заключении** по второму этапу научного исследования представлены и прокомментированы результаты выполненной работы в части:

– оценки влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий;

– обоснования социально-экономической оценки последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС;

– обоснования разработки предложений по совершенствованию методики мониторинга уровня и прогнозированию полезного притока воды в озеро Байкал.

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>25</b>
<b>1 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ НА ЭКОСИСТЕМУ ЕГО МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ И ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ</b>	<b>28</b>
<b>1.1 Характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала. Оценка опасных природных явлений в береговой зоне озера и изменений уровня грунтовых вод, с детализацией для ключевых участков</b> .....	<b>28</b>
1.1.1 Оценка влияния колебаний уровня воды озера Байкал и Иркутского водохранилища на гидрологические и геоморфологические процессы в береговой зоне водных объектов и устьевых зонах притоков, с детализацией для ключевых участков в границах Иркутской области .....	28
1.1.2 Характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала. Оценка опасных природных явлений в береговой зоне озера и изменений уровня грунтовых вод, с детализацией для ключевых участков в границах Республики Бурятия .....	41
1.1.3 Изучение характеристик интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала на участках р. Хара-Мурин, р. Утулик, р. Голоустная, о-ва Ярки .....	55
1.1.4 Оценка динамики экзогенных процессов в береговой зоне Южной и Средней котловин оз. Байкал с детализацией для ключевых участков с различной степенью их проявления (в границах Республики Бурятия).....	71
<b>1.2 Химико-биологические характеристики зон смешивания байкальских вод и устьевых зон рек Селенга, Баргузин, В. Ангара, Голоустная, Бугульдейка</b> .....	<b>86</b>
1.2.1 Гидрохимическая характеристика устьевых зон рек Селенга, Баргузин, В. Ангара .....	86
1.2.2 Гидрохимические характеристики мелководной зоны с высокой и низкой антропогенной нагрузкой в результате подтопления береговой зоны при высоком уровне озера .....	100
1.2.3 Влияние колебаний уровня воды на гидрохимические показатели прибрежной зоны по профилю «интерстициальная – приурезовая – поверхностная вода на расстоянии 100 м от берега» .....	104
1.2.4 Количественное определение физико-химических компонентов (рН, электропроводимость, взвешенное вещество, кислород, главные ионы, биогены, органическое вещество), фито, зоо, бактериопланктона в зонах смешивания и подпора речных вод Селенги, Баргузина, Верхней Ангары, Голоустной, Бугульдейка при разном уровне озера .....	115
1.2.4.1 Особенности распределения химических и биологических компонентов на приустьевых мелководьях притоков Байкала при низком годовом уровне озера (456,37 м) в мае 2022 г. ....	116
1.2.4.2 Особенности распределения химических и биологических компонентов на приустьевых мелководьях притоков Байкала при максимальном годовом уровне озера (456,85 м) в сентябре 2022 г. ....	126
1.2.5 Содержание химических компонентов в зонах смешивания байкальских притоков и озера при разных величинах водного стока рек и уровня озера.....	129
1.2.6 Определение зоны распространения речных вод вдоль береговой линии открытого Байкала по данным дешифрирования ДДЗ и экспедиционных наблюдений.....	132
1.2.7 Оценка влияния колебаний уровня озера Байкал на химический состав воды в устьевых зонах р. Сармы, р. Анги, р. Бабхи, р. Утулик и притоков Иркутского водохранилища.....	135

<b>1.3 Определение степени влияния изменения уровня Байкала на рыбохозяйственные и популяционные характеристики байкальской ихтиофауны и ее кормовой базы .....</b>	<b>141</b>
1.3.1 Влияние колебаний уровня воды на состав и количественные характеристики сообществ байкальского фитобентоса .....	141
1.3.2 Влияние колебаний уровня воды на качественный состав и динамику количественных показателей аномальных для экосистемы озера Байкал береговых скоплений детрита (БСД) растительного происхождения (по данным 2013–2021 гг.)	143
1.3.3 Влияние колебаний уровня воды на состав и количественные характеристики сообществ зоопланктона в заливах Посольский сор, Малое море, Чивыркуйский, Баргузинский, Ангарский сор .....	145
1.3.3.1 Анализ физико-химических параметров (рН, электропроводимость, взвешенное вещество, кислород, главные ионы, биогены, органическое вещество) и кормовой базы молоди омуля в заливах Посольский сор, Малое море, Чивыркуйский, Баргузинский .....	145
1.3.3.2 Таксономический состав, численность и биомасса зоопланктона и зообентоса прибрежно-соровых участков озера Байкал, в том числе результаты весенних и летних натурных исследований 2022 г. ....	149
1.3.3.3 Динамика количественных показателей зоопланктона в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал .....	151
1.3.4 Влияние колебаний уровня воды на сообщества мейзообентоса заплесковой зоны .....	156
1.3.5 Влияние колебаний уровня воды на сообщества макрозообентоса литоральной и прибрежно-соровой зоны Байкала .....	157
1.3.5.1 Влияние колебаний уровня воды на сообщества макрозообентоса литоральной зоны Байкала .....	157
1.3.5.2 Таксономический состав, численность и биомасса зообентоса прибрежно-соровых участков озера Байкал, в том числе результаты весенних и летних натурных исследований 2022 г. ....	161
1.3.5.3 Динамика количественных показателей макрозообентоса в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал .....	162
1.3.5.4 Влияние колебаний уровня воды на амфибиотических насекомых (Trichoptera) .....	168
1.3.5.5 Определение влияния изменения уровня оз. Байкал на успешность размножения, структуру и численность майской популяции бычка желтокрылки .....	170
1.3.5.6 Анализ влияния уровня оз. Байкал на нерестилища <i>Cottocomephorus grewingkii</i> в литоральной зоне в июне и августе 2021–2022 гг. ..	176
1.3.5.7 Видовой состав, численность и биомасса, места нереста, нагула, плотность заполнения нерестилищ и продуктивность основных промысловых видов рыб .....	185
1.3.5.8 Определение степени влияния изменения уровня оз. Байкал на паразитофауну рыб озера Байкал и анализ воздействия паразитов на популяции рыб Байкала .....	191
1.3.6 Санитарно-микробиологические характеристики мелководной зоны с высокой и низкой антропогенной нагрузкой (п. Листвянка, п. Б. Коты, п. Б. Голоустное, бухты Ая и пролив Ольхонские ворота, заливы Малого Моря, Чивыркуйский и Баргузинский заливы, п. Турка, г. Гремячинск, п. Новый Энхалук, Посольский сор, г. Бабушкин, п. Танхой, г. Выдрино, г. Байкальск, г. Слюдянка, п. Култук и устья рек р. Турка, р. Селенга, р. Снежная, р. Б. Осиновка, р. Солзан, р. Похабиха, р. Слюдянка, р. Култучная), в результате подтопления береговой зоны при высоком уровне озера .....	203

<b>1.4 Определение характеристик изменения животного мира прибрежной зоны ЦЭЗ БПТ при различных уровнях озера Байкал .....</b>	<b>213</b>
1.4.1 Влияние изменений уровня Байкала на птиц водно-болотных угодий .....	223
1.4.2 Оценка изменения структуры фаунистических комплексов в результате трансформации прибрежных биотопов при колебании уровня озера Байкал в границах Иркутской области .....	233
<b>1.5 Определение изменений основных ландшафтных компонентов ключевых участков береговой зоны и устьевых областей притоков, подверженных влиянию колебаний уровня оз. Байкал.....</b>	<b>241</b>
1.5.1 Определение изменений состояния ландшафтных компонентов прибрежных территорий в результате влияния колебаний уровня озера Байкал и Иркутского водохранилища, с детализацией для ключевых участков в границах Иркутской области .....	241
1.5.2 Определение изменений основных ландшафтных компонентов ключевых участков береговой зоны и устьевых областей притоков, подверженных влиянию колебаний уровня оз. Байкал .....	251
1.5.3 Оценка воздействия колебаний уровня воды в оз. Байкал на уникальные объекты (редкие и исчезающие виды растений и растительные сообщества, памятники природы, уникальные ландшафтные образования) ключевых участков прибрежных территорий в пределах границ Республики Бурятия .....	263
<b>2 ОБОСНОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО – ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ (УЩЕРБОВ) ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ БАЙКАЛА И РЕГУЛИРОВАНИИ РАСХОДОВ ИРКУТСКОЙ ГЭС .....</b>	<b>276</b>
<b>2.1 Проведение покомпонентной оценки потерь природной среды (стоимостная оценка потерь земельных, лесных, охотничье-промысловых, рыбных ресурсов, изменения состояния прибрежных экосистем, оценка затрат на восстановление продуктивности). Выполнение оценки ущерба объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов), сельскому хозяйству (стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции, оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв), социальным объектам и домохозяйствам, с учетом влияния регулирования уровня озера в его прибрежной части.....</b>	<b>276</b>
2.1.1 Концептуальные положения проведения стоимостных оценок потерь и ущербов .....	276
2.1.2 Граничные условия проведения стоимостной оценки потерь компонентов природной среды и социально- экономических ущербов.....	279
2.1.3 Используемые методики и исходные данные для стоимостных оценок потерь и ущербов .....	279
2.1.4 Оценка социально-экономического ущерба на побережье озера Байкал и Иркутского водохранилища .....	285
2.1.4.1 Оценка возможных затоплений при повышенных уровнях озера Байкал...	285
2.1.4.2 Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов): объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики, инженерным сетям, берегоукрепительным сооружениям, иным производственным объектам на побережье озера Байкал и Иркутского водохранилища .....	286
2.1.4.3 Стоимостная оценка ущерба сельскому хозяйству.....	293
2.1.4.4 Ущерб социальным объектам и домохозяйствам при повышенных уровнях озера Байкал .....	296
2.1.4.5 Оценка социально-экономических ущербов при пониженных уровнях оз. Байкал.....	299

2.1.4.6 Суммарная оценка социально-экономических ущербов при изменении уровня озера Байкал .....	300
2.1.5 Оценка социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС ..	301
2.1.5.1 Оценка социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при пропуске расходов менее 1300 м <sup>3</sup> /с .....	303
2.1.5.2 Оценка социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при повышенных расходах .....	305
2.1.6 Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов, включая все категории земель .....	319
2.1.7 Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов.....	322
2.1.8 Стоимостная оценка потерь охотничье-промысловых ресурсов, редких видов растений и объектов, занесенных в Красную книгу.....	323
2.1.9 Стоимостная оценка потерь рыбных ресурсов .....	329
2.1.10 Стоимостная оценка потерь от уничтожения уникальных памятников природы, археологических памятников.....	333
<b>2.2 Разработка цифровых моделей рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера Байкал, с выделением отдельных участков (для озера Байкал, Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС) .....</b>	<b>341</b>
2.2.1 Участки и объекты Иркутской области .....	355
2.2.2 Участки и объекты Республики Бурятия .....	359
<b>2.3 ГИС моделирование зон затопления/осушения побережья оз. Байкал при разных уровнях режима озера на отдельных участках.....</b>	<b>362</b>
2.3.1 ГИС моделирование в границах Иркутской области .....	362
2.3.2 ГИС моделирование в границах Республики Бурятия .....	376
<b>2.4 Моделирование режимов Иркутской ГЭС при разных уровнях озера Байкал и расходах через гидроузел для разных условий водности с учетом уровней воды в нижнем бьефе.....</b>	<b>378</b>
<b>2.5 Оценка последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня режима для различных условий водности (полезного притока), уровня озера Байкал, расходов через Иркутскую ГЭС; снижения потенциала экономического развития, снижения рекреационного и природоохранного потенциала подтопляемых территорий; инвентаризация земель, утративших функциональный или ведомственный статус .....</b>	<b>398</b>
2.5.1 Оценка последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня режима .....	398
2.5.2 Влияние изменений уровня озера Байкал на рекреационный потенциал развития региона .....	405
2.5.3 Оценка снижения природоохранного потенциала при колебаниях уровня оз. Байкал и Иркутского водохранилища.....	412
2.5.4 Влияние изменений уровня озера Байкал на потенциал экономического развития региона .....	414
2.5.5 Инвентаризация земель, утративших функциональный или ведомственный статус .....	419

<b>3</b>	<b>ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ.....</b>	<b>427</b>
<b>3.1</b>	<b>Моделирование процессов суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал природного и техногенного происхождения.....</b>	<b>427</b>
3.1.1	Анализ и моделирование суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал по ретроспективным данным гидрологических постов УГМС и автоматических станций ЛИН СО РАН .....	427
3.1.1.1	Анализ и моделирование суточных циклов изменения уровня озера по ретроспективным данным гидрологических постов УГМС .....	427
3.1.1.2	Анализ спектральных характеристик среднесуточного уровня оз. Байкал.....	429
3.1.1.3	Анализ спектральных характеристик автоматических станций ЛИН СО РАН .....	432
3.1.2	Динамика изменения урovenного режима озера Байкал в естественных и зарегулированных условиях.....	436
3.1.3	Краткопериодные изменения уровня озера Байкал (сейши, нагоны, метеоцунами) .....	439
<b>3.2</b>	<b>Предложения для разработки методики и проведения комплексного сопряженного экологического и гидрометеорологического мониторинга за уровненным режимом озера Байкал .....</b>	<b>443</b>
3.2.1	Основные положения государственного мониторинга водных объектов.....	443
3.2.2	Современное состояние системы наблюдений за урovenным режимом и притоком речных вод в озере Байкал.....	443
3.2.3	Предложения по определению среднего уровня оз. Байкал на конкретную дату .....	451
3.2.4	Предложения по модернизации системы наблюдений за урovenным режимом и притоком речных вод в озере .....	455
3.2.5	Предложения по автоматизированной обработке данных наблюдений и методике оперативного учета притока речных вод в озере.....	460
3.2.6	Предложения по расширению сети автоматических станций (АС) измерения уровня озера Байкал (установка АС на постах Солнечная, Томпа, Нижнеангарск, Нейтринный телескоп-106 км).....	462
3.2.7	Выбор участков побережья наиболее чувствительных к изменению уровня озера Байкал.....	464
<b>3.3</b>	<b>Разработка количественных характеристик показателя водности (полезного притока) озера Байкал .....</b>	<b>465</b>
3.3.1	Нормативные документы по классификации водности .....	465
3.3.2	Уточнение показателей составляющих водного баланса озера .....	466
3.3.3	Методика и расчет суммарного ежедневного притока речных вод.....	469
3.3.4	Методика оперативного расчета показателей полезного притока в озере.....	474
3.3.5	Количественные характеристики показателей водности .....	475
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>479</b>
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>490</b>
	Приложение А1 Характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне Байкала и прилегающих территорий (Иркутская область), районирование Иркутского водохранилища по степени опасности возникновения и развития опасных геологических процессов.....	516
	Приложение А2 Химический состав воды устьевых зон притоков Иркутского водохранилища и оз. Байкал.....	525
	Приложение А3 Балльная оценка гидрогенной трансформации почв и почвенного покрова и экологической оценки ущерба, степень гидрогенной трансформации почв	



ключевых участков побережья Иркутского водохранилища и оз. Байкал (в границах Иркутской области).....	530
Приложение А4 Устойчивость фоновых ландшафтов побережья оз. Байкал, фации ключевых площадок побережья оз. Байкал и Иркутского водохранилища .....	533
Приложение А5 Факторы, показатели для расчета экономического ущерба лесным ресурсам вследствие вредного воздействия вод на побережьях Иркутского водохранилища и оз. Байкал в Иркутской области.....	542
Приложение А6 Сведения о причальных, гидротехнических сооружениях, расположенных на озере Байкал .....	545
Приложение Б1 Численность и биомасса организмов зоопланктона и зообентоса в водоемах прибрежно-соровой зоны озера Байкал.....	549
Приложение Б2 Средняя численность и биомасса планктонных и бентосных организмов на исследуемых участках при разных уровнях водности .....	550
Приложение Б3 Основные экологические характеристики и генеративные показатели промысловых видов рыб оз. Байкал .....	551
Приложение Б4 Зависимость численности и биомассы зоопланктона от характеристик уровня режима оз. Байкал для разных участков за период с 1959 г. по 2021 г. ....	552
Приложение Б5 Зависимость численности и биомассы зообентоса от характеристик уровня режима оз. Байкал для разных участков за период с 1959 г. по 2021 г. ....	554
Приложение Б6 Определение степени влияния изменения уровня озера Байкал на рыбохозяйственные и популяционные характеристики байкальской ихтиофауны и её кормовой базы.....	556
Приложение В1 Расположение гнезд у разных видов птиц.....	569
Приложение В2 Изменение уровня воды и ее влияние на численность водоплавающих и околоводных птиц .....	570
Приложение Г1 Данные по индексам-дефляторам в Республике Бурятия за период 2007-2022 гг.....	572
Приложение Г2 Стоимостные оценки ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Республики Бурятия в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС .....	576
Приложение Д1 Ссылки на нормативные удельные базовые показатели для определения стоимости ущерба от вредного (негативного) воздействия вод и иные показатели Методики ВИЭМС.....	583
Приложение Д2 Индексы-дефляторы, используемые для стоимостной оценки ущерба в Иркутской области в соответствии с Методикой ВИЭМС .....	585
Приложение Д3 Стоимостные оценки определения ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории р. Ангара и оз. Байкал в Иркутской области ..	586
Приложение Д4 Обоснование ущерба сельскому хозяйству Республики Бурятия.....	613
Приложение Д5 Суточные данные ЕНБВУ по уровню Байкала.....	630
Приложение Д6 Оценка социально-экономических ущербов при понижении уровня режима оз. Байкал для Республики Буряти .....	631
Приложение Д7 Расчет стоимости услуг по искусственному воспроизводству водных биоресурсов на 2022 г. (омуль байкальский).....	636
Приложение Е1 Цифровые модели рельефа нижнего бьефа Иркутской ГЭС .....	644
Приложение Е2 Цифровые модели рельефа и границы затопления и осушения мелководных зон и прибрежных территорий.....	653
Приложение Е3 Карты моделирования затоплений участков нижнего бьефа при различных расходах Иркутской ГЭС .....	667
Приложение Е4 Координаты изолиний для различных уровней воды озера Байкал в п. Большое Голоустное .....	678

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И АББРИВИАТУР

- АГК – автоматизированный гидрологический комплекс
- АНХК – Ангарская нефтехимическая компания
- АС – автоматическая станция
- АФС – цифровая аэрофотосъемка
- АЭХК – Ангарский электролизно-химический комбинат
- БВА – беспилотный воздушный аппарат
- БН – без названия
- БОС – биологические очистные сооружения
- БПЛА – беспилотный летательный аппарат
- БПТ – Байкальская природная территория
- БС – Балтийская система высот
- БСД – береговые скопления детрита
- БЦБК – Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат
- ВВП – валовой внутренний продукт
- ВИЭМС – Всесоюзный институт экономики минерального сырья
- ВМФ – военно-морской флот
- ВСЖД – Восточно-сибирская железная дорога
- ГИС – геоинформационная система
- ГП – гидрологический пост
- ГСМ – горюче-смазочные материалы
- ГХЦГ – гексахлорциклогексан
- ГЭС – гидроэлектростанция
- ДДЗ – дистанционное зондирование Земли
- ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтан
- ЕГРН – Единый государственный реестр недвижимости
- ЗОУИТ – зона с особыми условиями использования территории
- ИГЭС – Иркутская ГЭС
- ИЗК СО РАН – Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук
- ИРВ – измерения расходов воды
- КОЕ – колониеобразующие единицы
- КСР – коллективное средство размещения
- КУВ – Колебание уровня воды
- ЛЭП – линия электропередачи

ММО – места массового отдыха  
МО – муниципальное образование  
МПА – мясопептонный агар  
МПР РФ – Министерство природных ресурсов Российской Федерации  
МСХ – Министерство сельского хозяйства  
НИЦ – научно исследовательский центр  
НПУ – нормальный подпорный уровень  
ОАО – открытое акционерное общество  
ОГП – озерный гидрологический пост  
ОДУ – общий допустимый улов  
ОКБ – обобщенные колиформные бактерии  
ОКН – объект культурного наследия  
ОКС – объект капитального строительства  
ОМЧ – общее микробное число  
ООПТ – особо охраняемые природные территории  
ОЭЗ – особые экономические зоны  
ПАУ – полиароматические углеводороды  
ПБДЭ – полибромированные дифениловые эфиры  
ПДК – предельно-допустимая концентрация  
ПИБР – правила использования водных ресурсов  
ПНП – пожарный наблюдательный пункт  
ПХБ – полихлорированные бифенилы  
ПХДД – полихлорированные дибензо-п-диоксины  
ПХДФ – полихлорированные дибензофураны  
РБ – Республика Бурятия  
РВ – рекомендованный вылов  
СанПиН – санитарные правила и нормы  
СКО – среднее квадратическое отклонение  
СОЗ – стойкие органические загрязнители  
СП – свод правил  
ТМ – тяжелые металлы  
ТО – Тихоокеанская система высот  
ТРТ – туристско-рекреационный тип  
ТЭЦ – теплоэлектростанция  
УГВ – уровень грунтовых вод

УГМС – управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды  
УМО – уровень мертвого объема  
ФЗ – федеральный закон  
ХОП – хлорорганические пестициды  
ХПХ – химическая потребности в кислороде  
ЦММ – цифровая модель местности  
ЦМР – цифровая модель рельефа  
ЦОД – центр обработки данных  
ЦПКБ – центральное проектно-конструктивное бюро  
ЦФС – цифровая фотосъемка  
ЦЭЗ – центральная экологическая зона  
INS – внутренняя система позиционирования  
NTU – единица измерения мутности  
ORP – окислительно-восстановительный потенциал  
TIN – нерегулярные триангуляционные сети

## **ВВЕДЕНИЕ**

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

### **Задачи второго этапа исследования:**

- определение влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий;
- социально-экономическая оценка последствий (ущербов) и потерь природных ресурсов при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС;
- подготовка обоснования для формирования предложений по совершенствованию методики мониторинга уровня и прогнозированию полезного притока воды в озеро Байкал.

Результатом выполнения настоящего этапа научного исследования является оценка влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий; обоснование экологической, социально-экономической оценки последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС.

Работы, выполненные на 1 этапе НИР, явились научной основой для настоящего исследования. Важнейшие результаты, отмеченные на 1 этапе:

1. Фиксация отсутствия до настоящего времени комплексных системных исследований по проблеме влияния изменения уровня воды в озере Байкал на состояние экосистемы озера с определением ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Иркутской области, Республики Бурятия, в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС, что потребовало проведения масштабных поисковых исследований по широкому кругу направлений, включая выполнение полевых (экспедиционных) работ.

2. Выводы об отсутствии методических подходов и утвержденных методик по оценке социально-экономических ущербов и стоимостной оценке потерь природных ресурсов, применимых для решения поставленных задач, что потребовало выработки соответствующих методических и практических подходов к стоимостной оценке ущербов и потерь в границах правомерного регулирования уровня озера Байкал.

3. Заключение об отсутствии совместного экологического и гидрометеорологического (уровневого) мониторинга, разработки перспективных планов и мероприятий по минимизации негативных последствий для природной среды и

хозяйственных систем побережья озера, водохранилища и нижнего бьефа при регулировании их уровня режима.

4. Полученные на 1 этапе предварительные результаты стали основой для системного анализа экологических, природных, технических и социально-экономических компонентов прибрежных территорий озера Байкал в целях определения научно обоснованных требований к регулированию уровня озера Байкал и эколого-экономическая оценка последствий регулирования для Байкала и сопряженных территорий.

В рамках настоящего этапа НИР выполнены:

– Оценка влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий, включающая: анализ и оценку экзогенных процессов в береговой зоне озера; характеристик зоне смешивания байкальских вод в устьевых зонах основных притоков озера Байкал; влияния на байкальскую ихтиофауну и ее кормовую базу; влияния на животный мир прибрежной зоны; влияния на ландшафты береговой зоны и устьевых зон притоков.

– Обоснование социально-экономической оценки последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС, базирующееся на разработанных в рамках выполнения настоящего этапа исследований цифровых моделей рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера Байкал, ГИС моделирования зон затопления/осушения побережья оз. Байкал при разных уровнях режима озера на отдельных участках. Проведены: покомпонентная оценка потерь природной среды и социально-экономических ущербов; оценка последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня озера Байкал для различных условий водности (полезного притока), уровня озера Байкал, расходов через Иркутскую ГЭС; моделирование режимов Иркутской ГЭС при разных уровнях озера Байкал и расходах через гидроузел для разных условий водности с учетом уровней воды в нижнем бьефе.

– Обоснование разработки предложений по совершенствованию методики мониторинга уровня озера Байкал, основанное на выполненном в рамках настоящего этапа исследования моделировании процессов суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал природного и техногенного происхождения, с формированием предложений для разработки методики и проведения комплексного сопряженного экологического и гидрометеорологического мониторинга за уровнем

режимом озера Байкал, и разработки количественных характеристик показателя водности (полезного притока) озера Байкал.

Полученные результаты настоящего этапа поискового исследования позволят на заключительном (3 этапе) НИР обеспечить формирование:

1. Научно-обоснованных экологических и рыбохозяйственных требований при регулировании уровня озера Байкал, с учетом социально-экономической оценки последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС.

2. Социально-экономических оценок последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС.

3. Предложений по совершенствованию прогнозирования полезного притока воды озера Байкал с учетом оценки водного баланса озера Байкал в условиях наиболее вероятных сценариев климатических изменений.

4. Предложений по минимизации рисков и потенциальных ущербов при регулировании уровня озера Байкал, базирующиеся на научно обоснованных рекомендациях по режимам (правилам) регулирования уровня воды в озере Байкал с учетом экологических, социально-экономических и климатических факторов.

5. Рекомендаций (по результатам выполненной научной работы) в целях внесения изменений в правила использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и озера Байкал, территориального планирования и зонирования территорий, правила землепользования и застройки поселений, процедуры принятия решений о развитии застроенных территорий, прилегающих к Байкалу.

## **ГЛАВА 1. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ НА ЭКОСИСТЕМУ ЕГО МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ И ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

**1.1 Характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала. Оценка опасных природных явлений в береговой зоне озера и изменений уровня грунтовых вод, с детализацией для ключевых участков**

**1.1.1 Оценка влияния колебаний уровня воды озера Байкал и Иркутского водохранилища на гидрологические и геоморфологические процессы в береговой зоне водных объектов и устьевых зонах притоков, с детализацией для ключевых участков в границах Иркутской области**

**Береговая полоса оз. Байкал.** Переформирование берегов оз. Байкал в течение 50 лет после строительства Иркутской ГЭС и создания водохранилища приобрело техногенно-естественный характер и относительно стабилизировалось. К настоящему времени совокупность гидродинамических, геолого-тектонических и морфологических условий обусловили формирование побережья различных типов со специфическими структурными особенностями. Анализ интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера выполнен с использованием литературных данных [1–5], одновременного картографического материала и космоснимков (Приложение А1, таблица 1).

На южном побережье оз. Байкал с 1 по 83 км (рис. 1.1.1) развиты абразионно-аккумулятивные берега, связанные с размывом полигенетических конусов выноса в районе впадения рр. Снежная, Хара-Мурин, Утулик, Солзан, Безымянная, Култучная. Абразионные структурно-денудационные берега приурочены к участкам выхода склонов отрогов хр. Хамар-Дабан к побережью. На всем протяжении наблюдается абразия подгорных шлейфов, конусов выноса и террас. Аккумуляция проявляется в виде аккумулятивных выступов в устьях рек, в основном за счет выноса речных наносов и их взаимодействия с вдольбереговыми течениями. Средняя скорость отступания берегов за последние 50 лет на данном участке изменяется от 0,15 до 0,34 м/год. Максимальные значения приурочены к побережьям, которые сложены рыхлыми осадками. При повышении уровня озера деградация берегов за счет волновой деятельности в среднем будет составлять 1–2 м в год, достигая при уровне 457,85 м на отдельных участках и в устьях рек 20–50 м.



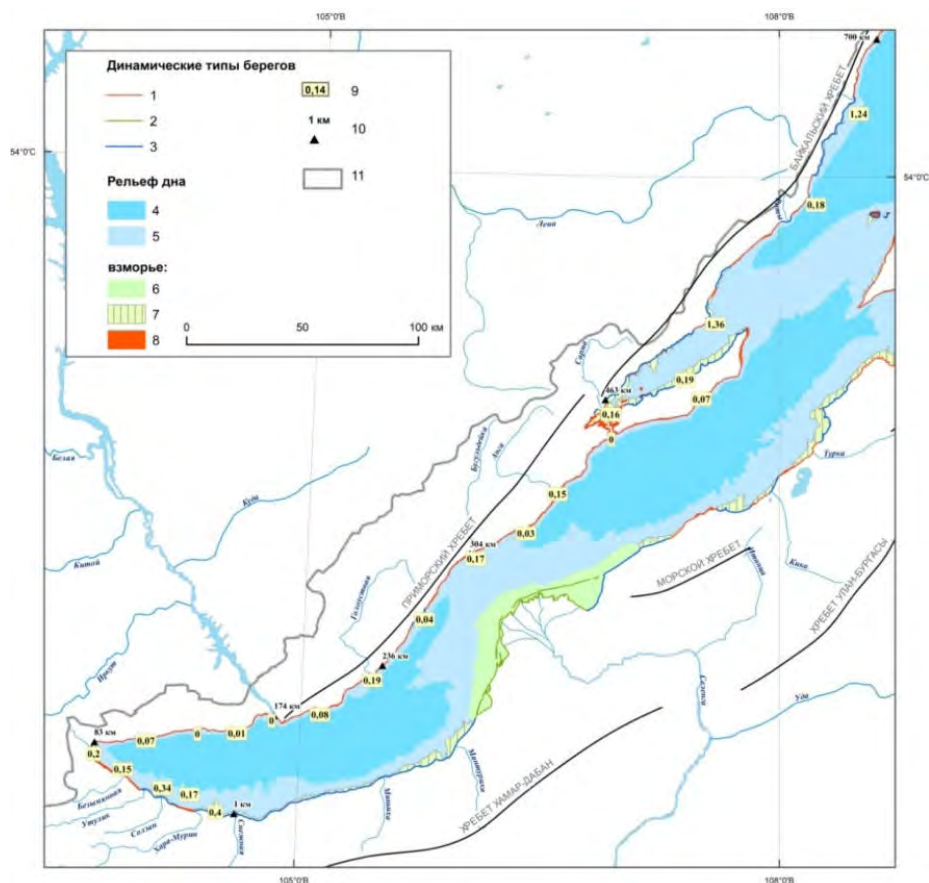


Рисунок 1.1.1 – Схема интенсивности абразии берегов оз. Байкал (Иркутская область).

Динамический тип берега: 1 – абразионный, 2 – аккумулятивный, 3 – абразионно-аккумулятивный; рельеф дна: 4 – днище, 5 – склон; характер взморья: 6 – отмелое, 7 – переходное, 8 – приглубое. 9 – скорость абразии берегов (м/год); 10 – километраж по побережью (км); 11 – границы бассейна озера Байкал

Участок побережья до истока р. Ангары формируется у подножий уступа Олхинского плато на участке Ангарского надвига. Берег абразионный структурно-денудационный с приглубым взморьем и слабо выраженной отмосткой. На всем участке (83–174 км) происходит подмыв оснований склонов и насыпей. Скорость абразии незначительна и может составить первые сантиметры в год.

От истока р. Ангары до устья р. Анги (174–362 км) берега в основном абразионные структурно-денудационные с приглубым взморьем, развиваются у подножий сбросовых и денудационных уступов сводово-глыбового поднятия Приморского хребта и слабо подвержены волновой обработке. Скорость абразии здесь не превышает 0,1 м в год, и подгорные шлейфы, состоящие из глыб кристаллических пород, препятствуют развитию этого процесса. Исключение представляют устья рек Голоустной, Бугульдейки, Анги и бухты, где скорость абразии может достигать 0,2 м/год. При значительном подъеме уровня (до 457,85 м) на низких берегах абразионный процесс может продвинуться вглубь

побережья до 700 м. Однако на этих участках происходит компенсация деградации берега за счет наносов рек и вдольберегового переноса и аккумуляции материала в бухтах.

Вдоль сбросовых уступов Приольхонской краевой ступени (362–463 км) воды оз. Байкал вплотную подходят к отвесным склонам. Скорость абразии на этом участке минимальная в связи с практически неразмываемыми кристаллическими породами уступов. На севере участка развиты рiasовые берега, образующие множество небольших бухт с песчаными и песчано-гравийными пляжами, где возможно затопление до 100 м от современной береговой линии при подъеме уровня оз. Байкал до 457,85 м (ТО), однако скорость абразии здесь незначительна. Устьевая область р. Сармы (455–463 км) и прилегающий участок подводного рельефа образуют комплекс абразионно-аккумулятивных форм, подверженных размыву. Скорость абразии достигает 0,2 м/год с учетом частичной компенсации наносами результатов разрушения, а при подъеме уровня озера (457,85 м) может продвинуться внутрь сарминского конуса выноса до 400 м.

На протяженном участке побережья (463–700 км) чередуются абразионные и абразионно-аккумулятивные берега, формирование которых ограничено уступами и сбросами краевых элементов байкальской рифтовой зоны. Абразионный процесс на этом участке активный, скорость абразии достигает 1,4 м/год и может развиваться вглубь побережья на расстояние более 500 м (при уровне озера 457,85 м).

Западное побережье о. Ольхон является абразионно-аккумулятивным полигенетическим с множеством бухт. Скорость абразии в бухтах может достигать 0,2 м/год. Уступы мысов практически не размываются. Восточное и юго-восточное побережье острова представлено абразионными структурными и структурно-денудационными берегами, которые практически не размываются (0,07–0,12 м/год).

Общая протяженность байкальского побережья в пределах Иркутской области без учета берегов о. Ольхон составляет 700 км. Расчет выполнен по топооснове масштаба 1:100000. В состав берегов по динамическому признаку входят: абразионные (57%), абразионно-аккумулятивные (38%) и аккумулятивные (5%) берега. Берега о. Ольхон подразделяются на два типа: абразионные приуроченные к восточному побережью, абразионно-аккумулятивные – к западному.

Ежегодная средняя скорость отступления берегов при подъеме уровня, в том числе и при возможном достижении отметки 457,85 м составит 0,2 м/год, при амплитуде 0,08–0,7 м/год для различных типов побережья. Максимальное отступление береговой линии может наблюдаться на севере исследуемой территории (Солнце-Падское, Саган-Морянское, Мужинайское побережья) и на юге в районе междуречья рр. Хара-Мурин и Снежная. В таблице 1.1.1 представлены итоговые характеристики современной

морфологии побережий и расчетные прогнозные значения динамических изменений в прибрежной зоне озера (без учета о. Ольхон).

Таблица 1.1.1 – Современные и прогнозируемые (при уровне 457,85 м) геоморфологические характеристики береговой зоны оз. Байкал (Иркутская область)

Геоморфологические характеристики	Значения динамических изменений
Современное состояние:	
общая протяженность берегов	700 км (100%)
абразионные	402 км (57%)
абразионно-аккумулятивные	266 км (38%)
аккумулятивные	32 км (5%)
Прогнозируемое состояние:	
Абразионные берега:	
Геоморфологические характеристики	Значения динамических изменений
средняя скорость отступления берегов	0,08 м/год
максимальное расстояние отступления берегов	0–3 м
Абразионно-аккумулятивные берега:	
средняя скорость отступления берегов	0,7 м/год
максимальное расстояние отступления берегов	29 м
Аккумулятивные берега:	
средняя скорость отступления берегов	0,7 м/год
максимальное расстояние отступления берегов	525 м

**Береговая полоса Иркутского водохранилища.** Изучение формирования и динамики берегов (в частности, абразионных процессов) водохранилища ведется на протяжении многих лет сотрудниками ИЗК СО РАН посредством мониторинга на отдельных ключевых участках берега [6–8].

В целом протяженность абразионных берегов водохранилища составляет 150 км, непосредственно размыву, из которых подвержена береговая линия – около 140 км. Максимальная ширина размыва берега за весь срок существования водоема составила более 150 м и приурочена к берегам, формирующимся в лессовидных суглинках. Участки современного мониторинга, расположенные в верхнем, среднем и приплотинном районах правобережной части Иркутского водохранилища в различных литологических и ветро-волновых условиях показывают, что наибольшая динамика переработки береговой линии отмечается на участках, сложенных лессовидными суглинками. В меньшей степени подвержены размыву берега, сложенные литифицированными отложениями.

По данным многолетних наблюдений на четырех участках мониторинга скорости отступления абразионных уступов варьируют от 0 м/год (уч. Тальцы) до 6,54 м/год (уч. Патроны-2 в 2013 г.) (рис. 1.1.2).

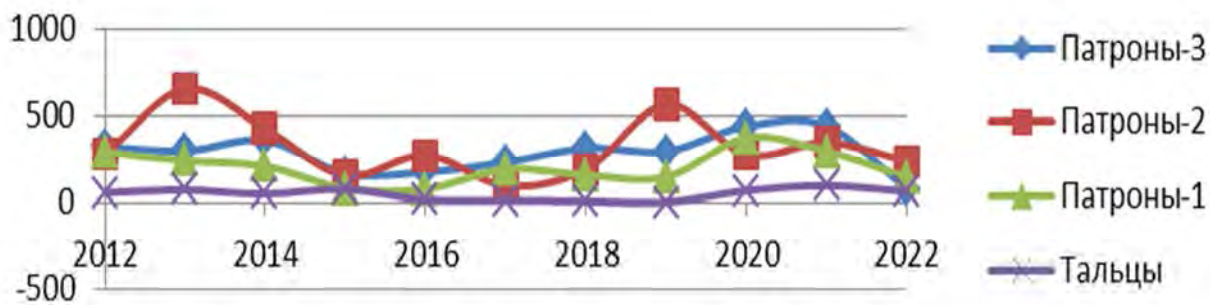


Рисунок 1.1.2 – Скорости отступления берегов в пределах участков мониторинга за период наблюдений 2012-2022 гг., см/год

Разрушение берегов в пределах абразионной береговой зоны Иркутского водохранилища возможно на участке от залива Щучий до плотины ГЭС по правому берегу, где распространено сочетание абразионных берегов с шириной размыва до 20 м, с небольшими по протяженности участками с шириной размыва до 70–100 м (залив Топка – Новоразводная) и более 100 м (участок залив Щучий – залив Топка) (рис. 1.1.3).

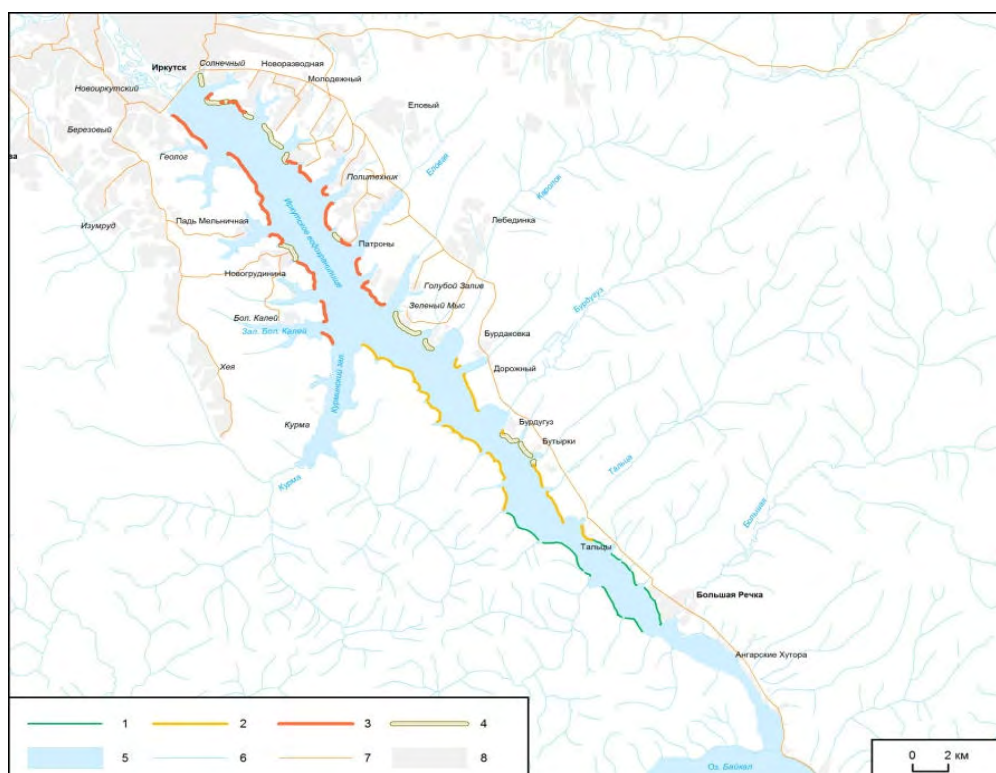


Рисунок 1.1.3 – Абразионные участки берега Иркутского водохранилища. Средняя величина размыва в год 1 – до 1 м; 2 – 1-1,5 м; 3 – 1,5-2 м; 4 – участки с берегоукреплением; 5 – водохранилище; 6 – реки, ручьи; 7 – автодороги; 8 – населенные пункты

На участках мкр. Солнечный, «Молодежный», садоводство «Иркутянин», пос. Новогрудино, Ерши (Ершовский водозабор) были проведены берегоукрепительные работы и в настоящее время мониторинг не проводится.

Учитывая максимальные скорости отступления бровки берегового уступа в пределах участков мониторинга, коррелирующие с максимальными уровнями озера Байкал (рис. 1.1.4) и водохранилища (рис. 1.1.5), объемы размыва земель могут достигать 8,84 тыс. м<sup>3</sup> или 55,25 м<sup>3</sup> на один погонный метр за год.

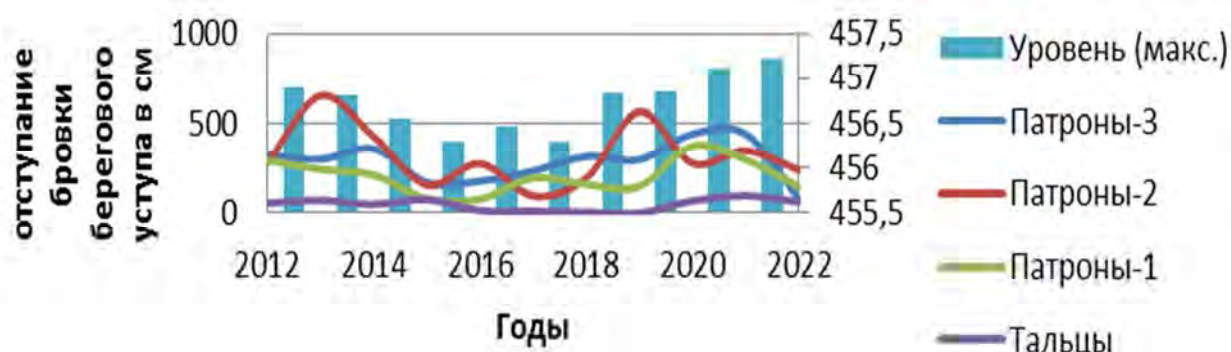


Рисунок 1.1.4 – График уровня воды оз. Байкал (п. Байкал) и отступление береговых уступов в пределах участков мониторинга на Иркутском водохранилище за период 2012–2020 гг.



Рисунок 1.1.5 – График уровня воды в р. Ангаре (Иркутское водохранилище) по гидропосту в пос. Патроны за период наблюдений 2012–2022 гг.



Измеренные средние скорости отступления береговых уступов за период мониторинга с 2012 г. варьируют от 14,72 (Тальцы) до 210 см (Патроны-2) в год (рис. 1.1.6, таблица 1.1.2).

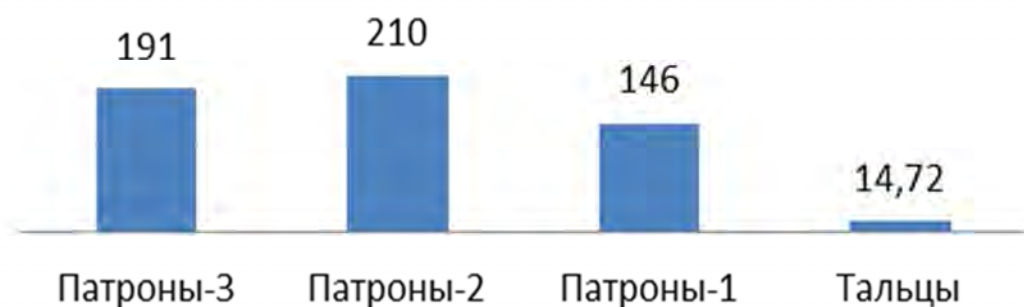


Рисунок 1.1.6 – Среднее отступление бровки абразионного уступа в пределах участков мониторинга, см/год

Таблица 1.1.2 – Данные о динамике абразионных берегов в пределах участков мониторинга

Название участка мониторинга	Среднее отступление бровки абразионного уступа, см	Суммарное отступление за 10 лет, м	Площади размыва в пределах участка мониторинга за 10 лет, га
Патроны-1	146	16,09	0,064
Патроны-2	210	23,16	0,092
Патроны-3	190	20,95	0,083
Тальцы	14,72	1,63	0,0065

Исходя из указанных фактических данных мониторинга за 10-летний период, площади размыва по всему водохранилищу могут варьировать от 2,44 га/год (по данным участка мониторинга «Тальцы») до 34,64 га/год (по данным участка мониторинга «Патроны-2»). По данным Г. И. Овчинникова за 1962-1996 гг. площади размыва по Иркутскому водохранилищу составили около 350 га [6], то есть 10,29 га/год. По расчетам по средним скоростям отступления бровки при колебаниях максимальных уровней от 456 до 457,2 м для уровня воды в оз. Байкал 457,85 м (ТО) разрушение берегов Иркутского водохранилища составит около 9,6 га/год. Средние значения максимальных скоростей отступления на участках мониторинга варьируют от 0,7 м до 5,2 м за год и зависят от геолого-геоморфологических условий, колебаний уровня, микроклиматических условий (в т. ч. ветровых волнений).

В Приложении А1 (таблица 2) представлено геолого-геоморфологическое районирование Иркутского водохранилища (с оценкой возможности активизации опасных геоморфологических процессов при колебании уровня воды [6, 8, 9]).

**Оценка изменений уровня грунтовых вод в береговой зоне озера.** Мониторинг подземных вод на исследуемой территории береговой зоны оз. Байкал проводится на одном участке опорной государственной сети гидрогеологических скважин в г. Байкальске и на побережье Иркутского водохранилища на двух участках в г. Иркутске и пос. Ангарские Хутора.

Участок в г. Байкальске включает три скважины № 6, 17 и 52 (рис. 1.1.7), вскрывающие грунтовые воды водоносного комплекса неоген-четвертичных аллювиальных отложений. Скважины № 6 и 52 имеют глубину 20 м, расположены в прибрежной полосе между пром. площадкой бывшего Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК) и акваторией озера Байкал. Режим подземных вод прибрежный. Расстояние от озера до скважины № 6 – 65 м, до скважины № 52 – 120 м. Скважина № 17 находится в черте г. Байкальска в 170 м от озера, имеет глубину 9 м и склоновый тип режима.

Измерения, проводимые в г. Байкальске, показывают идентичные колебания уровня грунтовых и озерных вод с небольшими изменениями в графике хода уровней подземных вод (рис. 1.1.8) начиная с 2014 г., после прекращения работы перехватывающего водозабора на пром. площадке БЦБК.



Рисунок 1.1.7 – Схема расположения наблюдательных скважин

Синхронность амплитуды колебания уровней нарушалась в 2019 г., что связано с аномальными осадками в южной части оз. Байкал, которые вызвали значительное повышение уровней грунтовых вод, что не отразилось на уровне воды в озере. Колебания уровня грунтовых вод на южном побережье оз. Байкал зависят от интенсивности их питания атмосферными осадками и это обуславливает высокую изменчивость величины

разницы положения уровней поверхностных и подземных вод. При минимальном количестве годовых осадков, разница уровней небольшая, и, наоборот, при максимальных значениях выпадения осадков (2019 г.) величина разницы уровней достигает максимального значения (рис. 1.1.8).

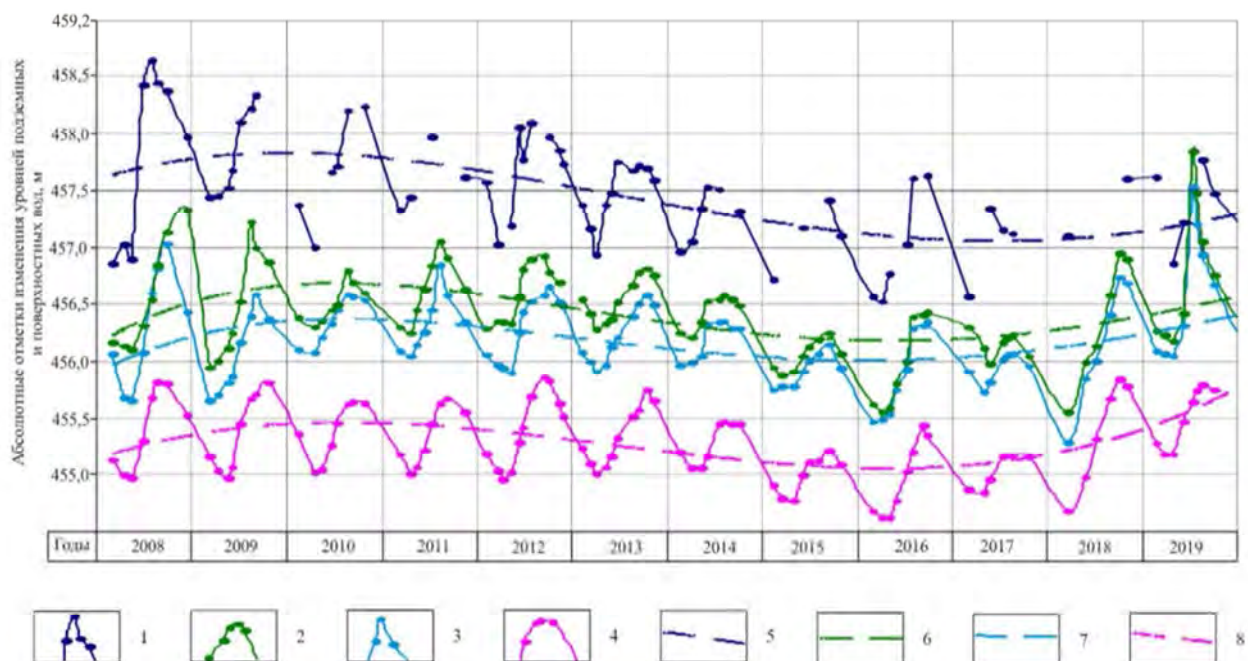


Рисунок 1.1.8 – График изменения уровней подземных и поверхностных вод. Уровни воды: 1 – скв. №17; 2 – скв. №6; 3 – скв. №52; 4 – оз. Байкал; полиномиальные линии тренда графиков изменения уровней подземных и поверхностных вод: 5 – скв. №17; 6 – скв. №6; 7 – скв. №52; 8 – оз. Байкал

В соответствии с критериями подтопляемости территорий [10] при максимальном положении уровня грунтовых вод условия умеренного подтопления регистрируются по скв. № 17 и слабого подтопления по скв. №№ 6 и 52.

В целом на участке г.Байкальска годовая амплитуда колебания уровня грунтовых вод зависит от атмосферных осадков и не связана с изменениями уровня поверхностных вод (оз. Байкал). Поток подземных вод разгружается в озеро.

Участок опорной государственной наблюдательной сети гидрогеологических скважин вблизи пос. *Ангарские хутора* расположен на правом берегу Иркутского водохранилища и включает две скважины №№ 269 и 270 (рис. 1.1.9). Скважины глубиной 9 м вскрывают грунтовые воды третьей надпойменной террасы р. Ангары водоносного комплекса четвертичных аллювиальных отложений. Скважина № 269 расположена в 180 м от акватории водохранилища и имеет прибрежный тип режима подземных вод; скважина № 270 расположена в 520 м от берега и имеет склоновый тип режима.



Колебания уровней грунтовых вод и поверхностных вод Иркутского водохранилища имеют сезонный характер и зависят от атмосферных осадков (рис. 1.1.10).



Рисунок 1.1.9 – Схематическая гидрогеологическая карта участка пос. Ангарские Хутора: 1 – скважина опорной государственной сети, номер; 2 – застройка; 3 – автодороги; 4 – линия геолого-гидрогеологического разреза

По скважине № 269 максимальное и минимальное положения уровня грунтовых вод отмечается раньше, чем соответствующие значения уровня в водохранилище. По скважине № 270 максимальные и минимальные положения уровней преимущественно соответствуют уровням по скважине № 269, что свидетельствует о существовании потока грунтовых вод, разгружающегося в Иркутское водохранилище.

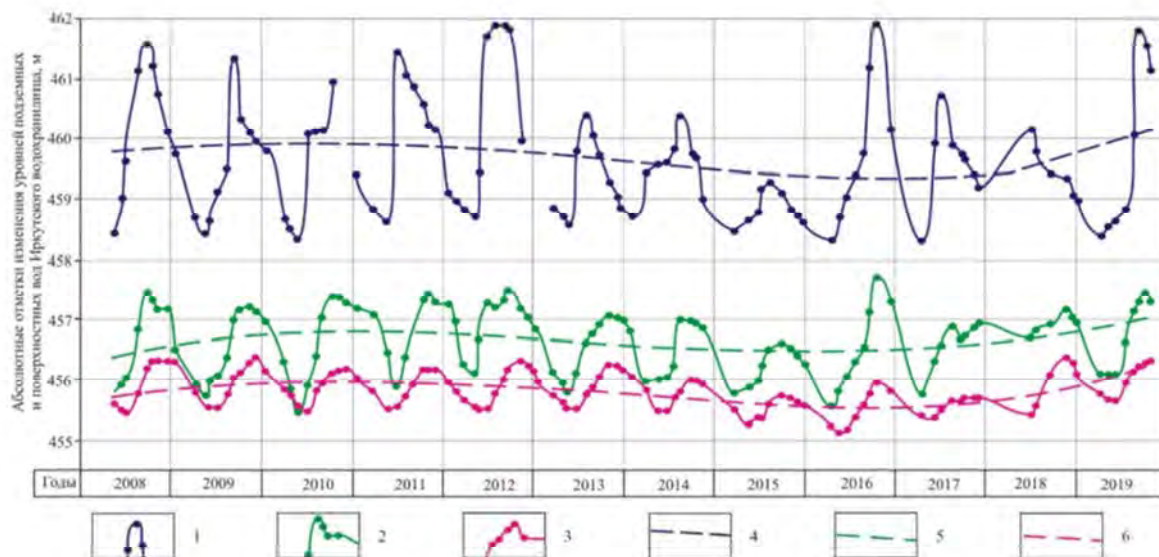


Рисунок 1.1.10 – График изменения уровней подземных и поверхностных вод Иркутского водохранилища пос. Ангарские Хутора. Уровни воды: 1 – скважина №270; 2 – скважина №269; 3 – Иркутское водохранилище. Полиномиальные линии тренда графиков изменения уровней подземных и поверхностных вод: 4 – скважина №270; 5 – скважина №269; 6 – Иркутское водохранилище

По обеим скважинам (№№ 269 и 270) отмечается синхронность колебания уровней грунтовых вод, свидетельствующая, что в питании подземных вод поверхностные воды водохранилища не участвуют. При максимальном уровне грунтовых вод (скв. 270 – 4,0 м; скв. 269 – 5,72 м) в скважинах наблюдается слабое и/или умеренное подтопление [10].

В целом на участке пос. Ангарские хутора отсутствует прямая гидравлическая связь грунтовых вод с поверхностными водами Иркутского водохранилища. Уровни подземных и поверхностных вод определяются сезонами года и количеством атмосферных осадков.

Участок государственной опорной наблюдательной сети (Иркутск-1), состоящий из двух скважин И-14 и № 205 расположен около плотины Иркутской ГЭС на правом берегу Иркутского водохранилища (рис. 1.1.11).

Скважина И-14 расположена в 25–30 м от берега водохранилища, имеет глубину 100 м, вскрывает подземные воды водоносного комплекса юрских терригенных отложений. Тип режима прибрежный. Подземные воды вскрыты на глубине 30 м, глубина залегания уровня по сезонам года в среднем изменяется от 2 до 3 м. Скважина 205 расположена в 200–220 м от берега водохранилища, имеет глубину 131 м. Наблюдения ведутся за подземными водами водоносного комплекса четвертичных аллювиальных отложений.



Рисунок 1.1.11 – Схематическая гидрогеологическая карта участка: 1 – водоупорный комплекс техногенных отложений плотины Иркутской ГЭС; 2 – водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений; 3 – водоносный комплекс юрских терригенных отложений; 4 – гидрогеологическая скважина (номер и индекс возраста водовмещающих пород); 5 – жилая городская застройка; 6 – автодороги; 7 – линия геолого-гидрогеологического разреза

По данным мониторинговых исследований на рассматриваемом участке в период с 2007 по 2019 гг. наблюдалось синхронное колебание уровней подземных вод водоносного комплекса четвертичных аллювиальных отложений и поверхностных вод Иркутского водохранилища (рис. 1.1.12), что свидетельствует об их зависимости преимущественно от количества выпадающих осадков. Уровень поверхностных вод постоянно ниже подземных вод, обратные уклоны подземных вод от водохранилища не фиксируются. Режим подземных вод практически независим от техногенных факторов. Режим поверхностных вод зарегулирован плотиной Иркутской ГЭС, зависит от наполнения озера Байкал и объема сброса воды.

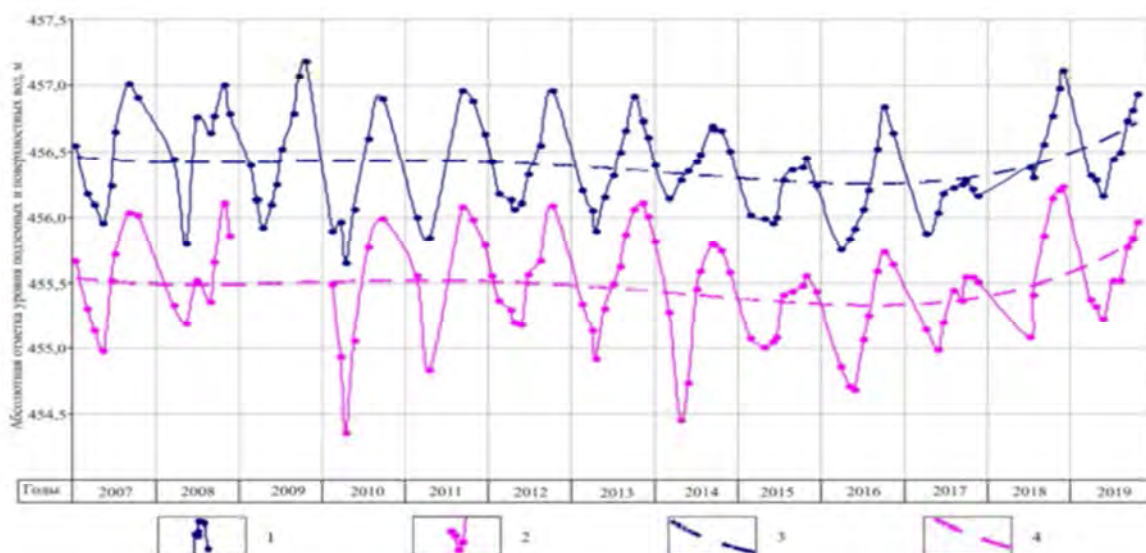


Рисунок 1.1.12 – График колебания уровней подземных вод по скважине 205 и поверхностных вод водохранилища в верхнем бьефе Иркутской ГЭС. Уровни воды: 1 – скв. №205; 2 – Иркутское водохранилище. Полиномиальные линии тренда графиков изменения уровней подземных и поверхностных вод: 3 – скв. №205; 4 – Иркутское водохранилище

Таким образом, данные мониторинга подземных вод по участкам, расположенным на берегах оз. Байкал и Иркутского водохранилища, показывают синхронные изменения уровней подземных и поверхностных вод, зависящие от сезонов года и количества атмосферных осадков. Подземные воды разгружаются в поверхностные водоемы, их уровень постоянно выше уровня поверхностных вод. По результатам наблюдений обратные уклоны на берегах озера и водохранилища не зафиксированы.

### Выводы

Средняя скорость отступления берегов оз. Байкал в результате абразионных процессов при подъеме уровня (457,85 м) составит 0,2 м/год. На отдельных абразионно-аккумулятивных участках западного побережья (участки 463–600, 622–700 км) озера средние скорости отступления составляют 1,2–1,4 м в год.

Скорость отступления берегов Иркутского водохранилища варьирует от 0,7 до 5 м за год в зависимости от геолого-геоморфологических условий, колебаний уровня и микроклиматических условий (в т. ч. ветровых волнений). Средние скорости отступления составляют 1–2 м/год, превышая 2 м/год на участках правого (36–55 км от истока) и левого (36–43 км от истока) берега.

Анализ динамики уровня грунтовых и поверхностных вод побережий Иркутского водохранилища и южной части оз. Байкал свидетельствует практически об отсутствии влияния колебаний уровня водоемов на грунтовые воды и создание условий подтопления.

Колебания уровня грунтовых вод обусловлены гидрогеологическим строением и атмосферным увлажнением.

### **1.1.2 Характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала. Оценка опасных природных явлений в береговой зоне озера и изменений уровня грунтовых вод, с детализацией для ключевых участков в границах Республики Бурятия**

**Введение.** Интенсивность абразионных процессов в береговой зоне зависит от уровня воды в озере. Высокий уровень воды в озере приводит к ослаблению воздействия вдольбереговых отложений на скорость движения волн, в период штормов, и они приобретают способность с максимальной разрушительной силой наносить удар по берегу. Какие разрушения будут нанесены берегу при том или ином уровне воды в озере трудно предсказать, так как разрушающий эффект зависит от нескольких факторов. Среди них наиболее значимы такие: уровень воды в озере, направление и сила ветра, конфигурация береговой полосы, уклоны подводной части берега, размеры пляжных зон, наличие защитных сооружений. Чтобы количественно оценить возможные разрушения необходимо проводить мониторинговые исследования за длительный период времени. В выполняемом проекте это сделать не представляется возможным. Сейчас мы можем зафиксировать разрушения, произошедшие на том или ином участке берега за последние годы. Учитывая, что 2020 и 2021 гг относятся к периоду с высоким уровнем воды, рассмотрим изменения, произошедшие в это время. В период осенних штормов абсолютная отметка уровня озера достигала в 2020 году 457,12 м, а в 2021 году 457,23 м (ТО). Вследствие этого, берег был подвержен значительным разрушениям. Последствия этого воздействия нам удалось зафиксировать в полевой период 2022 г. Необходимо отметить, что в период проведения полевых исследований, уровень воды в озере имел относительно отметки - 456,55–456,81 м (ТО), тем не менее, в некоторых местах удалось зафиксировать явления подтопления территории населенных пунктов.

В соответствии с СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления», утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. [10], уровень залегания грунтовых вод, который определяется как неблагоприятный для строительства подразделяется на три категории: 1) сильного подтопления с залеганием уровня подземных вод, приближающегося к поверхности и сопровождающегося процессом заболачивания и/или засоления верхних горизонтов почвы; 2) умеренного подтопления с залеганием уровня подземных вод в пределах от 0,3-0,7 до 1,2-2,0 м от поверхности; 3) слабого подтопления

с залеганием подземных вод в пределах от 1,2-2,0 до 2,0-3,0 м в гумидной и до 5,0 м – в аридной зоне.

Подтопление прибрежной территории может быть связано не только с подъемом уровня Байкала, но и с процессами, протекающими на берегу. На данном этапе исследований в большинстве случаев только зафиксированы места развития этого негативного физико-геологического явления. Установление причин его формирования предстоит выполнить при проведении исследований в последующие годы.

**Методика работ.** Полевые исследования абразии берегов проводились путем маршрутного обследования побережья с измерением геоморфологических характеристик поверхности. Точки наблюдения фиксировались с использованием приборов GPS-геодезии. Уровень залегания грунтовых вод определялся методом георадиолокационного зондирования с заверкой результатов геофизических исследований путем бурения скважин в узловых точках наблюдения. Георадиолокационное исследование выполнялось методом профилирования с помощью георадара «Око» [11]. Разрешающая способность метода оценивается в 2–10 см. Местоположение профилей в реальном времени фиксировалось GPS-приемником. Профиля пересекали точки контрольного бурения, пробуренных на глубину до 4 м, где измерена фактическая глубина уровня грунтовых вод и описан литологический состав рыхлых отложений. Данные контрольного бурения в дальнейшем использовались для идентификации выделенных георадарных комплексов на радарограммах, оценке фактических скоростей электромагнитной волны и определении диэлектрической проницаемости выделенных слоев. Исследование грунтовых вод проведено в июне-июле 2022 г, когда уровень Байкала достигал отметок 456,52–456,60 м (ТО).

**Полученные результаты.** По результатам литературного обзора, представленного в отчете за 2021 год, были определены места наиболее интенсивного разрушения берега за прошедшие после подъема уровня озера годы. В некоторых населенных пунктах были возведены берегоукрепительные инженерные сооружения. При планировании проведения детальных исследований на 2022 была учтена эта информация, выделены ключевые участки, на которых и были сосредоточены усилия.

**Село Максимиха** располагается в устье реки Максимиха и подвержено процессам затопления и подтопления. По результатам исследования выделяется два участка, где проявляется негативное воздействие подъема уровня озера Байкал. Первый участок располагается в западной части села, где жилая застройка выходит к берегу озера (рис. 1.1.13).



Эта часть села подвергается интенсивной абразии. За прошедший после подъема уровня озера плотиной Иркутской ГЭС период были разрушены инженерные сооружения защиты берега ряжевого и габионного типа. Последние были возведены в 2013 г, имели протяженность 1,3 км, состояли из двух линий габионов с 8 спусками к воде в виде матрасов Рено. Они полностью разрушены абразионными процессами. Берег в этом месте оказался незащищенным, соответственно под воздействием абразии находится жилая застройка, автомобильная поселковая дорога, линия электропередачи. Протяженность абразионного берега в этом месте составляет 2 км.

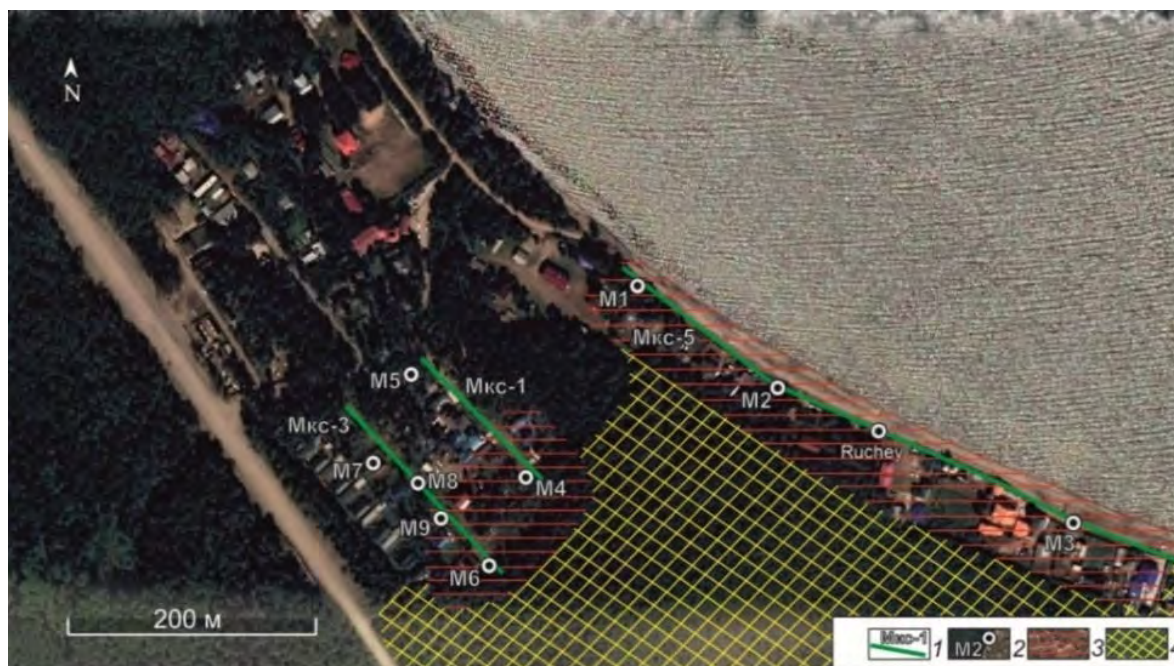


Рисунок 1.1.13 – Западная часть с. Максимиха с георадарными профилями и местами бурения скважин. Условные обозначения: 1 – геофизические профили, 2 – места бурения скважин, 3 – территория подверженная умеренному подтоплению, 4 – территория сильного подтопления

Территория жилой застройки в этом месте испытывает воздействие подтопления умеренного класса, Нами пройдено на этом участке три георадарных профиля и пробурено 9 скважин. Геофизический профиль Мкс-5 пройден по улице, расположенной вдоль берега, на удалении 11–14 м от уреза воды.

В разрезе выделяются два комплекса пород, соответствующие пескам и влажным пескам. Глубина залегания грунтовых вод по данным георадарного зондирования меняется в диапазоне от 1 до 2 м, причины изменения уровня залегания грунтовых вод могут быть связаны с геологическим строением территории. На отметках по простиранию профиля 250–320 м выделяются элементы аномального расположения слоев осадочных пород (рис. 1.1.14). Возможно, нарушение горизонтального залегания осадочных пород

связано с разрывным нарушением. В этом месте в озеро разгружается ручей. По данным, полученным при бурении скважин, грунтовые воды располагаются на глубине 1,15; 1,40; 1,71 м. В таблице 1.1.3 приведены абсолютные отметки залегания грунтовых вод ТО, которые ниже отметок стояния воды в озере. Поэтому поток грунтовых вод направлен от озера к берегу.

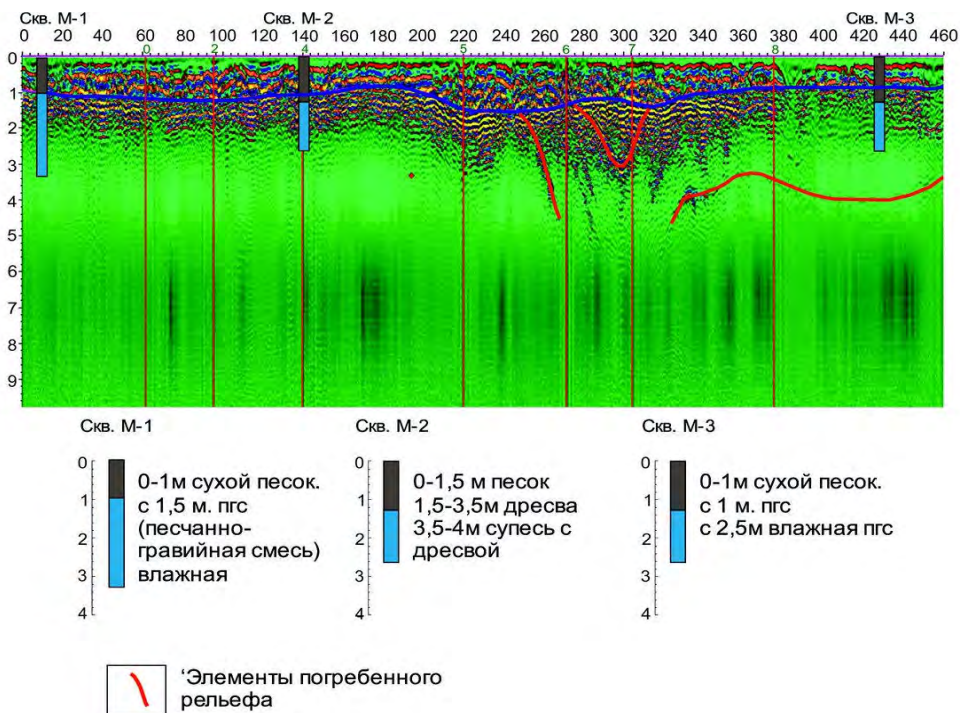


Рисунок 1.1.14 – Разрез осадочных пород в с. Максимиха по георадарному профилю Мкс-5

Установленное сильное подтопление территории с. Максимиха, в значительной степени, связано с особенностями геологического строения этой местности. Она представляет собой небольшую межгорную впадину с неравномерным опусканием блоков пород. Блоки, испытавшие наиболее сильное погружение, заболочены. Такие участки имеются и в восточной части села (рис. 1.1.15). Причины развития заболочивания пока установить не удалось.





Рисунок 1.1.15 – Космоснимок восточной части с. Максимиха в приустьевой части реки. Условные обозначения: 1- озеро, 2- побережье с местами расположения скважин, 3 - территория умеренного подтопления, 4 – места сильного подтопления

Участки, находящиеся в зоне умеренного подтопления, занимают значительную часть села расположенную в приустьевой долине реки Максимиха. Здесь располагаются жилые дома, пилорама, строятся церковь и торговый центр. Грунтовые воды располагаются на глубине 0,9–1,49 м. Площадь умеренного подтопления на этом участке с. Максимиха составляет 0,7 км<sup>2</sup>.

Таблица 1.1.3 – Характеристика пород и водных скважин в с. Максимиха

Номер скважины	Местонахождение	Описание пород, вскрытых скважиной	Глубина залегания грунтовых вод ,м (абс. отметка ТО)	Температура, °С	TDS, мг/л
М1	14 м от уреза воды, возле опоры ЛЭП	0–1 м сухой песок, с 1,5 м пгс (песчанно-гравийная смесь) влажная	1,15 (456,57)		
М2	под ЛЭП-380	0–1 м сухой песок 1–2 м влажный песок	1,71 (456,01)		
М3	под ЛЭП, 11 м от уреза воды	0–1 м сухой песок, 1–2 м пгс с 2,5 м влажная пгс	1,4 (456,32)		
М4	рядом с домом ул.Студенческая, 13	0–1,5 м песок 1,5–2 м супесь влажная, 2–3 м супесь с обильной влагой	1,96	7,8	74,8
М5	Вторая от озера	0–1,5 м песок	н/о		

Номер скважины	Местонахождение	Описание пород, вскрытых скважиной	Глубина залегания грунтовых вод ,м (абс. отметка ТО)	Температура, °С	TDS, мг/л
	параллельная берегу улица	1,5–3,5 м дресва 3,5–4 м супесь с дресвой			
М6	Студенческий мкр., д.28	0–1 м супесь с дресвой 1–1,8 м дресва 1,8–2 м влажный суглинок	1,35	9,5	111
М7	Студенческий мкр., д.17	0–1,5 м супесь 1,5–4 м дресва	ниже 4 м		
М8	Студенческий мкр., д.25	0–2 м супесь 2–2,3 м дресва, гравий	скважина остановлена		
М9	Студенческий мкр.	0–1 м супесь 1–4 м дресва	1,9	8,8	78,7
М10	Возле церкви	0–1 м супесь, аллювий	0,9 (456,82)	14	337
М11	Шурф на ул. Клубной, левый берег р.Максимиха	аллювий	1,25 (456,47)		
М12	шурф на правом берегу реки, возле одиночного дома	0–1 м аллювий	1,05 (456,67)		
М13	Улица, возле магазина «Кооператор»	0–2 м супесь 2–3 м супесь, аллювий	1,49 (456,23)	10,2	325

**Автомобильная дорога на участке п. Катково** проходит по берегу Байкала и подвергается разрушению под воздействием абразионных и оползневых процессов. Абразионная терраса во многих местах располагается в 4–5 м от полотна автомобильной дороги. Суммарно длина автомобильной дороги, подвергающейся абразии, составляет более 2 км. Размыв берега на этом участке за 2020–2021 гг. произошел на 3–4 м. При обследовании выявлены многочисленные места абразионного разрушения насыпи автомобильной дороги.



Рисунок 1.1.16 – Космоснимок с. Гремячинск. Условные обозначения: 1 – расположение георадарных профилей, 2 – места бурения гидрогеологических скважин, 3 – территория подверженная умеренному подтоплению

**Село Гремячинск** располагается на низкой береговой террасе, сложенной озерными отложениями. На территории с. Гремячинск пройдено три георадарных профиля и пробурено 8 скважин (рис. 1.1.16). В четырех скважинах глубина залегания менее 1 м, еще в 4 скважинах глубина залегания грунтовых вод менее 2 м. На георадиолокационных профилях Gr-1 и Gr-2 отчетливо выделяется три комплекса пород. Первый комплекс фиксируется с поверхности до интервала глубин от 1,5 м до 2 м. Согласно данным бурения данный комплекс интерпретируется как озерные песчаные отложения. Для слоя определены электрофизические параметры,  $\epsilon \approx 6$ ,  $V \approx 133$  мм/нс, которые соответствуют сухим пескам. Второй комплекс выделяется в начале профилей в интервале 0–120 м и соответствует обводненным пескам озерного генезиса с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon \approx 25$ . Третий комплекс выделяется в прибрежной зоне в интервалах простирания 120–380 м, соответствует обводненным песчано-галечным отложениям с косослоистой структурой, с падением в сторону оз. Байкал (рис. 1.1.17). При бурении скважин Г-2 и Г-3 выявлен хорошо проницаемый крупный песок рыжего цвета (пленка гидроокислов железа). В этом месте наблюдается купол в залегании грунтовых вод. Они располагаются на глубине 0,90 и 0,88 м. По выявленной хорошо проницаемой зоне осуществляется гидравлическая связь грунтовых вод с озером Байкал.



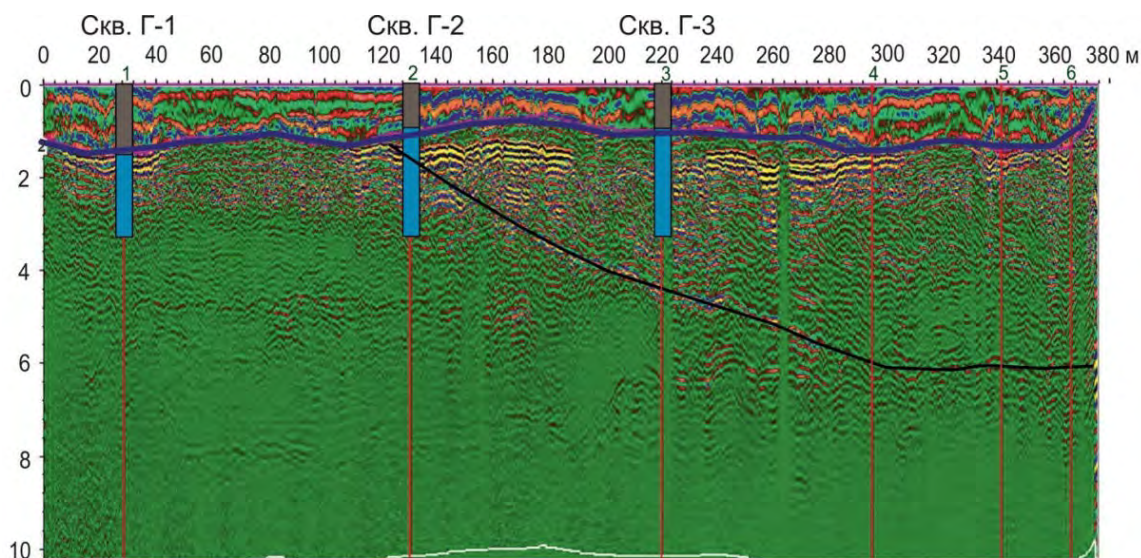


Рисунок 1.1.17 – Разрез пород по георадарному профилю GR-1 и местами заложения гидрогеологических скважин

**Село Сухая** располагается на первой озерной террасе, рельеф ровный со слабым наклоном к озеру. Жилая застройка располагается в 200–300 м от берега. Тем не менее, по свидетельствам местных жителей, проживающих на ближайших к озеру улицах, в 2021 г. подвальные помещения затапливались грунтовыми водами. В период штормов было размывто 5 м береговой полосы. Значительная часть села, располагающаяся от автомобильного шоссе в сторону озера, находится под угрозой возможного подтопления при подъеме уровня Байкала. В селе пробурено 5 скважин. В одной скважине грунтовые воды обнаружены на глубине 1,42 м, в других скважинах грунтовые воды находились в момент обследования на глубинах 2,1–2,52 м. Причины формирования подтопления села Сухая не установлены, требуются дополнительные исследования.

**Рекреационная местность «Побережье Байкала»** располагается на берегу озера между с. Сухая и С. Энхалук. Занимает пространство между а/дорогой и озером. Оборудовано легкими инженерными сооружениями из дерева (беседки, столы, скамейки, туалеты, контейнеры для сбора мусора). В 2020–2021 гг. в период осенних штормов побережье сократилось на 6–7 м в результате абразии и развития оползневых процессов. На берегу наблюдаются оползни с вывалами деревьев. В отдельных местах расстояние от уреза воды до а/дороги не превышает 30–40 м.

**Село Старый Энхалук** располагается в приустьевой части р. Энхэлук. На южной окраине с. Старый Энхалук высота байкальской террасы достигает 2,5 м (рис. 1.1.18). Сложена озерная терраса светло-коричневыми средне-мелкозернистыми песками, хорошо промытыми, с субгоризонтальной слоистостью. Береговой вал с прислоненным пляжем, шириной 8–9 м и высотой до 1 м. Наблюдается, размыв террасы, происходит оползание

пород, в результате которого на пляже лежат упавшие деревья. Берег за один год отступил на 5–6 м. До внутрипоселковой дороги 50 м. Вдоль дороги проходит ЛЭП.

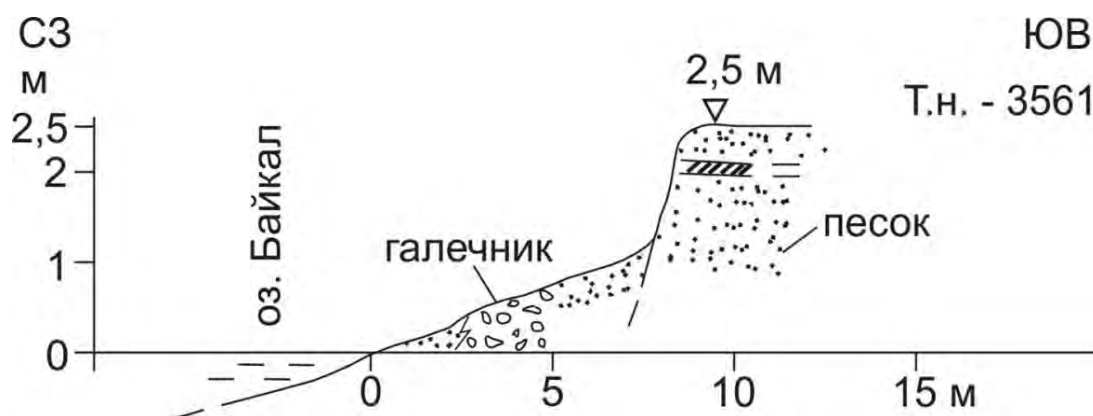


Рисунок 1.1.18 – Озерная терраса в приустьевой части реки в с. Ст. Энхалук

В 0,2 км южнее устья р. Энхалук высота озерной террасы достигает 7–8 м. Терраса песчаная. Береговой вал шириной 40–45 м сложен песком, отделяют низину (сухую лагуну), шириной 60 м от уступа террасы. Пляж односклоновый, ширина пляжа 12–15 м. Активно протекает абразия, берег за один штормовой сезон отступил на 5 м (рис. 1.1.19).



Рисунок 1.1.19 – Абразия берега в с. Ст. Энхалук в районе музея невероятной истории Байкала

**Село Оймур.** Село расположено на побережье Байкала в районе впадения в него реки Оймурка. Побережье Байкала в этом месте подвергается абразионным и эрозионным процессам. Происходит размыв берега обращенного в сторону Байкала и в сторону реки. Левый берег реки представляет собой террасу, сложенную легко размываемыми озерными отложениями. Эта терраса размывается во время паводков на реке и во время осенних штормов. За прошедшие после поднятия уровня озера 60 лет смыто 300 м берега, на котором ранее располагалась улица.

Терраса сложена горизонтально переслаивающимися светло-коричневым мелкозернистым и серовато-коричневым тонкозернистым песками. Пляж, обращенный в сторону Байкала, представлен двумя типами: (1) свободный (ширина около 2 м), отделенный лагуной, шириной 12 м от (2) прислоненного (шириной 15–16 м). Общая ширина зоны пляжа около 30 м. Ранее эта терраса, протянувшаяся вдоль берега Байкала до рыбзавода, укреплялась. В районе рыбзавода были возведены защитные сооружения из бетонных плит. За прошедшее время они разрушились на участке длиной 120 м. Сформировался абразионный берег шириной 8 м.

Правый берег реки Оймурка низкий, может подвергаться подтоплению, а в зимний период пучению грунтов. По свидетельству местных жителей в подвальных помещениях домов, расположенных по берегам р. Оймурка в приустьевой части в 2020 и 2021 гг. выступали грунтовые воды. Причина подтопления может быть связана с разливом реки, необходимы дополнительные исследования влияния подъема уровня Байкала.

**Село Посольское** расположено в приустьевой части Большой Речки, на 7–8 метровой озерной террасе. Вдоль побережья озера протягивается береговой вал шириной до 25 м и высотой около 1,5 м, сложенный песчано-галечным материалом. За береговым валом расположена лагуна шириной 200–250 м. Далее к востоку вдоль лагуны протягивается задернованный склон озерной террасы.

Комплекс Посольского монастыря расположен на 7 метровой озерной террасе. Склон крутизной 20–25°, задернован, относительно монолитный, слабо эродирован.

В юго-восточной части села располагается озеро с заболоченными берегами. Село расстраивается, постепенно осваиваются неблагоприятные для проживания места, в том числе и подверженные умеренному подтоплению. В селе детально изучено расположение грунтовых вод путем бурения скважин и исследования залегания вод в существующих колодцах. В северо-восточной и южной части села выделяются территории подверженные умеренному подтоплению грунтовыми водами. В зону подтопления попадает автомобильная дорога, соединяющая две части села. В этих местах в зимний период возможно развитие процесса пучения грунтов.

**П. Култушная** расположен в устьевой части реки Култушная, впадающей в залив Посольский Сор. В поселке располагаются многочисленные дома отдыха, турбазы и пр. объекты рекреации. Долина реки Култушная сильно заболочена. Основные здания, сооружения поселка располагаются на привозном грунте. Пробурено 3 скважины, грунтовые воды вблизи побережья Посольского Сора располагаются на глубинах менее 1 м. На удалении от прибрежной территории, которая сложена песчаными отложениями, скважинами вскрыты глинистые отложения. Распространение глинистых отложений на

этой территории является характерной чертой геологического развития этого района [12]. Заболачивание этой территории связано с воздействием рек Култушная и Абрамиха. При подъеме уровня Байкала скорость течения в этих реках понижается, они разливаются и заливают окружающую территорию. Подъем уровня Байкала приведет к еще более сильному заболачиванию территории.

**П. Боярский.** В районе поселка близко к берегу подходит Транссибирская железная дорога. Для ее защиты возведены инженерные сооружения бунового типа, волнобойные стенки. Как показало обследование этой территории в некоторых местах, там, где не возводились защитные сооружения, происходит абразионное разрушение берега, которое может затронуть железную дорогу и ЛЭП. На юго-западной окраине п. Боярский расположена озерная терраса высотой 9–11 м. Пляж прислоненного типа высотой до 1,5 м и шириной 8–10 м, сложен галечным материалом. Склон озерной террасы подвержен абразии. Склон террасы крутизной 45–60° задернованный, заросший древесно-кустарниковой растительностью. На отдельных участках склон субвертикальный, у подножья террасы лежат обрушившиеся блоки почвы и упавшие деревья, свидетельствующие об отступлении бровки террасы на 1,5–2 м за весенне-летний период 2022 г. Вблизи бровки террасы протянута высоковольтная линия ЛЭП, один из столбов расположен в 16 м от бровки террасы. По ходу маршрута установлено, что на отдельных участках основание железнодорожной насыпи Транссиба расположено в 15–20 м от бровки озерной террасы.

**Ст. Ключевка.** На северо-восточной окраине ст. Ключевка расположена 7–8 метровая озерная терраса, сложенная песком с прослоями алевритов и глин. Пляж шириной 6–8 м, высотой 1,0–1,5 м сложен мелкогалечным материалом. Наблюдается размыв террасы, откос размыва субвертикальный, у подножья откоса лежат глыбы обваливающегося материала, упавшие кусты и деревья. На поверхности террасы, в 1–2 м от бровки террасы наблюдаются трещины оседания. В 2 км к юго-западу от окраины г. Бабушкин железнодорожная насыпь расположена в 6–10 м от бровки террасы, затронутой абразией. Терраса сложена песком с прослоями алевритов и глины. Во многих местах наблюдается обрушение склона террасы.

**Ст. Танхой.** На северо-восточной окраине ст. Танхой расположена озерная терраса высотой 10–12 м, сложенная песчаными осадками. Северный склон террасы выположен (угол 10–15°). Подошва склона террасы укреплена бетонной стенкой длиной 0,4–0,5 км и высотой до 4 м.

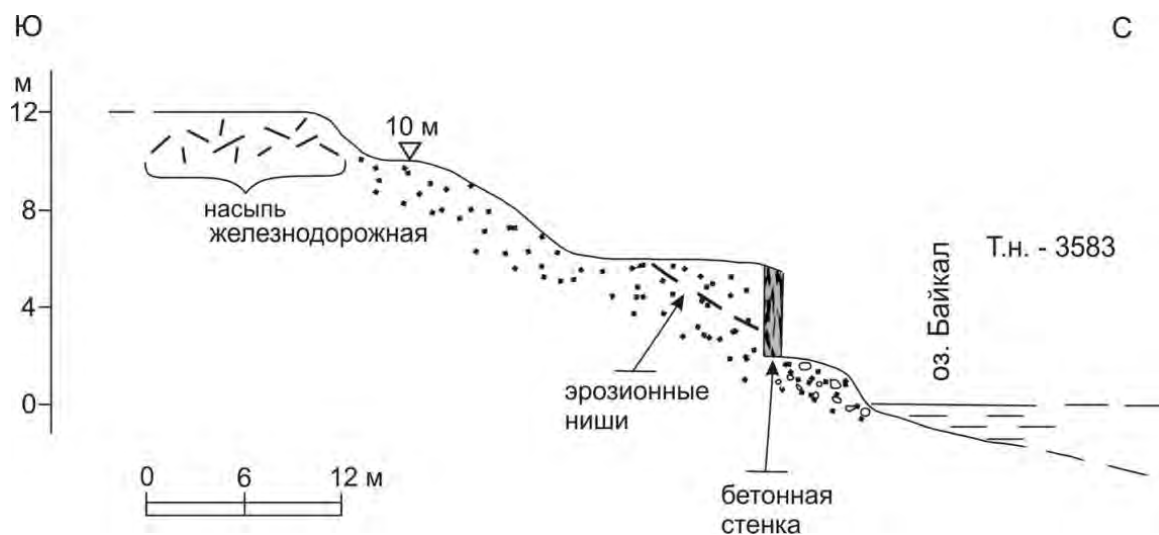


Рисунок 1.1.20 – Разрез озерной террасы расположенной в районе с. Танхой

Пляж галечный, шириной до 6 м и высотой до 2 м. Берег укреплен защитной бетонной стенкой. Однако на отдельных участках происходит ее разрушение, что приводит к эрозионному размыву берега. На этом участке отмечаются эрозионные ниши на склоне озерной террасы с размерами от 3 до 30 м в поперечнике, протягивающиеся до 20 м от защитной стенки вглубь террасы (рис. 1.1.20). На отдельных участках за инженерными сооружениями защиты берега наблюдается размыв склона террасы. Эрозионные ниши достигают 3–4 м в поперечнике. Установлено три ниши вымывания они протягиваются за волнобойной стенкой на расстояние 28 м.

К востоку от ст. Танхой распространена озерная терраса высотой 15–17 м, у подножья склона террасы сформирован галечный пляж шириной 10–15 м и высотой до 2 м. Озерная терраса размывается, высота откоса размыва равна 6–7 м. Железнодорожная насыпь расположена в 48 м от бровки озерной террасы. На южной окраине с. Танхой озерная терраса имеет высоту 6–7 м сложена песками. Пляж сложен песчано-галечным материалом шириной 8–12 м и высотой до 2 м. Эрозионный размыв происходит на интервале 0–200 м к юго-западу от защитной бетонной стенки.

**Визит-центр Байкальского заповедника.** Расположен возле мыса, выступающего в озеро на 50–60 м. Рядом с визит-центром имеется небольшая бухта, которая защищается от абразии инженерными сооружениями ряжевого типа, которые в значительной степени разрушены, валунный наполнитель практически вымыт. Здание визит-центра расположено на террасе высотой 2,5–3,0 м. Терраса сложена глыбово-валунным материалом с гравийно-песчаным заполнителем светло-коричневого цвета. Абразионный уступ террасы расположен в 6,3–7,2 м от здания. За штормовой период 2021 г. абразия уничтожила поверхность озерной террасы в полосе 5 м. Протяженность разрушенного



берега перед визит-центром составляет 33,5 м. Далее к востоку от визит-центра располагается пляж сложенный галькой. Ширина пляжа 10–15 м, протяженность около 500 м. Пляж располагается у основания террасы, высота абразионного уступа составляет 6–7 м.

При обследовании северного Байкала уровень воды находился на отметке 456,81 м ТО. **Село Байкальское** располагается на северо-западном побережье Байкала. Основная часть села расположено на высокой террасе. Возле берега находятся здания и сооружения рыбзавода. При подъеме уровня Байкала даже на 0,5 м они будут затоплены. На момент обследования был затоплен мыс к юго-западу от села, лиственный лес в долине, впадающей в районе мыса реки. Крутой берег, на котором располагается село подвержен абразии в многоводные годы, когда к нему открывается доступ волн после затопления низины. Абразия будет сопровождаться оползневыми процессами, чему способствует присутствие среди песчаных отложений прослоев суглинков и глины.

На северо-западном побережье Байкала может быть нанесен большой ущерб лесным ресурсам. Хвойный лес во многих местах располагается в 3–4 м от уреза воды. Берег пологий, абразионная терраса имеет высоту 1–2 м. При подъеме уровня Байкала во время штормов будет происходить разрушение береговой полосы и вывалы леса по всему побережью.

**Г. Северобайкальск.** При подъеме уровня Байкала пострадает зона отдыха, которая расположена на мысу. В этом месте имеется пляж с легкими постройками для переодевания, скамейки, шезлонги для отдыха. За пляжем располагается водоем. Протяженность зоны отдыха около 1 км.

Далее на мысу располагается садово-огородный кооператив «Нептун». Уровень грунтовых вод в этом месте располагается на отметке 1 м. Территория находится в зоне умеренного подтопления. При подъеме уровня озера вода выйдет на поверхность.

**Участок автомобильной дороги Северобайкальск-Нижнеангарск.** Участок берега в районе мысовых тоннелей подвержен интенсивной абразии. В штормовую погоду происходит интенсивное разрушение берега в этом месте на расстоянии 1,5 км. В результате абразии может пострадать межрайонная автомобильная дорога, которая находится в 5 м от уступа абразионной террасы.

**П. Нижнеангарск.** Берег в районе Рыбзавода подвержен абразии. Сформирована абразионная терраса в 5 м от уреза воды. В 3 м от абразионного обрыва проходит ЛЭП. В опасной зоне воздействия абразии находится подстанция. В этом месте берег, подверженный абразии, протягивается на расстояние 100 м.

В районе парка Nord Baikal береговой вал, сложенный валунно-галечным материалом, располагается в 5 м от ограждения парка и аллеи тополей. Для защиты поселка Нижнеангарск возведена дамба, сформирован пляж. Это место является местом отдыха для жителей поселка. Однако во время штормов волны доходят до дамбы, существует угроза размыва опор ЛЭП, проходящей возле нее. За дамбой местность заболочена. Болото протягивается до жилой застройки поселка. Строения, расположенные на ближней к берегу Байкала улице Рабочей находятся в зоне умеренного подтопления. В двух точках наблюдения уровень грунтовых вод 2 м. В колодце, расположенном на улице Звездной глубина залегания грунтовых вод составляет 1,5 м. Улица Озерная выходит на берег залива, который повсеместно заболочен. При подъеме уровня Байкала произойдет подтопление этой территории, пострадают жилые дома и туристические базы, располагающиеся вдоль береговой полосы.

### **Выводы**

При проведении полевых работ установлено, что интенсивная абразия берега произошла осенью 2020 и 2021 гг. Максимальный уровень Байкала (457,12 м) в 2020 г. был достигнут 30 сентября и держался 3 дня, а в 2021 г. максимальный уровень (457,23 м) – 22 сентября и держался 7 дней. В эти годы уровень Байкала длительное время превышал отметку 457 м, в 2020 г. этот период составил 48 дней, а в 2021 г. – 84 дня. Средний уровень Байкала в эти годы был меньше 457 м, так в 2020 г. он составил 456,76 м, а в 2021 г. – 456,94 м. Средние отметки уровня почти не отличаются от предыдущих маловодных лет. В 2019 г. средний уровень Байкала был 456,71 м, а в 2018 г. – 456,51 м. В эти годы максимальный уровень не превышал отметки 457 м.

Таким образом, определяющее влияние на интенсивность протекания абразионных, оползневых процессов в 2020 и 2021 гг. на восточном побережье Байкала, оказало влияние длительное стояние уровня выше 457 м. Абсолютная отметка уровня, когда начинает разрушаться берег, вероятно, определяется установившимся динамическим равновесием между абразионными и аккумулятивными процессами. За предшествующий длительный маловодный период был выработан профиль равновесия ниже 457 м, при превышении этого уровня стали протекать абразионные процессы во многих местах восточного побережья Байкала. В результате сформированы абразионные формы рельефа в населенных пунктах, зонах отдыха населения и вблизи социально значимых линейных инженерных сооружений. В среднем абразией за это время уничтожено 4–5 м берега. В 2022 г., когда максимальный уровень достигал 456,86 м, а средний уровень был на отметке 456,7 м, абразия берега была незначительна, так как за два предыдущих года был выработан профиль равновесия выше этих отметок.

При подъеме уровня Байкала до отметок выше 457,23 м вновь активизируются абразионные процессы на побережье. Продолжится разрушение берега в рассмотренных ключевых участках.

При уровне Байкала 457,5 м может быть нанесен большой ущерб лесным ресурсам на побережье северного Байкала, так как лесные массивы в прибрежной зоне будут затоплены. Даже слабое волнение на Байкале приведет к их уничтожению.

Исследование развития подтопления на прибрежной территории населенных пунктов, расположенных на восточном берегу Байкала, проведено с использованием комплекса геолого-геофизических методов, который включал георадиолокацию и бурение гидрогеологических скважин. Получена достоверная информация о развитии этого негативного физико-геологического явления на обширной территории. Выявлены элементы погребенного рельефа, позволяющие установить источники поступления вод и объяснить механизмы формирования подтопления. Определены площади, затронутые сильным (УГВ= 0,3–0,7 м), умеренным (УГВ= 0,7–2,0 м) и слабым подтоплением (2,0–3,0 м). Причины развития подтопления в населенных пунктах требуют дополнительного изучения.

При подъеме уровня озера до 457,5 м необходимо будет предусмотреть программу переселения людей с затопленных, подтопленных территорий.

### **1.1.3 Изучение характеристик интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне озера при изменении уровня Байкала на участках р. Хара-Мурин, р. Утулик, р. Голоустная, о-ва Ярки**

Реки Утулик и Хара-Мурин – притоки южного побережья озера Байкал, стекают с хребта Хамар-Дабан. Они относятся к малым рекам малой питающей провинции Байкала [13], которая занимает узкую полосу побережья и обращенные к озеру склоны окружающих хребтов. Большая часть рек малой провинции имеет горный характер. Водосборы рек Утулик и Хара-Мурин расположены в основном в горно-таежной зоне и не подвергаются активному антропогенному воздействию. Территории водосборов находятся под влиянием природных процессов. По нашим расчетам, среднееголетние расходы воды и наносов реки Утулик составляют соответственно 16,5 м<sup>3</sup>/с и 0,82 кг с<sup>-1</sup> за период наблюдений 1941–2020 гг.; 22,6 м<sup>3</sup> с<sup>-1</sup> и 0,39 кг с<sup>-1</sup> за 1971–2020 гг. для реки Хара-Мурин.

Для малых горных рек Байкала и, в частности, для рассматриваемых рек, велико влияние случайных и катастрофических явлений (ливней, селей) на межгодовую динамику наносов. Сильные ливневые дожди способствуют возникновению

катастрофических явлений типа селей. Сели в несколько раз могут увеличивать среднегодовые расходы наносов, и, следовательно, вынос обломочного материала в Байкал. Так, например, в 1962 г. среднегодовой расход наносов на реке Утулик составил  $14 \text{ кг с}^{-1}$  (при среднемноголетнем всего  $0,82 \text{ кг с}^{-1}$ ) из-за того, что в июле наблюдался сель с расходом  $170 \text{ кг с}^{-1}$ . Однако, в изучаемом районе с 1971 г. и по настоящее время катастрофических селей не наблюдалось. Такая ситуация способствовала уменьшению стока наносов в анализируемых реках. Как показали наши исследования, на фоне повышения температуры (с 1976 г.) годовые атмосферные осадки в водосборах рек Утулик и Хара-Мурин и среднегодовой сток воды обеих рек оставались относительно стабильными без наличия значимых трендов. Однако сток наносов рек сокращался и в его режиме в течении периода потепления (начало с 1976 г.) произошли изменения. Изменения проявились в снижении показателей в среднем и максимальном состоянии режима стока наносов обеих рек. На реке Утулик изменения в стоке наносов начались с 1976 г., на реке Хара-Мурин с 1986 г. (рис. 1.1.21). Сток наносов реки Утулик изменился с  $47 \times 10^3 \text{ т/год}$  (до 1976 г.) до  $9,4 \times 10^3 \text{ т/год}$  (1976–2020 гг.), а реки Хара-Мурин с  $23 \times 10^3 \text{ т/год}$  до  $7,9 \times 10^3 \text{ т/год}$  (1986–2020 гг.).



Рисунок 1.1.21 – Аномалии стока наносов рек (кг/с)

Прогнозирование экспорта наносов из горных рек в озеро Байкал затруднено из-за нелинейности процессов, связанных с образованием и переносом наносов, высокой их изменчивостью во временных масштабах. *Влияние уровня озера на участках р. Хара-Мурин, р. Утулик в метровом диапазоне колебаний не приносит ущерба рассматриваемым участкам. По данным на участках берегов между устьями рек Снежная – Хара-Мурин и Осиновка – Утулик преобладают аккумулятивные волноприбойные процессы.*

Устье р. Голоустной представляет дельту. В начале 1900-х годов в дельте существовало шесть рукавов, в настоящее время осталось лишь три. Наши исследования в

дельте р. Голоустной позволили оценить распределение воды и наносов по рукавам дельты. Так, расходы воды и наносов в левой протоке составляют 2,67 м<sup>3</sup>/с и 0,006 кг/с, в средней – 4,42 и 0,009, в правой – 2,97 и 0,007 соответственно. Река отличается низким стоком наносов, который какого-либо значимого влияния на морфологию устьевой области не оказывает. Участки дельты подтапливаются лишь при очень высоких паводках. *Влияние колебаний уровня озера на берега дельты проявляется лишь в частичном подтоплении или осушки приурезовой полосы и ущерба территории устьевой области реки не приносит.*

**Песчаный остров Ярки** – аккумулятивный береговой бар, отделяющий от Байкала дельтовую лагуну Ангарский Сор, расположен в устьевой области р. Верхняя Ангара в северной оконечности озера (рис. 1.1.22). Под действием антропогенно-техногенных факторов и естественных природных процессов бар разрушается. В этой связи периодически встает вопрос как в научных, так и в около научных кругах – не приведет ли разрушение бара Ярки к геоэкологическим проблемам в северной части Байкала и какой ущерб природе и народному хозяйству может принести разрушение бара. Вследствие этого, мониторинг и анализ современного состояния рельефа берегового бара Ярки является важной задачей, как для фундаментальной науки, так и для хозяйственно-экономических целей.

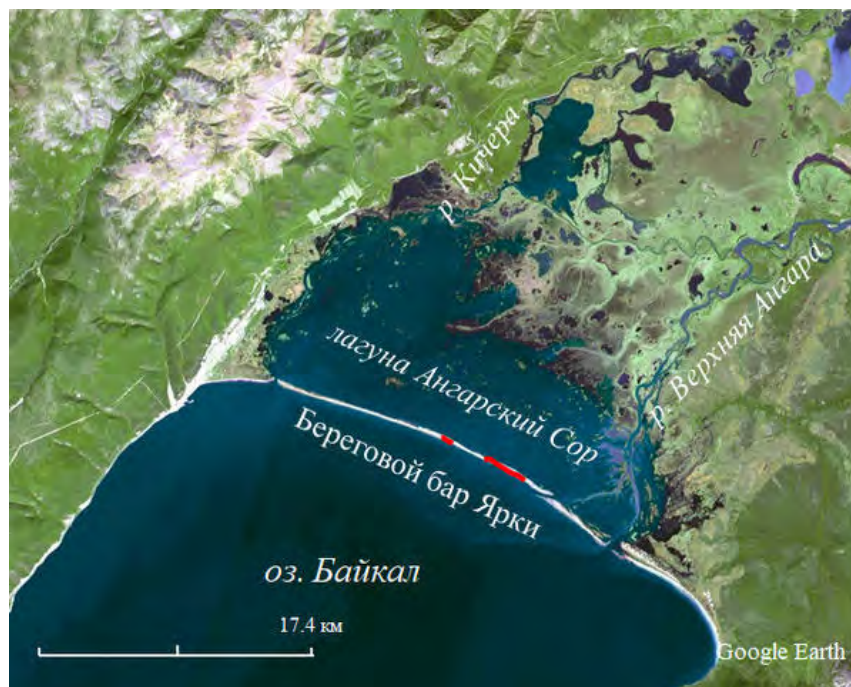


Рисунок 1.1.22 – Схема расположения берегового бара Ярки в Северном Байкале

В августе 2022 г. были проведены полевые работы для исследования современного рельефа берегового бара-острова Ярки с применением беспилотных воздушных аппаратов

(БВА) самолетного типа и квадрокоптера вертолетного типа – Геоскан 101 и DJI Air 2S. Были получены ортофотопланы, охватывающие территорию островов и достаточно широкую прибрежную часть мелководья, фото и видео материалы, предоставляющие пояснительную информацию для идентификации особенностей ландшафта острова. Кроме ортофотопланов, получены плотные облака точек, проведена их классификация, применение которых позволит построить цифровую модель рельефа острова-бара. Полученные с помощью БВА материалы пока находятся в процессе обработки. В дальнейшем при сравнении с измерениями предыдущих исследований они позволят оценить динамику изменения рельефа острова.

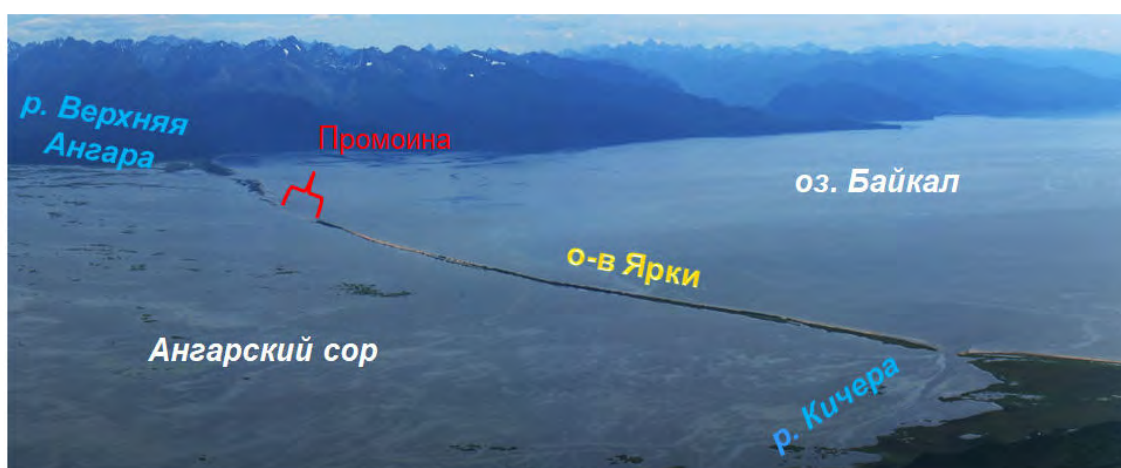


Рисунок 1.1.23 – Современное состояние берегового бара Ярки

Имеющиеся материалы исследований дают некоторое представление о процессе разрушения бара Ярки. Множество факторов природного и антропогенно-техногенного характера, влияющих на динамику гидролого-морфологических процессов устьевой области р. Верхняя Ангара, привели к ряду переформирований. Увеличилась заболоченность дельты. Если сто лет назад вся территория дельты была занята под сенокосы, то в настоящее время это болота. Затопление берегов дельты способствовало расширению акватории лагуны Ангарский Сор. В конце 1940-х гг. площадь лагуны составляла 23 км<sup>2</sup>, к настоящему времени она около 100 км<sup>2</sup>. Береговой бар Ярки сто лет назад был единой косой. Ширина самой узкой средней части острова составляла около 200–250 м, увеличиваясь к выходам рек до 500–700 м. Со стороны озера бар окаймлял широкий (15–20 м) пляж. По обе стороны выхода вод р. Кичера в оз. Байкал находилась деревня Чечевки, которой из-за размыва бара уже не существует. С техногенным повышением уровня воды в оз. Байкал (ввод в эксплуатацию Иркутской ГЭС) начался интенсивный размыв и сокращение площади бара, постепенно образовалась промоина в восточной оконечности бара (рис. 1.1.23). В 1990-е годы ширина средней части острова



составляла уже около 100 м, а к настоящему времени 15–30 м. С 2001 г. постановлением Правительства РФ колебания уровня воды Байкала были ограничены 1-метровым диапазоном, т.е. берега бара Ярки находились в относительно щадящих условиях в отношении размыва волнами, что должно было способствовать некоторому замедлению скорости размыва берегов бара. Однако сток наносов р. Верхней Ангары – главного источника питания бара формирующим материалом – продолжает сокращаться (рис. 1.1.24) [14].

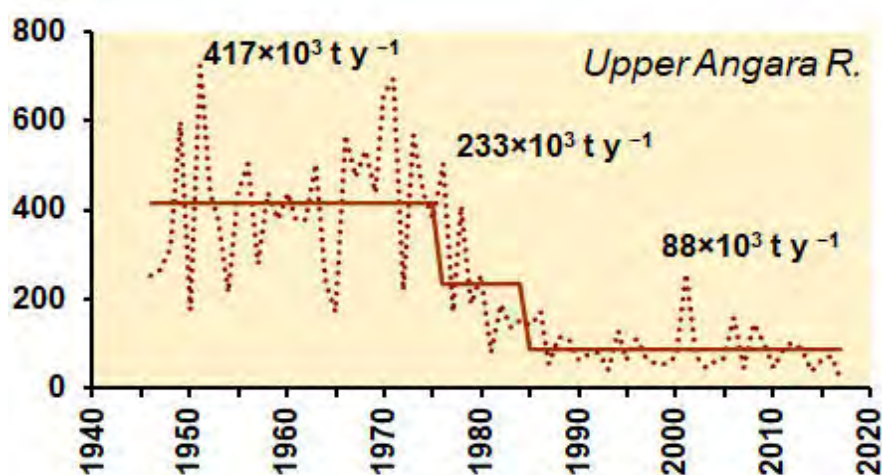


Рисунок 1.1.24 – Изменения стока наносов р. Верхней Ангары

Поэтому, на текущем этапе изученности можно полагать, что эоловые процессы (выдувание) и некоторые антропогенные факторы (вытаптывание растительности, вырубка кустарников, деревьев и др.) способствуют выполаживанию острова, т.е. понижению его высоты и снижению базиса эрозии. Вынесенный с острова на мелководье материал откладывается на отмелях, которые осушаются при низких уровнях озера, и бар увеличивается в плане.

Кроме того, за счет роста отмелей уменьшается глубина мелководья, что ослабляет воздействие волн на берега бара. При высоких стояниях уровня воды в озере низкие участки острова уже подтапливаются, размываются, что также способствует снижению высоты острова и, следовательно, понижению базиса эрозии. Кроме того, при высоких уровнях воды и во время штормов вода из Байкала перехлестывается (перетекает) через низкие участки острова в лагуну Ангарский Сор, что также способствует разрушению острова. Таким образом, процесс разрушения бара Ярки будет продолжаться, но на скорость разрушения может повлиять более широкий размах отметок диапазона колебаний уровня озера и период продолжительности действия этого диапазона, если, конечно, будет предложено соответствующее постановление Правительства РФ.

Была произведена реконструкция динамики изменения о. Ярки по ДДЗ с 1986 по 2022 гг., охватывающая уровень диапазон 455,88–457,23 м ТО. Точность индексов по космоснимкам Sentinel-2, Landsat-4,5,8,9 проводилась по снимкам МАХАR (Digital Globe) с пространственным разрешением 1 м (таблица 1.1.4, рис. 1.1.25). Оценка достоверности результатов классификации проводилась методом, основанным на построении матрицы ошибок классификации Лурье [15], представляющей собой распределение пикселей, верно или неверно определившихся при классификации воды и суши. Суша определена оконтуриванием вручную на основе снимков Махаг, вода определена как разность всей выборки и области суши.

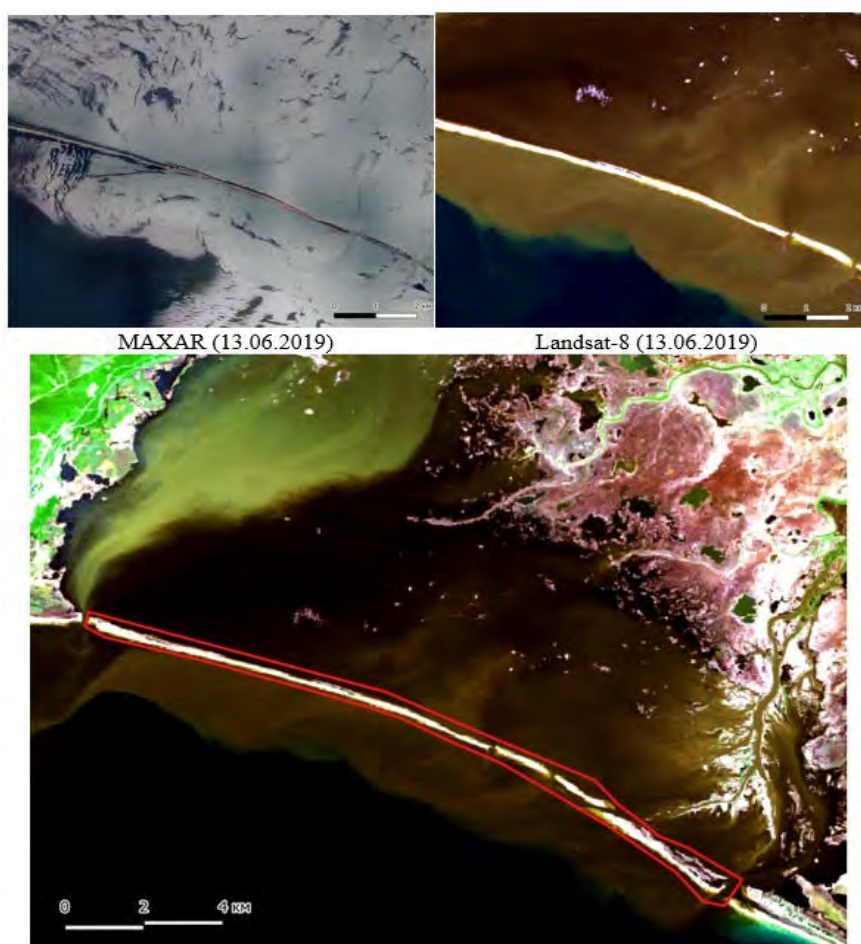


Рисунок 1.1.25 – Пример заверки снимков ДДЗ

Таблица 1.1.4 – Оценка точности индексов для оконтуривания береговой линии

Индекс	С улучшенной резкостью		Без улучшения резкости	
	Общая точность, %	Каппа Коэна	Общая точность, %	Каппа Коэна
1. WRI	94,0599	0,8223	94,5259	0,8386
2. NDWI Green NIR	92,5758	0,7873	92,4631	0,7875
3. MNDWI Green SWIR	93,7409	0,8158	93,8880	0,8214
4. AWEI	70,0435	0,3914		



Пример ретроспективного сравнения контуров приведен на рис. 1.1.26.

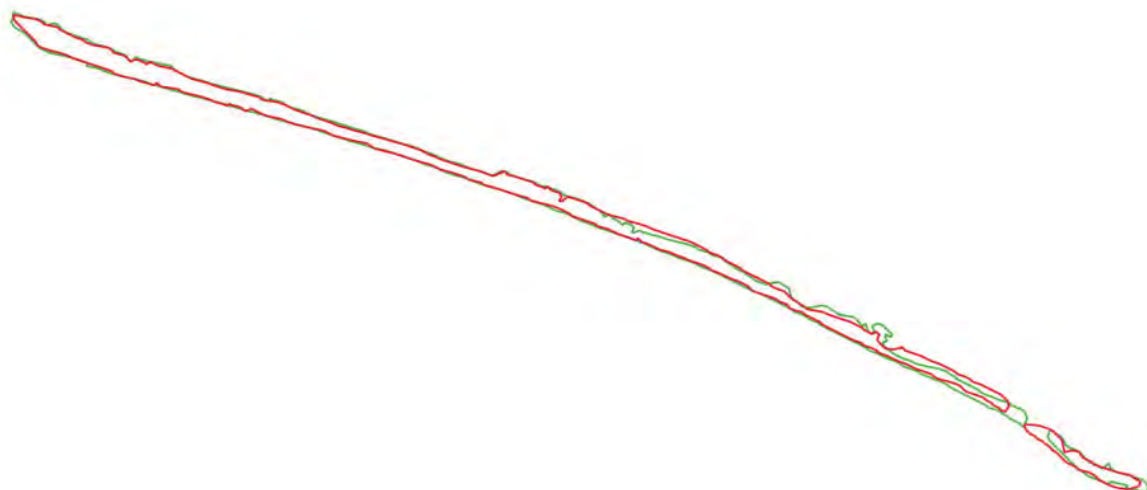
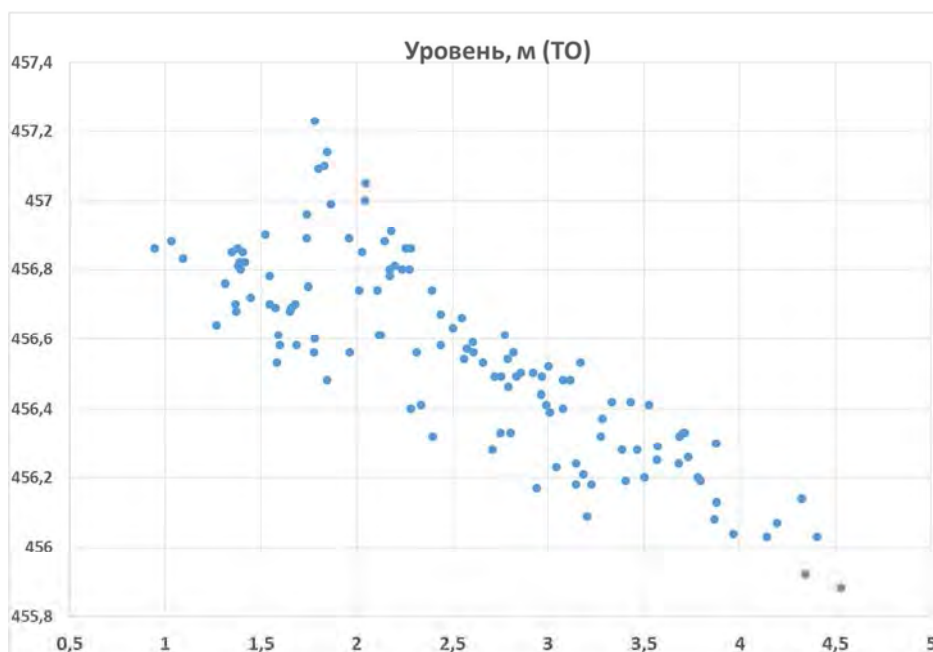


Рисунок 1.1.26 – Изменение береговой линии о. Ярки при уровне 456,20–456,40 м в 1990 (зеленый контур) и 2002 гг. (красный контур)

Прямое сравнение уровневого режима и площади надводной части Ярков показывает большой разброс значений площадей в уровнях 456,2–456,4 м и 456,8 м (рис. 1.1.27) и создается впечатление, что выбранные индексы не вполне релевантны.



По оси  $x$  – площадь бара (км<sup>2</sup>), по оси  $y$  – уровень Байкала (м, ТО)

Рисунок 1.1.27 – Реконструкция площадей о. Ярки на основе ДДЗ

Между тем, кластерный анализ CONISS показывает, что на рассматриваемом промежутке времени 1986–2022 гг. соотношения между площадью бара и уровнем Байкала были различными. Так, выделяются зависимости для периодов 1986–2002 гг., 2003–2012 гг., 2013–2022 гг. (рис. 1.1.28, 1.1.29).

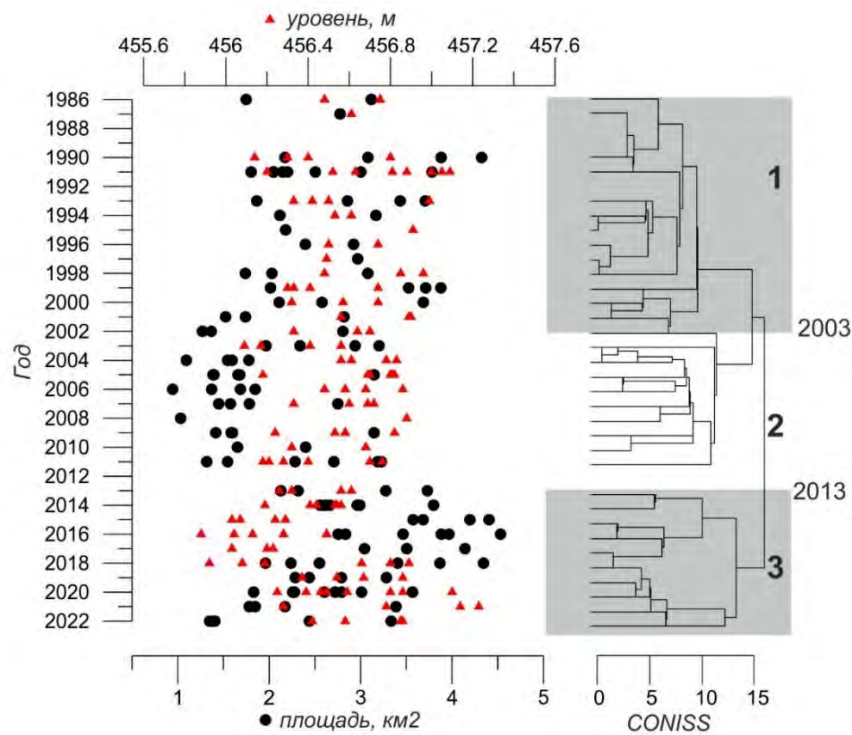


Рисунок 1.1.28 – Выделение трех периодов зависимости площади бара от уровня Байкала, на основе анализа CONISS

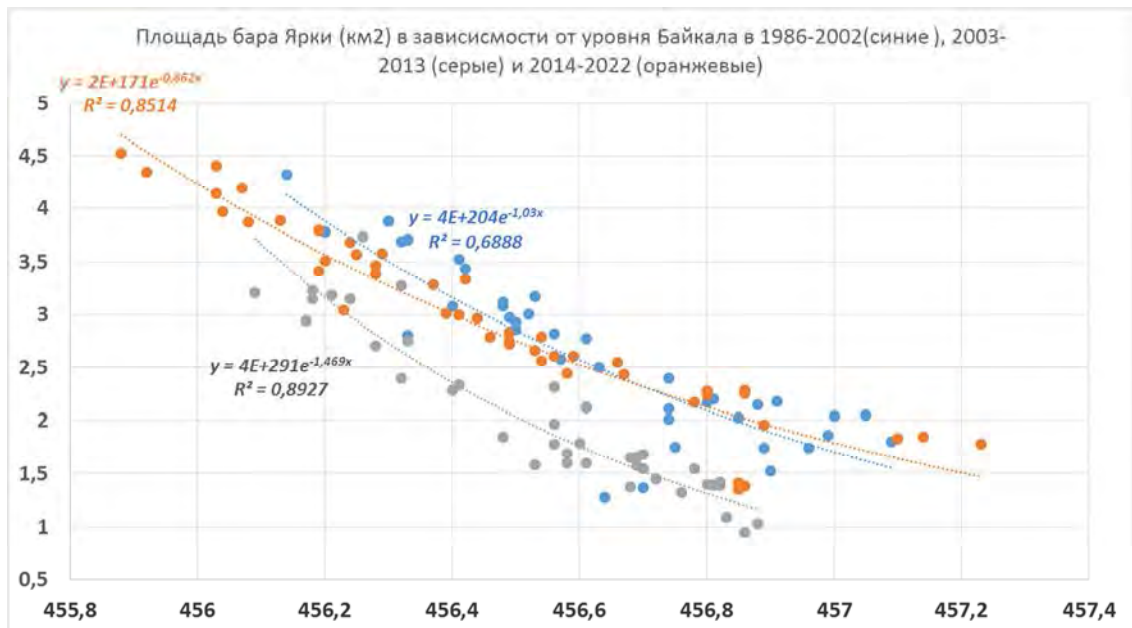


Рисунок 1.1.29 – Экспоненциальные аппроксимации, описывающие соотношение между уровнем Байкала и площадями бара Ярки для трех периодов

Для выявления отдельных участков о. Ярки, подверженных изменениям в площади с течением времени, создана регулярная сетка с шагом 300 м (рис. 1.1.30). С использованием инструмента «Зональная статистика в QGIS» был проведен подсчет пикселей в каждой ячейке созданной сетки. Использовались полученные растровые

границы вода/суша по снимкам Landsat-4, 5, 8, 9 за период 1986–2022 гг. Границы определены с помощью индекса  $MNDWI > 0$ .

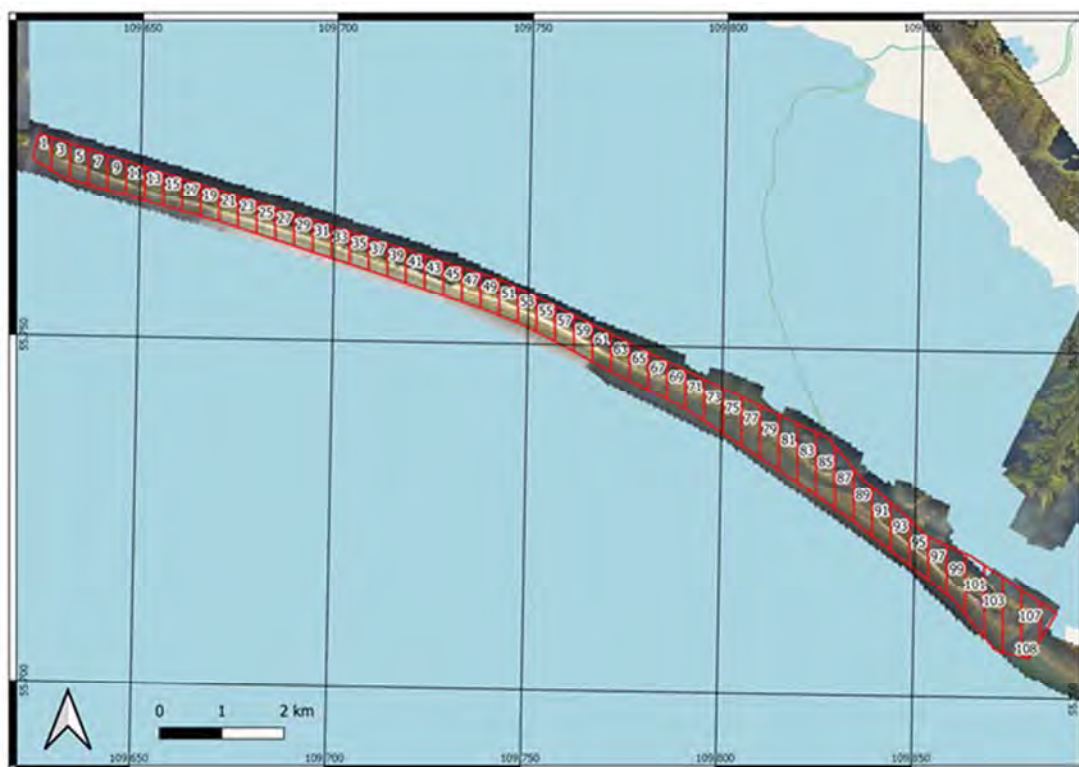
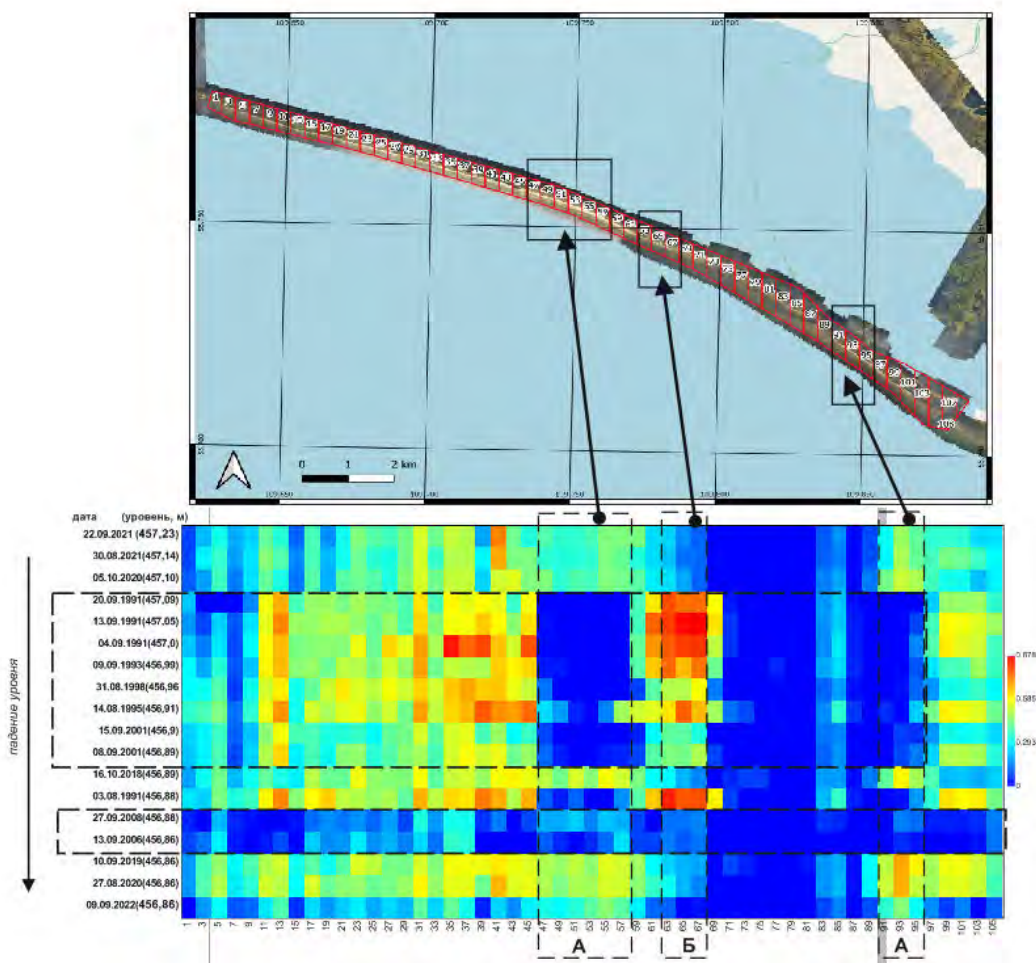


Рисунок 1.1.30 – Вид регулярной сетки, по которой производился подсчет площадей бара по снимкам разного периода

Поскольку площади бара, попадающего в ячейки, в натуральном значении неравномерны, и кратно увеличиваются с запада на восток, было приведено нормирование всех значений площадей для каждой ячейки между 0–1. Нулевое значение присваивалось самому минимальному значению площади бара в ячейке с 1986 по 2022 гг., а единица, соответственно, максимальному значению.

Если рассматривать зависимость площадей бара от уровня, то следовало ожидать, что снижение уровня озера и рост площадей имеют линейную зависимость, и наоборот. Тест данной зависимости при высоких уровнях в диапазонах 457,23–456,86 м показал, что в разные временные интервалы одни и те же участки бара имеют разную площадь. Как пример, участки А (ячейки 47–57 и 61–65) показывают, что площади были «большими» при верхнем и нижнем уровне в диапазоне, а при «среднем» уровне они были «меньшими» (рис. 1.1.31). Соотношения площадей и уровня были с точностью до наоборот на участке Б (ячейки 63–67). Эти несоответствия приходятся именно на временной интервал 1991–2001 гг., 1-ый период на рис. 1.1.28.



*Градация цвета от «красного к синему» соответствует переходу от больших значений площади к меньшей. По оси x - нумерация ячейки соответствующей нумерации на верхней панели.*

*Пунктирные линии и А, Б - маркерные участки*

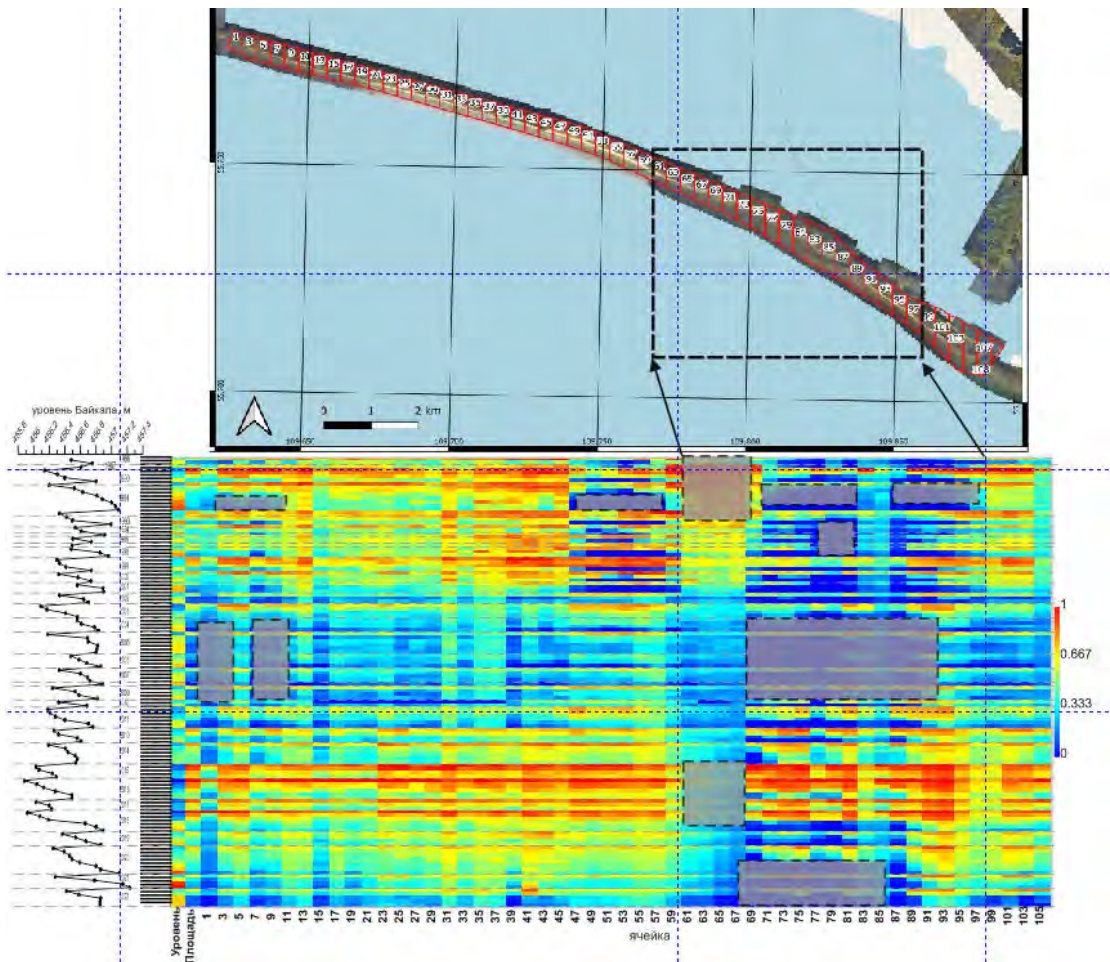
Рисунок 1.1.31 – Изменения площадей участков бара Ярки при уровне 457,23–456,86 м ТО

Рисунок 1.1.32 показывает изменение площадей бара Ярки в хронологическом порядке, и видно, что наибольшая встречаемость несоответствий между уровнем озера и площадями происходит от района устья р. В. Ангары на 6–7 км в сторону п. Нижнеангарск.

Вероятнее всего, это объясняется изменениями в перемещении наносов В. Ангары вдольбереговыми течениями, имеющими такую-же направленность. К схожему выводу и приходят исполнители работ, выполненных НИЦ «Морские берега» в 2004–2006 гг. на участке берега от пос. Нижнеангарск до Дагарской губы. Согласно этой работе, расчеты и морфологические признаки указывают на то, что результирующий поток наносов направлен от устья р. Верхняя Ангара в сторону устья р. Кичера.

На рис. 1.1.33 показан участок существования промоины в 1991 (457,09 м) и ее отсутствие в 2020 (457,10 м), 2021 (457,14 м) гг., хотя уровень озера в эти периоды был примерно одинаковым.





Затемненные области – участки Ярков, показывающие нестабильность площадей при разных уровнях режисмах. Прямоугольник на верхней панели – наиболее нестабильные участки бара Ярки  
 Рисунок 1.1.32 – Изменение площадей Ярков в хронологическом порядке с 1986 (верх) по 2022 гг. (низ) по оси у

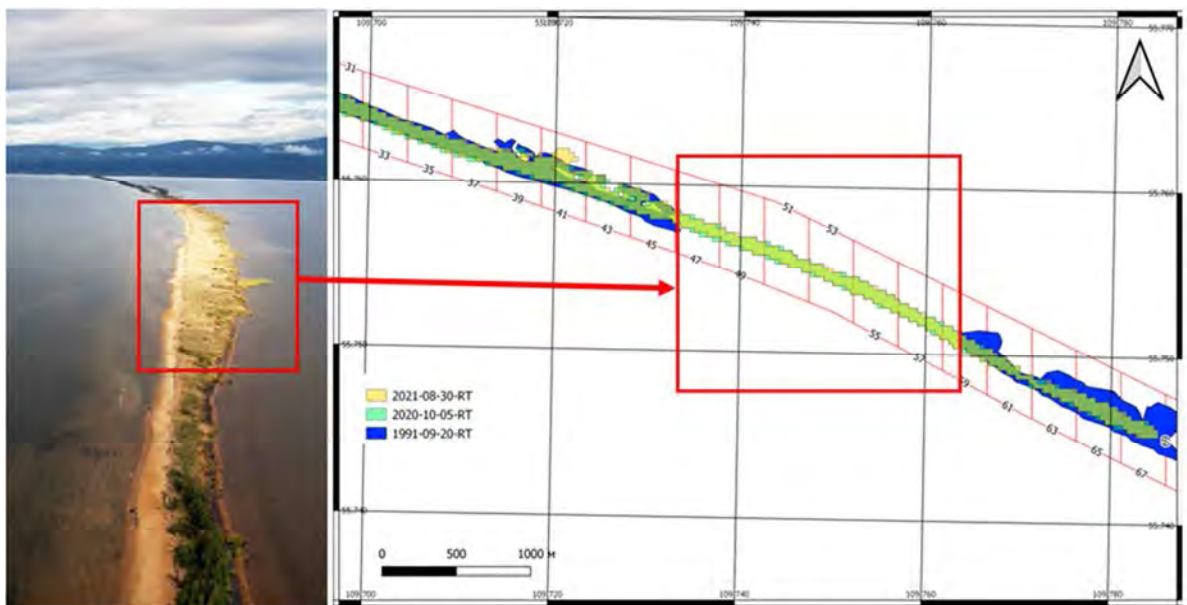


Рисунок 1.1.33 – Левая панель – вид участка бара в августе 2022 г, правая панель-реконструкция этого участка для 1991 (457,09 м), 2020 (457,10 м) и 2021 (457,14 м) гг.

Между тем, влияние уровня на литодинамическое состояние бара также должно сказываться. Так, при низком базисе эрозии, что соответствует низкому уровню озера, выработка эрозионного профиля равновесия будет происходить более интенсивно, чем при высоком уровне (рис. 1.1.34). С другой стороны, при высоком уровне эродированный материал будет оседать, в первую очередь, на подводной части как с мористой стороны, так и Ангарского сора, которая при сезонном падении уровня озера снова «оголится» и увеличит площадь бара. При низком же уровне основная часть будет поступать на мористый склон и переноситься далее в пелагическую часть озера.

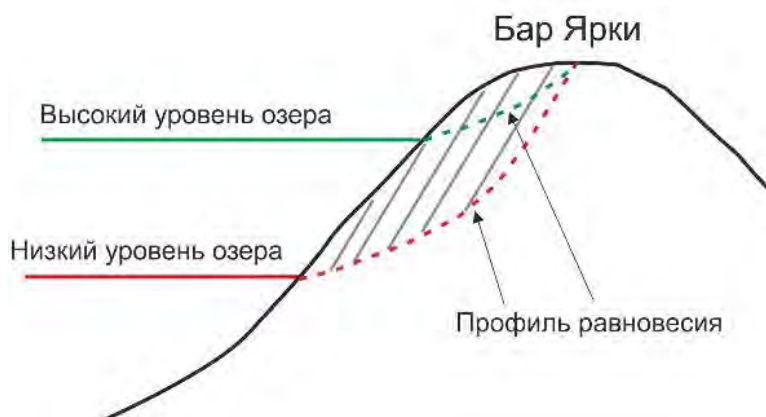


Рисунок 1.1.34 – Схема формирования профиля равновесия при разном уровне озера оз. Байкал

В НИР по теме «Исследования природных процессов на островном баре Ярки (северный Байкал) и разработка научно обоснованных рекомендаций по предотвращению вредного воздействия вод на его берега и восстановлению утраченных территорий», выполненной в 2013 г., указывается: «Если уклон пассивной части достаточно велик или профиль равновесия примыкает непосредственно к свалу глубин, то при понижении уровня воды будет происходить разрушение берега. Кроме того, при понижении уровня воды размыв берегов, причем даже отмелей, возможен и по другой причине. Дело в том, что в результате снижения темпов размыва отдельных участков берега, а в ряде случаев и отмирания абразионных форм рельефа, в абразионно-аккумулятивных парах береговой зоны резко ослабляется питание рыхлым материалом аккумулятивных форм рельефа (пляжей, кос, пересыпей и других), которые начинают испытывать дефицит наносов, и поэтому размываются».

Таким образом можно предположить, что в динамике развития бара большое влияние оказывает интенсивность наносов рек В. Ангары и Кичеры, но низкие уровни Байкала являются более негативными для его стабильности.

**Сравнения полученных данных с результатами НИР по теме «Исследования природных процессов на островном баре Ярки (северный Байкал) и разработка научно обоснованных рекомендаций по предотвращению вредного воздействия вод на его берега и восстановлению утраченных территорий», Барнаул, 2013-2014 гг.**

В 2013–2014 гг. Институтом водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул) были проведены исследования динамики береговой линии о. Ярки и смоделированы изменения через 5, 10 и 20 лет. К отчету прилагались данные о контурах берегов в 2013 г. о. Ярки при уровне 456,62 м ТО, полученные в августе 2013 г., а также прогнозы изменения через 5, 10 и 20 лет в отдельных частях острова. Предложено было провести берегоукрепление в трех вариантах, прогноз изменения береговой линии был сделан с учетом наиболее вероятного строительства дамбы в восточной части о. Ярки в наиболее нестабильном месте.

Нами была проведено сравнение данных о контурах берегов в 2013 г., полученных в рамках НИР 2013 г., и контуров, полученных на основе космоснимка Landsat-8 от 13.08.2013 с границами по индексу  $MNDWI > 0$  при уровне 456,61 м ТО. В целом, сравнение показало, что данные соответствуют, общая точность совпадения контуров составила 91,857 %, хотя индекс каппа Коэна 0,710 (скорее всего, связано с разными подходами к отнесению заболоченных участков к территории острова) для некоторых участков эти расхождения весьма существенны. Совмещение контуров острова по данным ИВЭП СО РАН и контуров по космоснимку Landsat-8 представлено на рис. 1.1.35.

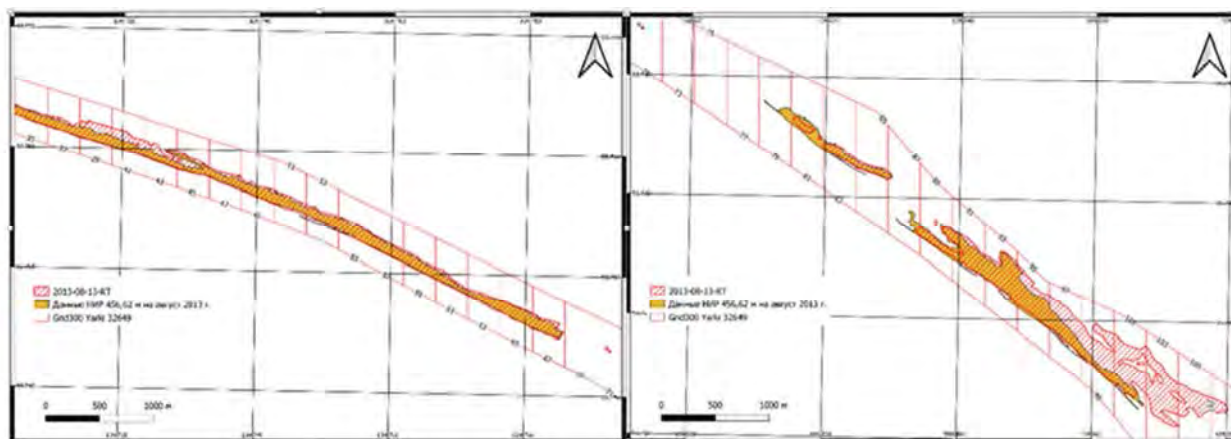


Рисунок 1.1.35 – Совмещение береговой линии, полученной в рамках НИР 2013 г. (красная штрихованная область) при уровне 456,62 м ТО, с границами  $MNDWI > 0$  Landsat-8 13.08.2013 (желтая заливка) при уровне 456,61 м ТО

Также в данной НИР было дано прогнозное положение береговой линии через 5, 10 и 20 лет при сохранении существующего уровня озера Байкал 456,6 м ТО.



Прогнозные границы были даны в ГИС формате (файл CForecast\_WGS), что позволило сравнить 5 и 10 летние прогнозы с реальной обстановкой в 2018 и 2022 гг.

Для сравнения прогноза через 5 лет использовался снимок Landsat-8 29.08.2018 при отметке уровня оз. Байкал 456,66 м ТО (рис. 1.1.36).

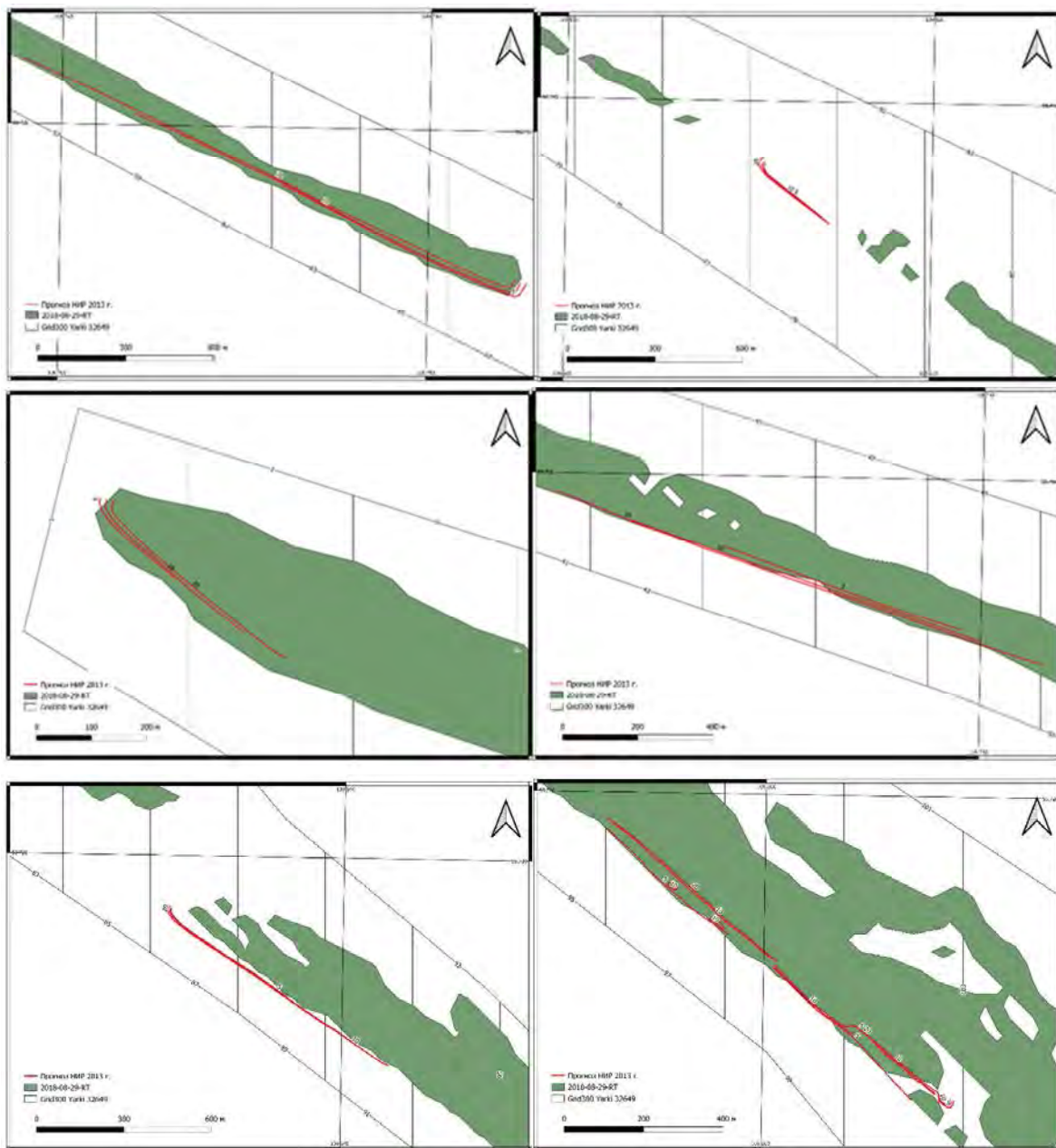


Рисунок 1.1.36 – Сравнение прогноза через 5 лет (красные линии, маркированные цифрой 5) с данными по индексу MNDWI>0, снимок Landsat-8 29.08.2018 при отметке уровня оз. Байкал 456,66 м ТО (зеленая заливка)

Очевидно, что прогноз не совпал. По нашим данным, расхождения особенно существенны для восточной части острова. Пространственное разрешение космоснимка 30 м на пиксел, поэтому невозможно учесть узкие части острова, менее 15 м. Сравнение контуров по космоснимкам показало продвижение западной оконечности о. Миллионный



на 173 м, по прогнозу изменение должно было составить +4,88 м. Наиболее сложным участком является место постоянной промоины, по прогнозу здесь предусматривалось строительство дамбы. Но даже при отсутствии дамбы эта часть острова фрагментарно сохранилась.

Для сравнения прогноза через 10 лет использовался снимок Landsat-8 08.07.2022 при отметке уровня озера 456,58 м ТО. Здесь расхождения с прогнозом стали еще больше (рис. 1.1.37).

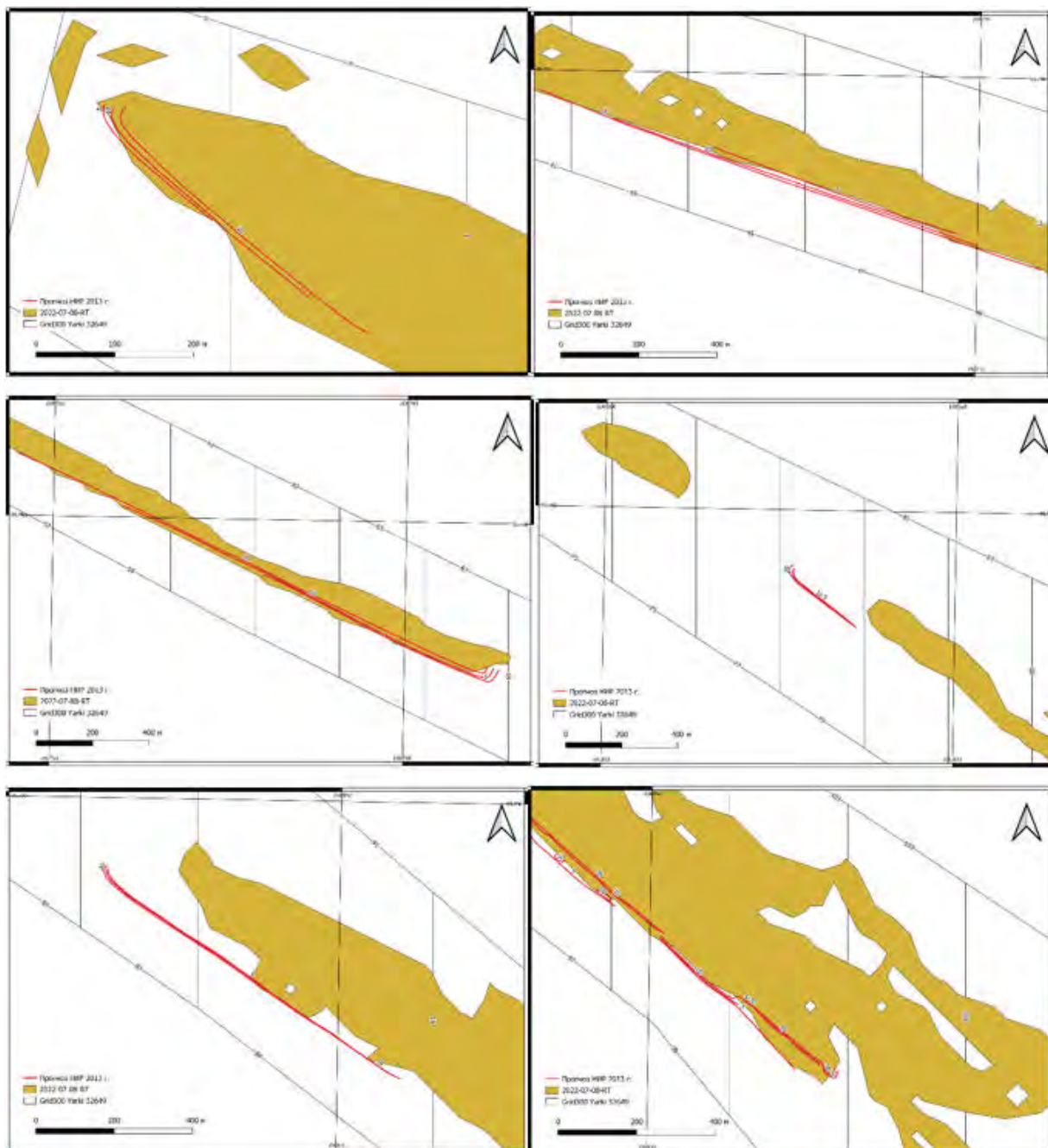


Рисунок 1.1.37 – Сравнение прогноза через 10 лет (красные линии, маркированные цифрой 10) с данными по индексу MNDWI>0, снимок Landsat-8 08.07.2022 при отметке уровня оз. Байкал 456,58 м ТО (желтая заливка)

Наиболее стабильной является западная оконечность о. Ярки, что так же отмечали в ИВЭП СО РАН. По нашим данным, береговая линия этой части острова в 2022 г. при отметке 456,58 м соответствует контуру берега в 2013 г. при отметке 456,61 м. На месте существования промоины часть острова восстановилась, хотя не до контуров предполагаемой дамбы. Остров Миллионный расширился на запад и восток порядка по 100 м в каждую сторону.

Согласно данным отчета НИР ИВЭП СО РАН «После 2006 г., начиная от устья р. Кичера, в пределах низкой западной части острова ближе к байкальскому берегу высажена полоса древесной растительности. Её составляют, в основном, березы, очень редко встречаются деревья хвойных пород. В августе 2013 г. высота высаженных деревьев достигала 3-4-х метров. Высаженные деревья способствовали удержанию и накоплению песка при ветровом воздействии. В пределах высаженной лесополосы не видно следов перелива воды во время штормов через низкую западную часть острова. Сравнение положений линий берега в 2006 и 2013 годах свидетельствует о несущественном их изменении.» Стабильность западных границ о. Ярки в 2006 и 2013 гг. также подтверждается нашими данными на основе космоснимков. Лесополоса в 2022 г. сохранилась, но высокий уровень вод приводит к подмыву корней деревьев, вдоль берега наблюдаются упавшие стволы.

Наиболее высокая часть находится практически в центре, с запада по данным дистанционного зондирования была промоина (просуществовала с 1986 по 2006 гг.), с востока промоина практически постоянно возникает за период наблюдений с 1986 по 2022 гг. Высокая часть острова считается самой древней, высота ее достигала по некоторым данным 10 м, по нашим данным на основе съемки с дронов – 7-8 м. Территория этой части острова заросла кедровым стлаником и березой, но последнее время происходит деградация, кедровый стланик не возобновляется в достаточной мере. Скорее всего, развитая корневая система именно этих кустарников и деревьев послужила основой для накопления песка при эоловых переносах, а также позволила задерживать песок при волновом воздействии. В местах, где отсутствует растительность, происходит активное размывание территории.

В отчете НИР ИВЭП СО РАН приводятся данные о подмыве этой высокой части о. Ярки. Для сохранения основы острова необходимо регулярно обновлять посадки саженцев березы и кедрового стланика. Береза относится к быстро растущим деревьям, под защитой берез смогут развиваться саженцы кедрового стланика, развивающиеся гораздо медленнее, но являющиеся более надежной опорой для задержания песка, благодаря более развитой корневой системе.

*Таким образом, наблюдается несоответствие прогнозов, представленных в отчете НИР ИВЭП СО РАН по динамике береговой линии о. Ярки на 5 и 10 лет. Вероятное расхождение прогноза с фактом – невозможность учесть все факторы, влияющие на изменение контуров берегов. Об этих сложностях упоминалось в работах других авторов, например, у Рогозина А.А. говорилось о необходимости учета не только волновых воздействий, но и влияний уровней, оловый, криогенный факторы.*

#### **1.1.4 Оценка динамики экзогенных процессов в береговой зоне Южной и Средней котловин оз. Байкал с детализацией для ключевых участков с различной степенью их проявления (в границах Республики Бурятия)**

**Абразионные процессы на восточном побережье оз. Байкал.** Воздействие водоёма на его береговые участки неизбежно приводит к проявлению тех или иных экзогенных процессов. Влияние колебаний уровня озера Байкал на береговые зоны с проявлением экзогенных процессов прослеживается в двух основных направлениях:

1. разрушительном и деградационном с уничтожением отдельных их участков в результате проявления процессов абразии, заболачиванием и др.;

2. созидательном – в результате аккумуляции приносимых волнами и другими потоками наносов обломочных горных пород и последующим формированием новообразованных элементов рельефа образуются ландшафты песчаных кос, пляжей и др.

При этом доля разрушительного и деградационного воздействия в общей картине воздействия колебаний уровня озера Байкал на береговые зоны выше созидательного.

Во многом определяющим критерием оценки влияния колебания уровня озера Байкал на определённые конкретные участки побережья является выяснение их текущего экзодинамического состояния с учётом состояния всех их компонентов при существующем значении уровня водной поверхности на момент обследования. Под экзодинамическим состоянием нами понимается состояние ландшафтов по отношению к воздействующим на них экзогенным процессам, подразумевающее характер и степень подверженности этим процессам, способность противостояния (устойчивости) к их негативному деструктивному проявлению.

Экзодинамическое состояние ландшафтов береговой зоны может характеризоваться:

1. Относительной стабильностью с естественным ходом их преобразования процессами денудации, аккумуляции и др.;

2. Ускоренной их деструкцией или трансформацией, вызванных изменением характера и интенсивности экзогенных процессов из-за усиливающегося эффекта обуславливающих их проявление природных и антропогенных факторов.

К числу последних в рамках рассматриваемой тематики относится искусственное повышение уровня оз. Байкал, приводящее к усилению абразионного деструктивного воздействия на прилегающие к его акватории участки суши. В свою очередь, значимое искусственное понижение уровня оз. Байкал приводит к усилению проявления в его акватории и берегах аккумулятивных процессов, понижению базиса эрозии для впадающих в него водотоков и как следствие усилению развития в их руслах донной эрозии. В условиях естественного, обусловленного только природными факторами, уровня оз. Байкал экзогенные процессы, воздействующие на его акваторию и окружающие её участки суши также будут протекать в основном в рамках естественных природных циклов.

Одним из важнейших определяющих природных факторов устойчивости ландшафтов к экзогенным процессам, вызываемым изменениями уровня озера Байкал, является тип, литологический состав и строение подстилающих горных пород побережья, во многом обеспечивающих их противоразмывающие свойства. Важными природными факторами устойчивости ландшафтов берегов также являются характер их защищённости от ветров, уклон, степень покрытия почвенно-растительным покровом. Среди антропогенных факторов устойчивости ландшафтов берегов к колебаниям уровня озера Байкал при обследованиях следует учитывать степень их защиты берегоукрепительными, волноломными и другими техногенными сооружениями, антропогенного и зоогенного вытаптывания и нарушения почвенно-растительного покрова.

Согласно Атласу «Байкал» длина береговой линии озера составляет более 2000 км [16]. Проведённые нами анализ и расчёты протяженности береговой линии Байкала в пределах территорий административных субъектов Российской Федерации показывают, что на территорию Иркутской области приходится около 900 км береговой линии, из которых около 220 км находится на острове Ольхон. Протяжённость береговой линии оз. Байкал на территории Республики Бурятия составляет около 1170 км.

Для восточного побережья оз. Байкал, расположенного в пределах территории Республики Бурятия, характерно наличие в строении береговой зоны разнообразных по генезису и возрасту горных пород. Для значительной части территории характерны выходы на поверхность коренных кристаллических, магматических и метаморфических горных пород. С ними связаны коры выветривания, содержащие грубообломочный щебнисто-глыбово-песчаный материал. В районах, где в рельефе берегов выражены

выровненные слабонаклонные поверхности (прибрежные равнины, крупные конуса выносов, устьевые части речных долин), а также фрагментарно сохранившиеся байкальские террасы, распространены рыхлые, в основном четвертичные отложения различного генезиса. Это пески, супеси, валунно-галечниковый материал.

Устойчивость берегов перед абразионными процессами и морфологический облик береговой зоны напрямую зависит от их защищенности берегоукрепительными сооружениями, протяжённость которых, как показали проведённые нами натурные обследования, явно недостаточна для защиты берегов от разрушительного абразионного воздействия. На незащищённых берегах основную важнейшую роль в противостоянии с денудационными экзогенными процессами принадлежит, как указано выше, типу, литологическому составу и строению подстилающих горных пород. Разнообразие которых в береговой зоне оз. Байкал в пределах Республики Бурятия больше, чем в пределах Иркутской области. Этот фактор в совокупности с указанной выше большей протяжённостью береговой линии свидетельствует об очень высокой актуальности исследований экзогенных процессов, происходящих при воздействии вод Байкала на его берега, именно на территории Республики Бурятия.

При выполнении обследований побережья Байкала в пределах Республики Бурятия нами использован ряд методов, направленных на выполнение корректной оценки динамики экзогенных процессов, как натуральных: геоморфологических, физико-географических, ландшафтно-географических, топографо-геодезических методов, наземной фото- и видеосъёмки; так и дистанционных: аэрофотосъёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), анализа разновременных аэрокосмических материалов, результатов натуральных обследований, последующего получения количественных показателей динамики исследуемых береговых зон, сравнительного картографирования динамики экзогенных процессов. При оценке характера и особенностей проявления динамики экзогенных процессов использовалась концепция ведущего и сопутствующих процессов, принятая большинством сотрудников лаборатории геоморфологии Института географии СО РАН, апробированная и использованная автором данного отчёта для некоторых территорий Республики Бурятия и Забайкальского края [17–18].

**Оценка динамики экзогенных процессов в береговой зоне Южной котловины озера Байкал.** Протяжённость береговой линии побережья Южной котловины озера Байкал в пределах Республики Бурятия составляет около 250 км. Этот участок побережья Байкала, расположенный между устьевой частью р. Снежная и срединной периферийной

частью дельты р. Селенга, находится в пределах Кабанского административного района республики, имеет важнейшее транспортное, рекреационное и природоохранное значение.

По рассматриваемому участку побережья проходят транспортные магистрали федерального значения: автомобильная Р258 «Байкал» и Транссибирская железнодорожная магистраль. Данное обстоятельство, в особенности последнее, во временном периоде рациональной оптимизации эксплуатации магистралей сказалось на защищённости береговой зоны Южной котловины Байкала от деструктивного абразионного воздействия волн озера. На участках, угрожающих уничтожением абразионной деятельностью Байкала насыпей и полотна железнодорожной магистрали, как показали проведённые нами обследования, находятся берегоукрепительные сооружения, значительно снижающие негативное воздействие абразии на береговую зону.

На всём протяжении береговой зоны Южной котловины озера Байкал в пределах Республики Бурятия по типам берегов, выявленных по преобладающим экзогенным процессам, выделены 2 основных части:

1. Южная до района севернее п. Боярск – с абразионными и местами техногенными берегами;
2. Северная от района севернее п. Боярск – с преобладанием аккумулятивных берегов [19].

В целом, если рассматривать эту территорию в мелких и средних масштабах, мы согласны с этим утверждением. Но проведённые детальные крупномасштабные обследования свидетельствуют о неоднородности генезиса конкретных отдельных участков рассматриваемого участка побережья и ведущих и сопутствующих экзогенных процессов, формирующих их рельеф и ландшафты.

Самая южная часть побережья Байкала в Республике Бурятия расположена между устьями рек Снежная и Выдриная, окаймляя губу Мамай. На этом участке доминирует берег с преобладанием процессов аккумуляции, являющихся ведущими при формировании его морфологического облика. Аккумулятивный берег, сложенный преимущественно валунно-галечными отложениями, протягивается на 16 км от пляжа с. Выдрино до устья р. Выдриная. На пляже с. Выдрино выделяется галечный береговой вал, возвышающийся над урезом водной поверхности оз. Байкал при его межленном уровне на 1,8–2,3 м. Во время нашего обследования уровень водной поверхности Байкала по данным гидрологического поста порта Байкал составлял 456,4 м. Этот береговой вал достаточно надёжно защищает этот участок побережья от разрушительного воздействия абразионных процессов. На рассматриваемом побережье он имеет ширину в разных его участках от 10 до 20 м.

Расположение вала, его морфометрические параметры делают его барьером между водной поверхностью Байкала и низкой во многих местах заболоченной озёрной пойменной равниной. Вал в определённой степени подпирает русла, рукава, старицы впадающих на побережье губы Мамай рек Снежная, Толбазиха, Осиновка, Большой Мамай, Малый Мамай, Выдриная.

При повышении уровня озера Байкал выше 457 м ТО на данном участке побережья высока вероятность поднятия грунтовых вод, что в совокупности с подпором речных русел приведёт к значительному затоплению прилегающих к береговому валу земель озёрной пойменной аккумулятивной равнины. На самой поверхности берегового вала в силу его морфометрических и литологических характеристик, во многом обуславливающих ведущую роль в его экзоморфогенезе процессов аккумуляции, скорее всего более будут проявляться именно аккумулятивные процессы, выражаясь в отложении продуктов переноса байкальскими волнами. Об этом в частности свидетельствуют наблюдаемые в некоторых местах на его поверхности остатки древесных растений, принесённые сюда волнами в периоды повышенного уровня водной поверхности Байкала.

Следующий на северо-восток от рассмотренного участок побережья Южной котловины озера Байкал от устья р. Выдриная до п. Танхой характеризуется преобладанием абразионного типа берега. К северо-востоку от конуса выноса устьевой части р. Выдриная на 3,3 км до конуса выноса устьевой части р. Осиновка протягивается берег с выраженным абразионным уступом первой байкальской террасы и местами насыпи Транссибирской железнодорожной магистрали, почти полным отсутствием пляжной береговой полосы. Берег на этом участке укреплен защитной бетонной стенкой.

К северо-востоку от конуса выноса устьевой части р. Осиновка до конуса выноса устьевой части р. Аносовка, образующей при впадении в Байкал небольшую дельту, на побережье озера вдоль посёлка железнодорожной станции Кедровая-Сибирская распространён, по нашему мнению, согласно классификации [19], абразионно-аккумулятивный подтип абразионного берега. Здесь вдоль водного зеркала Байкала располагается галечный береговой вал с превышением над текущим в момент наблюдений уровнем озера (456,4 м по данным п. Байкал) на 1,3–1,8 м юго-западнее ст. Кедровая-Сибирская и 1,8–2,4 м в центральной части рассматриваемого участка побережья. На наклонной (13–17°) поверхности вала прослеживается 4 разновысотных уровня аккумуляции. Над береговым валом в центральной части побережья у ст. Кедровая-Сибирская располагается абразионный уступ, высотой 0,7–1,2 м, первой байкальской террасы.

В некоторых местах поверхность террасы вблизи уступа нарушена трещинами, от которых происходит оползание кусков грунта с находящимся на нём почвенно-растительным покровом, в том числе с древесными растениями: берёзами, ивами. Разрушения поверхности кромки террасы обусловлены поднятием уровня Байкала в последней декаде сентября 2021 г. выше отметки 457,1 м. Об этом свидетельствуют также опросы жителей посёлка. Что в совокупности с происходившей на этом уровне водной поверхности Байкала волновой деятельностью привело к подтоплению уступа террасы, спровоцировав в отдельных местах его обрушение. При повышении уровня озера Байкал на рассматриваемом участке побережья безусловно, будет происходить уничтожение лесных и луговых угодий, находящихся на поверхности первой байкальской террасы.

На находящемся ещё северо-восточнее участке побережья оз. Байкал от конуса выноса устьевой части р. Аносовка до конуса устьевой части р. Осиновка, ограничивающей с запада земельные участки жителей посёлка Танхой преобладает абразионно-аккумулятивный подтип абразионного берега с валунно-галечными и галечными пляжами.

На побережье Байкала в посёлке Танхой северо-восточнее участка с берегоукрепительной бетонной стенкой и станции водозабора до конуса выноса устьевой части р. Безголовка на протяжении 1,1 км располагается абразионный берег с обрушившимися кусками грунта с находящимся на нём почвенно-растительным покровом с древесными растениями, преимущественно берёзами (рис. 1.1.38). Разрушается здесь вторая байкальская терраса, высотой 3–5 м, с валунно-галечными охристыми отложениями в верхней, белёсыми галечно-валунными в средней, чёрными угленосными в нижней части разреза её абразионного уступа. Повышение уровня озера Байкал выше 457 м ТО на данном участке побережья Байкала в п. Танхой, безусловно, приведёт к дальнейшему разрушительному уничтожению луговых угодий и древесных растений, располагающихся на поверхности второй байкальской террасы.

Северо-восточнее конуса выноса устьевой части р. Безголовка до мыса, вблизи которого располагается здание визит-центра Байкальского заповедника, на протяжении 260 м располагается берег с абразионным уступом первой байкальской террасы. Вдоль этого уступа во многих местах встречаются куски обвалившегося или оползающего грунта с находящимся на нём почвенно-растительным покровом. По сведениям сотрудников визит-центра, из-за повышения уровня Байкала в сентябре 2021 г. берег здесь подвергся абразионному разрушению, и кромка уступа первой террасы отступила на 4,9 м. Протяженность разрушающегося берега возле визит-центра достигает 43 м. Длина неразрушенного участка берега перед зданием составляет всего 6,3 м.





Рисунок 1.1.38 – Разрушающийся после абразионного воздействия берег возле визит-центра Байкальского заповедника в п. Танхой (фото А.Л. Волошиной)

Сильные разрушения второй байкальской террасы, высотой 4-5 м, после спровоцировавшего их абразионного воздействия волн сентября 2021 г. происходят на побережье расположенного ещё северо-восточнее п. Клюевка. Здесь происходит оползание грунта с почвенно-растительным покровом, древесными растениями, преимущественно молодыми берёзами, на склонах террасы на протяжении 600 м.

Повышение уровня озера Байкал на данном участке побережья Байкала в п. Клюевка, безусловно, приведёт к разрушительному абразионному воздействию на вторую байкальскую террасу, спровоцировав дальнейшую активизацию оползневых процессов с уничтожением земельных угодий и древесных растений, располагающихся на её поверхности. В настоящее время минимальное расстояние от уступа поверхности обрушающейся террасы до полотна Транссибирской железнодорожной магистрали составляет 33 м. При повышении уровня озера Байкал это расстояние значительно уменьшится.

Спровоцированной абразионным воздействием байкальских вод высокого уровня сентября 2021 г. интенсивной активизацией склоновых гравитационных оползневых, обвальных, осыпных процессов также подвержены склоновые уступы первой и второй байкальской террас северо-восточнее устьевой части р. Мантуриха, побережья озера в п. Боярский.

**Оценка динамики экзогенных процессов в береговой зоне Средней котловины озера Байкал.** Протяженность береговой линии побережья Средней котловины озера Байкал в пределах Республики Бурятия составляет около 360 км. Этот участок побережья Байкала, расположенный между срединной периферийной частью дельты р. Селенга и срединной частью внешнего обращенного к открытой акватории Байкала полуострова Святой Нос, находится в пределах территорий Кабанского, Прибайкальского, Баргузинского административных районов республики, прежде всего, имеет важнейшее природоохранное и рекреационное значение.

На протяжении береговой зоны Средней котловины озера Байкал в пределах Республики Бурятия по типам берегов, выявленных по преобладающим экзогенным процессам, выделены 3 типа берегов: абразионные, структурно-абразионные и аккумулятивные [19]. В указанном порядке эти типы берегов распределяются по протяженности побережья Средней котловины озера Байкал в пределах Республики Бурятия: самые протяженные абразионные берега, за ними следуют структурно-абразионные и аккумулятивные.

Южная часть побережья Средней котловины в пределах Бурятии характеризуется наличием аккумулятивного берега. Безусловно, большая часть района Селенгинского мелководья с дельтой р. Селенга, окаймляющими её косами и барами, относится к этому типу берегов, которые в периоды повышенного уровня озера Байкал неизбежно подвергаются деструктивному абразионному воздействию. Вместе с тем, как показали наши детальные экспедиционные обследования, не весь обозначенный в [19] как аккумулятивный, рассматриваемый участок берега Байкала может быть отнесён к таковому.

В южной части залива Провал озера Байкал в селе Оймур берег во многих местах является абразионным. Разрушению здесь подвергается уступ первой озёрной террасы, высотой 2–4 м, названной рядом исследователей оймурской. От самой правой протоки дельты р. Селенга берег залива Провал к северо-востоку вблизи рыбного завода на протяжении 2,6 км укреплен глыбово-щебнистой защитной наброской. В результате подъёма уровня озера Байкал выше отметки в 457,1 м в сентябре 2021 г. и волнового воздействия вод на этом уровне это берегозащитное сооружение местами подверглось разрушению. Всего на участке возле рыбного завода с сентября 2021 г. по настоящее время от абразионного воздействия пострадало 120 м берега.

Разрушается берег залива Провал от спровоцировавшего абразионного воздействия байкальских волн в сентябре 2021 г. активизацию склоновых гравитационных процессов, таких как обвалы, оползни, осыпи, также на участке побережья юго-западнее р. Оймур,

протяжённостью 220 м. Обрушению здесь подвергается клиф оймурской террасы, высотой 2,4–2,7 м. До высокого уровня оз. Байкал сентября 2021 г. склон уступа рассматриваемой террасы представлял собой наклонное (60–70°) тело из оползающих рыхлых суглинистых, супесчаных и песчаных пород местами лессовидного типа, покрытых почвенно-растительным покровом с приповерхностным гумусовым горизонтом, мощностью 15–20 см, луговой травянистой растительностью. В настоящее время после абразионного воздействия сентября 2021 г. верхняя часть склона уступа террасы на этом участке стала отвесной, нижняя часть на всём его протяжении покрыта обвалившимися, оползшими, осыпавшимися кусками грунта с почвенно-растительным покровом. Происходит в настоящее время также разрушение побережья залива Провал в с. Оймур на участке юго-западнее устьевой части р. Сергеевка. По опросам местных жителей, за последние 60 лет здесь волнами был разрушен и смыт коренной берег Байкала на протяжении 500 м.

Повышение уровня озера Байкал на данном участке побережья в с. Оймур, безусловно, приведёт к разрушительному абразионному воздействию на первую оймурскую байкальскую террасу, спровоцировав дальнейшую активизацию обвальных, оползневых, осыпных процессов с уничтожением земельных угодий, располагающихся на её поверхности. Повышенный уровень Байкала также приведёт к широкомасштабному подтоплению территории с. Оймур, в особенности её части расположенной на правом берегу р. Сергеевка. Грунтовые воды здесь находятся на глубине менее 2 м. Грунты представляют собой суглинки и будут подвергаться морозным деформациям при подъеме уровня воды в озере.

Одно из самых масштабных обрушений берега, спровоцированное абразионными процессами, сопровождаемое гибелью высокобонитетного соснового и берёзово-лиственничного леса, происходит на побережье открытого Байкала северо-восточнее посёлка Старый Энхалук в рекреационной местности «Побережье Байкала». Осенью 2021 г. при высоком уровне Байкала штормовыми волнами абразионные процессы уничтожили полосу берега шириной 5–7 м. Абразионный подмыв берега обусловил здесь активизацию разрушительных склоновых гравитационных процессов уступа первой байкальской террасы. До асфальтированной автомобильной дороги регионального значения Улан-Удэ-Сухая в отдельных местах от разрушающегося берега Байкала здесь осталось 30–40 м.

Абразионные процессы в береговой зоне Средней котловины в пределах Республики Бурятия также довольно интенсивно проявляются от побережья на участке в районе севернее с. Горячинск к северо-востоку вплоть до структурно-абразионного берега юго-

восточной части Баргузинского залива. Берег в самой восточной части Баргузинского залива южнее устьевого части р. Баргузин отнесён к аккумулятивным [19].

Однако, как показали наши экспедиционные обследования, этот берег, расположенный вблизи п. Усть-Баргузин, корректнее отнести к абразионно-аккумулятивному подтипу абразионного берега. После подъёма уровня озера Байкал выше отметки в 457,1 м в сентябре 2021 г. и волнового воздействия вод на этом уровне абразионному разрушению подверглась первая байкальская терраса, сложенная песчаными и супесчаными отложениями с произрастающим на них сосновым лесом. Сосны здесь либо наклонены, либо выворочены из грунта вместе со своими корневыми системами. Стволы отдельных деревьев лежат на поверхности галечно-песчаного пляжа, находящегося между водами Байкала и его первой террасой. Повышение уровня озера Байкал выше 457,00 м ТО на данном участке побережья, безусловно, приведёт к его дальнейшему разрушению и уничтожению произрастающих здесь сосен.

В целом, исходя из результатов проведённых обследований, следует отметить, что в береговой зоне Средней котловины озера Байкал в пределах Республики Бурятия протяжённость участков абразионного обрушения больше, чем на побережье Южной котловины. Это обусловлено не только большей протяжённостью побережья Средней котловины, но и её гораздо меньшей защищённостью берегоукрепительными сооружениями. Повышение уровня озера Байкал выше 457,00 м ТО в первую очередь, приведёт к широкомасштабному разрушению незащищённых участков побережий обеих рассматриваемых в данном разделе котловин Байкала. Произойдёт обрушение незащищённых участков уступов клифов первой и второй байкальских террас, перенос продуктов обрушения в зону пляжного мелководья и дальнейший их размыв. Об этом свидетельствуют результаты последствий после повышения уровня Байкала сентября 2021 г. до отметки в 457,23 м ТО.

**Прогноз потенциальной абразии берегов оз. Байкал.** В ходе работы на основе данных полевых экспедиционных исследований, материалов космической съёмки и аэрофотосъёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов установлена общая протяжённость берегов, подверженных абразии, в пределах той части побережья оз. Байкал, которая расположена в административных границах Республики Бурятия. Выделено более 200 участков берега где активная абразия наблюдается в настоящее время, а также потенциально возможна в будущем. Общая протяжённость берегов абразионного и абразионно-аккумулятивного типов составила – 350 км.

В районе исследования ширина берега, потенциально подверженного переработке волноприбойной деятельностью колеблется в пределах от 0,3 до 5 м и зависит от множества факторов, таких как:

- уклоны поверхности дна у побережья, аккумулятивной и абразионной части прибрежной отмели;

- протяженность зоны наката волна у берега (сильно зависит от уровня воды в озере);

- литология, гранулометрический, механический состав и строение грунтов береговых уступов;

- относительная высота береговых уступов;

- характер растительности берегов;

- интенсивность волновой деятельности и повторяемость штормов в акватории оз.

Байкал.

В целях подсчета вероятных ущербов от полной потери земельных ресурсов в результате проявления абразии в рамках проекта проведена прогнозная оценка развития данного явления.

Большинство методов прогноза переработки берегов в результате абразии мало применимы к оз. Байкал, поскольку данный водный объект существенно отличается по своим характеристикам от водохранилищ, на примере которых существующие методы разрабатывались. Целесообразнее всего использовать комплекс методов, учитывая при этом имеющиеся для конкретного участка побережья данные. В рассматриваемом случае, в ходе проведения работ в комплексе использовались методы природных аналогов [20], графоаналитические [21], экспертные, а также математические.

В качестве исходных данных для определения интенсивности абразии использовались натурные полевые наблюдения и измерения, съемка с борта БПЛА, космические снимки высокого (Santinel) и сверхвысокого (Ресурс-П) разрешения, топографические, геологические, геоморфологические карты разных масштабов, батиметрические и др. карты.

С использованием указанных источников на восточном побережье оз. Байкал выделены участки берегов абразионной группы, в том числе абразионного и абразионно-аккумулятивного типов с разными подтипами (рис. 1.1.39).





Рисунок 1.1.39 – Карта берегов абразивной группы. На фото: абразивно-аккумулятивный берег с низким береговым уступом (сверху), последствия абразии на берегу залива Посольский сор

Выделено 457 участков с берегами абразивного класса протяженностью от 19 м до 5,1 км. Далее, на основе данных космической съемки, даты которой приближаются к периоду с уровнем воды в оз. Байкал в интервале 456–457 м, для каждого из участков берега выделены границы прилегающих к береговым уступам аккумулятивных зон (пляжей).

На всем протяжении берега, в разных его частях, отобраны типовые ключевые участки, характер наблюдаемых процессов в пределах которых можно интерпретировать методом природных аналогов на протяженные территории. На ключевых участках

выполнены геолого-геоморфологические описания, установлены морфометрия абразионного и аккумулятивного рельефа, а также прибрежной мелководной зоны. Составлены расчетные схемы прогноза переработки берегов.

Следует отметить, что при прогнозе абразионной переработки берегов на оз. Байкал недостаточно применяемых для водохранилищ графоаналитических схем. Поэтому в процессе работы учитывались разнообразные факторы среды. Установлена зависимость интенсивности абразионных процессов от ширины прилегающей к береговому уступу зоны пляжа, высоты берегового уступа, закреплённости грунтов растительностью.

Полученные на ключевых участках данные интерпретированы на восточное побережье оз. Байкал. Результаты занесены в атрибутивные таблицы ГИС, на их основе построены полигоны с площадями потенциальной абразии. Площади рассчитаны на конечные сроки абразии. Поскольку расчеты проводились для периода при уровнях воды в пределах диапазона 456–457 м, то из площадей потенциальной абразии исключены площади тех участков, которые уже подверглись интенсивной переработке в 2020–2021 гг.

Увеличение площадей земель, подверженных разрушению, рассчитано на основе прирастания абразии при приближении уреза воды к береговому уступу в условиях разных уклонов прибрежной части дна.

#### **Характеристика некоторых участков, выбранных в качестве ключевых при оценке потенциальной абразии:**

1. Участок между с. Боярское и заливом Посольский сор (рис. 1.1.40А). Абразионный берег с преобладанием травянистой растительности. Ширина галечникового пляжа, от уреза воды через зону наката до берегового уступа в период наблюдения составляла не более 3 м. Береговой уступ, высотой 2,8 м, сложен рыхлыми отложениями, преимущественно песчано-галечниковым материалом. Абразионно-оползневый подтип.

2. Участок между с. Боярское и заливом Посольский сор. Абразионный берег с преобладанием древесно-кустарниковой растительности. Ширина галечникового пляжа, от уреза воды через зону наката до берегового уступа в период наблюдения составляла не более 3 м. Береговой уступ, высотой 2 м, сложен рыхлыми, преимущественно песчано-галечниковым отложениями. На берегу произрастает древесно-кустарниковая растительность.

3. Абразионный берег в районе с. Максимиха. Пляж в зоне наката, шириной не более 1 м, переходит в береговой уступ высотой 2,5 м. Уступ представляет собой фрагмент размытой волноприбойной деятельностью байкальской террасы. Сложен песчано-галечниковым материалом, с преобладанием последнего.



4. Участок в пределах рекреационной зоны к северу от п. Новый Энхалук. Абразионно-аккумулятивный берег (рис. 1.1.40Б). Район представляет собой аккумулятивный по генезису песчаный пляж шириной 6,5 м, ограниченный береговым уступом высотой 1,2 м. Береговой уступ сложен переслаивающимися песчано-галечниковыми отложениями. Растительность берега – древесно-кустарниковая.

В качестве исключительных случаев рассмотрены участок побережья в черте с. Боярское и в районе мыса Лударь в северной котловине оз. Байкал. Эти участки отличаются наличием береговых уступов с относительной высотой более 10 м.



Рисунок 1.1.40 – Общий вид современной абразии на некоторых участках исследования на побережье оз. Байкал: А – абразионный берег на участке Боярское – Посольский сор, Б – абразионный берег в районе с. Новый Энхалук, В – абразионный берег в районе Чивыркуйского залива, Г – абразионно-оползневой подтип абразионного берега в районе мыса Лударь на северном Байкале

В ходе исследований установлено, что наименьшая интенсивность абразионных процессов характерна для покрытых лесом районов побережья, где ширина прилегающего к береговому уступу аккумулятивного пляжа составляет 7–14 м, а сам уступ имеет незначительную высоту, в пределах 1–1,5 м над урезом воды. Ширина потенциальной зоны абразии в текущих природно-климатических условиях (уровень воды в пределах 456–457 м, уклоны поверхности 3–5°) колеблется здесь в пределах от 0,3 до 1,4 м.

Наибольшая интенсивность абразионных процессов характерна для не покрытых лесом участков побережья с высотой берегового уступа 3–4 м. Ширина прилегающей аккумулятивной части отмели здесь составляет также от 7 до 14 м. Ширина потенциальной зоны абразии в текущих природно-климатических условиях составляет 2,4 м.

Так, для обширных участков побережья в северной котловине оз. Байкал средняя ширина полосы берега, потенциально подверженного разрушению, колеблется в пределах 1 м (рис. 1.1.40В), в средней и южной котловинах эти значения составляют 1,2–1,8 м, в южной встречаются участки со потенциальной шириной разрушаемого берега до 2,8–3,2 м.

Площадь земель, подверженных потенциальной переработке в результате абразии рассчитана исходя из конкретных природных условий для разных районов побережья оз. Байкал и при текущей природно-климатической обстановке составляет 27 га. Следует отметить, что практически 1/4 этой площади уже выработана в период с 2019 по 2022 гг. Особенно активна абразия была в 2021 г.

Потенциальные потери земель в результате абразии рассчитаны для уровней воды установленных в техническом задании от 457,00 до 457,85 м с интервалом в 0,1 м. Установлено, что при максимальном заявленном в ТЗ уровне оз. Байкал общие потери земель в результате абразии могут достигать 88 га. Результаты расчетов по интервалам приведены в разделе 2.1.

Абразионными процессами при колебаниях уровня воды в оз. Байкал перерабатываются значительные площади земель на побережье, а вместе с ними уничтожается почвенно-растительный покров, прибрежные леса, в том числе на землях особо-охраняемых природных территории. Абразия – пожалуй наиболее опасный из факторов трансформации природной среды на побережье оз. Байкал. При этом, наибольшая переработка берегов оз. Байкал происходит не при постоянной поступательной работе волн, а в период штормов. Особо сильные серьезно изменяют облик побережья.

## **1.2 Химико-биологические характеристики зон смешивания байкальских вод и устьевых зон рек Селенга, Баргузин, В. Ангара, Голоустная, Бугульдейка**

### **1.2.1 Гидрохимическая характеристика устьевых зон рек Селенга, Баргузин, В. Ангара**

На экологическое состояние Байкала большое влияние оказывает речной сток. Реки приносят в озеро не только наносы и питательные вещества, но и загрязнения. Пограничными районами между приемным водоемом и речными бассейнами служат устьевые области рек, представляющие собой природные системы, формирующиеся в результате сложных гидрологоморфологических, гидрохимических и биологических процессов, происходящих при взаимодействии вод реки и водоема. Устья рек считаются наиболее уязвимыми объектами озерной системы, и в первую очередь откликаются на природные и антропогенные изменения речного стока и уровня озера [1, 2]. Водосборы основных притоков оз. Байкал – рек Селенги, Баргузина, Верхней Ангары – являются самыми крупными по протяженности, стоку воды и наносов и выделены в Большую питающую провинцию Байкала. Водосборы указанных рек занимают около 90% площади бассейна озера: Селенги (82%), Баргузина (3,8%), Верхней Ангары (3,9%) [3, 4]. Природные условия формирования рек Селенги, Баргузина и Верхней Ангары имеют свои индивидуальные особенности в силу разных физико-географических зон их водосбора.

Поверхностные воды отражают текущее загрязнение водной экосистемы, так как поллютанты поступают в водоемы с поверхностными и грунтовыми стоками с сельскохозяйственных территорий и населенных пунктов, а также с атмосферными осадками. Это приводит к прогрессирующему ухудшению качества воды и, как следствие, к снижению качества питьевого и хозяйственного водопользования. Работы по исследованию содержания и распределения СОЗ в экосистемах оз. Байкал и Байкальского региона проводились несколькими группами ученых с конца 1980-х гг. Установлены уровни СОЗ в различных объектах окружающей среды оз. Байкал и территории его водосбора – в атмосферном воздухе, природной воде, почве, донных отложениях и биоте [5–14], однако сведений о содержании СОЗ в устьевых зонах рек Селенги, Баргузина и Верхней Ангары нет. Информация о гидрохимическом состоянии вод и уровнях загрязнения СОЗ устьевых зон основных притоков оз. Байкал в периоды различной водности, а также анализ путей поступления загрязнителей необходимы для дальнейшего мониторинга состояния, анализа и прогнозирования состояния уникальной экосистемы

озера и дальнейших региональных эколого-геохимических и эколого-гигиенических оценок для принятия эффективных мер по сохранению экосистемы оз. Байкал.

В 2022 г. в разные гидрологические периоды были проведены три гидрохимические экспедиции в устьевые области рек Селенга (28 февраля – 1 марта, 19–20 мая, 16–17 июля) Баргузин (21–22 февраля, 24–25 мая, 19–20 июля) и Верхняя Ангара (11–13 марта, 24–25 июня, 25–26 августа). Точки отбора проб воды представлены на рис. 1.2.1.

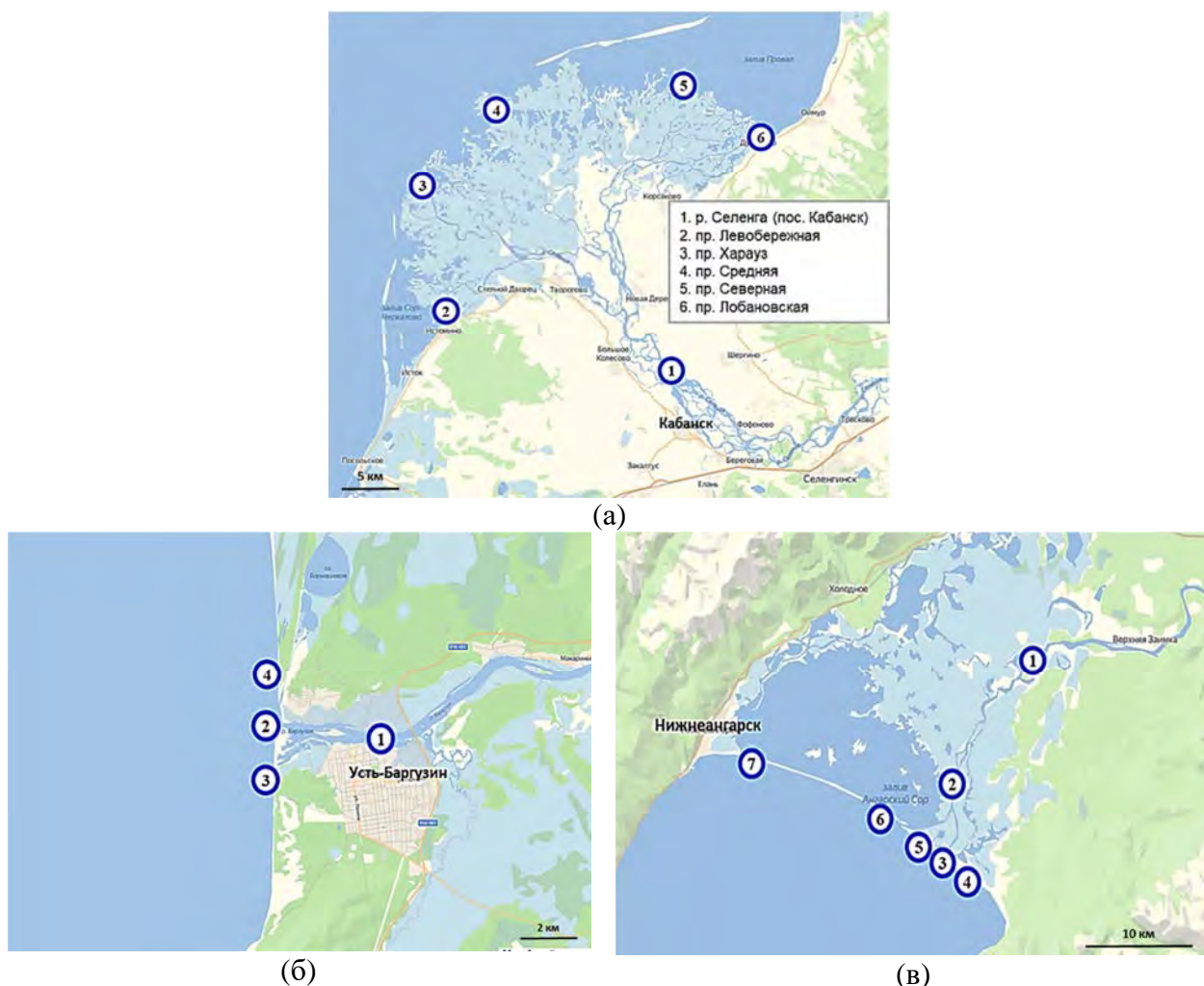


Рисунок 1.2.1 – Карта-схема точек отбора проб воды в устьевых областях рек Селенга (а), Баргузин (б) и Верхняя Ангара (в), 2022 г.

Химический анализ (главные ионы, биогенные элементы) выполнен общепринятыми в гидрохимии пресных вод методами [15]. Концентрации катионов и анионов определялись на ионном хроматографе ICS 1600. Определение элементного состава проводили с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра Solaar М6. Стандарты СОЗ и экстракты образцов анализировали согласно рекомендациям EPA 8270 методом газовой хроматографии с тандемной масс-спектрометрией (ГХ/МС/МС, 7890В/7000С, Agilent, США) согласно [16].

Для оценки произошедших изменений качественного состава речных вод полученные данные сопоставлялись с более ранними данными, полученными в 2015 г., когда наблюдался крайне низкий сток исследуемых притоков и соответственно уровень озера Байкал составлял минимальные значения. В 2014–2017 гг. маловодье охватило водосборные территории и других байкальских рек и приток в озеро стал аномально низким, сопровождаясь обострением некоторых водохозяйственных и экологических проблем. В 2014–2017 гг. сток р. Селенги в сравнении с нормой снизился на 29%, а Верхней Ангары и Баргузина – на 26 и 36 %, соответственно [17]. В период 2018–2022 гг. условия увлажнения и термический режим в бассейне оз. Байкал в целом были более благоприятными для формирования речного стока, чем в предыдущие несколько лет.

**Река Селенга.** Содержание растворенного кислорода в р. Селенге и протоках дельты в 2022 гг. изменялось в интервале 5,2–7,9 мг/дм<sup>3</sup> в подледный период и 8,0–11,4 мг/дм<sup>3</sup> в период открытой воды. Сумма ионов в 2022 г. в р. Селенга и устьях проток дельты изменялась в интервале 125–232 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации главных ионов HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> в воде р. Селенги и проток дельты в 2022 г. изменялись в пределах: 89–153; 4,3–17,5; 0,8–2,0; 19,5–37,9; 4,9–9,2, 4,5–8,9 и 0,6–1,7 мг/л соответственно (таблица 1.2.1).

Таблица 1.2.1 – Общий диапазон колебания концентраций в поверхностной воде устьевой области р. Селенги в 2015 и 2022 гг.

Показатель (ПДК, мг/дм <sup>3</sup> )	2015			2022		
	март	май	июль	март	май	июль
pH, ед.	7,1-7,7	7,4-8,5	7,6-8,6	6,5-7,0	7,6-8,4	7,5-7,8
Мутность	0,9-6,4	6,0-9,2	3,1-10,7	1,9-21,0	8,7-23,3	29,3-76,7
Растворенный кислород	5,0-8,5	9,1-13,0	11,9-14,7	5,2-7,9	8,8-11,4	8,0-9,4
Гидрокарбонаты	125-467	103-106	103-108	138-153	104-111	89-106
Сульфаты (100)	8,4-24,1	12,0-14,1	11,4-12,8	11,6-17,5	4,7-6,4	4,3-5,6
Хлориды (300)	1,4-8,5	1,9-2,3	1,3-2,3	1,7-2,0	0,8-1,0	0,8-1,1
Кальций	19,8-93,4	22,8-25,2	24,6-25,4	31,5-37,9	21,8-24,2	19,5-22,7
Магний	4,9-22,4	6,0-6,5	5,7-6,2	8,4-9,2	5,9-6,3	4,9-6,2
Натрий	6,2-23,9	7,1-8,5	7,2-7,8	7,6-8,9	4,5-6,1	4,7-5,9
Калий	0,9-5,7	1,5-1,9	0,9-1,8	0,8-1,5	1,2-1,7	0,6-1,1
Сумма ионов	163-640	156-163	158-165	202-232	146-153	125-147
Азот аммонийный (0,39)	0,01-0,33	0,01-0,03	н.о.-0,02	0,01-0,03	н.о.-0,01	н.о.-0,01
Азот нитратный (9,0)	0,05-0,67	0,02-0,14	0,01-0,02	0,20-0,29	0,03-0,05	0,04-0,10
Азот нитритный (0,02)	0,001-0,004	н.о.-0,005	н.о.-0,006	0,005-0,009	0,001-0,003	0,004-0,006
Фосфор фосфатный	н.о.-0,002	н.о.-0,003	н.о.-0,001	0,004-0,022	0,003-0,009	0,018-0,024
Соединения железа (0,10)	0,03-0,16	0,03-0,15	0,01-0,06	0,01-0,08	0,03-0,11	0,02-0,14
Соединения марганца (0,010)	0,006-0,120	0,001-0,050	0,001-0,010	0,026-0,384	0,001-0,105	0,002-0,027
Соединения цинка (0,010)	0,041-0,080	0,010-0,087	0,001-0,008	0,001-0,007	0,001-0,004	0,001-0,006
Соединения меди (0,001)	0,001-0,003	0,001-0,002	н.о.	н.о.	н.о.	0,001-0,002

\*н.о. – ниже предела обнаружения

В сравнении с маловодным 2015 г., когда значения стока р. Селенги были минимальными за весь период наблюдений [18], размах суммы и содержаний ионов в подледный период 2022 г. был значительно меньше, что обусловлено более благоприятным водным режимом в протоке Средняя. Концентрации биогенных элементов в сезонном и межгодовом аспекте, как показали результаты многолетних исследований [12, 13], изменяются в широких пределах. В зимний, весенний и летний периоды 2022 г. содержание нитратного азота в воде проток дельты изменялось от 0,03 до 0,29 мг N/л, тогда как в аналогичные периоды 2015 г. – от 0,01 до 0,67 мг N/л. В июле 2015 г. в период открытого русла при низкой водности и высоком развитии фитопланктона концентрации  $\text{NO}_3^-$  снижались до минимума, в июле 2022 г. после весеннего снижения наблюдалось некоторое повышение концентрации  $\text{NO}_3^-$ , что могло быть обусловлено прохождением летнего дождевого паводка с повышением мутности воды и поступлением загрязняющих веществ с прилегающих территорий.

Концентрации аммонийного азота в воде р. Селенги и проток в 2022 г., как и в 2015 г., изменялись в узких пределах (0,01–0,06 мг N/л) или определялись на уровне чувствительности используемого метода, исключение составляла протока Средняя в подледный период 2015 г. – 0,33 мг N/л. Содержание минерального фосфора в воде колебалось в 2022 г. от 0,003 до 0,024 мг P/л, а в 2015 г. – от 0 до 0,003 мг P/л, при этом наибольшие содержания были отмечены в июле 2022 г., что может быть связано с его поступлением с водосбора во время дождевого паводка, а также повышением водности и снижением развития фитопланктона. Наиболее низкие концентрации минерального фосфора в 2015 г. регистрировались при массовом развитии фитопланктона в июле. Превышений ПДК для рыбохозяйственных водоемов по биогенным веществам не наблюдалось. Изменение гидрологических условий на р. Селенга также в значительной степени определяет динамику концентраций тяжелых металлов (ТМ) в воде [19, 20]. Содержание железа в 2022 г. изменялось от 0,01 до 0,14 мг/л, в 2015 г. – от 0,01 до 0,16 мг/дм<sup>3</sup>. Превышение ПДК р/х достигало 1,4–1,6 раза.

Концентрации марганца в воде Селенги и проток дельты изменялись в интервалах 0,002–0,384 мг/л в 2022 г. и 0,001–0,120 мг/л в 2015 г., максимальные значения наблюдались в подледный период, превышение ПДКр/х достигало 38 и 12 раз соответственно, весной и летом происходило снижение. В 2022 г. максимальные концентрации марганца были в 2–3 раза выше, чем в 2015 г., что может быть связано с поступлением большого количества органического вещества с водосбора в период дождевых паводков 2021 и 2022 гг. и последующей мобилизации данного элемента из взвеси и илистых отложений. Содержание цинка (ПДК р/х 0,010 мг/л) в поверхностных



водах проток дельты Селенги в 2022 г. было низким - 0,001–0,007 мг/л, в то время как в 2015 г. оно было выше: зимой и весной 0,010–0,117 мг/л, летом снижалось до 0,001–0,008 мг/л, что может быть обусловлено накоплением загрязнений на водосборе и поступлением с тальмими водами, а также мобилизацией из донных отложений в период низкой водности, и эффектом разбавления в период высокой водности (2022 г.). Концентрации меди (ПДК р/х 0,001 мг/л) в 2022 г., как и в 2015 г., находились в интервалах 0,001–0,003 мг/л. Концентрации никеля, хрома, свинца и кадмия в 2022 и 2015 гг. были низкими – на уровне предела обнаружения (менее 0,001 мг/л).

Анализ полученных результатов показал (таблица 1.2.2), что качество вод р. Селенги и проток дельты по химическим показателям в основном соответствовало в 2022 г. 2–3 классам – чистые или удовлетворительной чистоты, а в 2015 г. - 2–4 классам – чистые или загрязненные [21].

Таблица 1.2.2 – Качество вод р. Селенга и проток ее дельты, 2015, 2022 гг.

Показатели	Устье прот. Харауз		Устье прот. Средняя		класс качества воды*	
	2015	2022	2015	2022	Харауз 2015/2022	Средняя 2015/2022
Гидрохимические показатели						
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг N/л	1-15	1-130	15-610	4-18	1 / 1-2б	1-4б / 1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг N/л	0,02-0,56	0,04-0,29	0,05-0,14	0,04-0,26	1-3б / 1-2б	2а / 1-2б
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мкг N/л	1-24	2-8	1-13	0-7	2а-4а / 2а-3а	2а-3б / 2а-3а
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мкгP/л	1-29	3-22	3-19	3-30	1-2б / 1-2б	1-2б / 1-2б
O <sub>2</sub> , % насыщ.	53-101	52-113	8-109	38-107	4б-2а / 4б-3а	2б-5б / 2б-5а
Содержание неорганических токсических веществ						
Железо, мкг/л	10-40	2-33	60-160	3-135	3а / 3а	3а-3б / 3а-3б
Марганец, мкг/л	1-6	1-39	10-650	27-56	3а / 3а	3а-4б / 3а-3б
Цинк, мкг/л	2-49	1-7	11-80	1-3	3а-4б / 3а	3а

\* - Оксюк и др., 1993 [21]

В мелких протоках регистрируется низкая концентрация кислорода, что приводит к снижению качества воды до грязной – 5 класса. В 2022 г. в протоке Средняя в подледный период наблюдалось снижение содержаний аммонийного азота, марганца и повышение содержания кислорода, что обусловлено более благоприятным водным режимом.

**Река Баргузин.** Гидрохимический режим р. Баргузин, как и других притоков Байкала, определяется динамикой водного стока [22]. Минерализация баргузинской воды в основном превышает таковую воды озера [23]. Общий диапазон колебания



концентраций в поверхностной воде устьевой области р. Баргузин в 2022 г. представлен в таблице 1.2.3. В устьевой области реки Баргузин содержание растворенного кислорода в 2022 г. находилось в благоприятных для гидробионтов пределах 6,5–11,3 мг/дм<sup>3</sup> с минимальными значениями в подледный период. Мутность воды изменялась в интервале 0,8–19,6 NTU, с наибольшими значениями в период весеннего половодья. Воды устьевой области Баргузина слабощелочные, рН 6,9–8,0.

Сумма ионов поверхностных вод устьевой области р. Баргузин в 2022 г. изменялась от 74 до 155 мг/л с максимумом в подледный период и минимумом в весеннее половодье. Концентрации главных ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в устьевой области р. Баргузин в марте, мае и июле 2022 г. изменялись в пределах: 42,7–103,7 мг/л; 2,8–9,0; 0,23–0,57; 10,9–29,9; 1,9–4,0; 2,0–4,8 и 0,49–0,97 мг/л соответственно, с наибольшими значениями в подледный период, наименьшими – в мае.

Таблица 1.2.3 – Общий диапазон колебания концентраций в поверхностной воде устьевой области р. Баргузин в 2022 гг.

Показатель (ПДК, мг/дм <sup>3</sup> )	2022		
	февраль	май	июль
рН, ед.	6,9-7,5	7,1-7,6	7,5-8,0
Мутность,	0,8-2,1	3,2-19,6	8,8-9,4
Растворенный кислород	6,5-7,4	9,1-11,3	8,5-9,2
Гидрокарбонаты	80,5-103,7	42,7-68,3	76,8-97,6
Сульфаты (100)	5,3-9,0	2,8-4,9	4,8-5,7
Хлориды (300)	0,48-0,57	0,23-0,42	0,35-0,47
Кальций	19,3-29,9	10,9-17,2	19,7-25,8
Магний	3,7-4,0	1,9-2,7	2,8-3,5
Натрий	3,8-4,8	2,0-3,4	2,9-3,6
Калий	0,89-0,97	0,49-0,87	0,76-0,95
Сумма ионов	115-155	74-91	105-134
Азот аммонийный (0,39)	0,001-0,005	0-0,005	0-0,001
Азот нитратный (9,0)	0,054-0,097	0,017-0,085	0,019-0,023
Азот нитритный (0,02)	0,001-0,005	0,001-0,004	0,001-0,002
Фосфор фосфатный	0,011-0,014	0,004-0,015	0,005-0,008
Соединения железа (0,10)	0,001-0,029	0,009-0,076	0,041-0,211
Соединения марганца (0,010)	0,001-0,045	0,002-0,035	0,005-0,028
Соединения цинка (0,010)	0,002-0,011	0,004-0,008	0,002-0,007

В сравнении с маловодным 2015 г. в исследуемые периоды 2022 г. концентрации нитратного азота были выше, возможно, за счет поступления большого количества органического вещества с водосбора с дождевыми паводками в 2021 и 2022 гг., а остальных биогенных элементов несколько ниже. Превышений ПДК для

рыбохозяйственных водоемов по содержанию главных ионов и биогенных элементов в р. Баргузин и его устьевой области в исследуемых период не наблюдалось.

Содержание железа в устьевой области р. Баргузин в марте, мае и июле 2022 г. изменялось от 0,001 до 0,211 мг/л, в 2015 г. в р. Баргузин (пос. Усть-Баргузин) от 0,02 до 0,1 мг/л. Превышение ПДК р/х в 2022 г. достигало 2,1 раза.

В 2022 г. максимальные концентрации марганца были в разы выше, чем в 2015, что может быть связано с поступлением большого количества органического вещества с водосбора в период дождевых паводков 2021 и 2022 гг. и последующей мобилизации данного элемента из взвеси и илистых отложений. Содержание цинка (ПДК р/х 0,010 мг/л) в поверхностных водах устьевой области Баргузина в 2022 г. находилось в интервале 0,002-0,011 мг/л, в то время как в 2015 г. оно было несколько выше: 0,014–0,024 мг/л, что может быть обусловлено накоплением загрязнений на водосборе и поступлением с талыми водами, а также мобилизацией из донных отложений в период низкой водности. Концентрации меди (ПДК р/х 0,001 мг/л) в 2022 г., как и в 2015 г., находились в интервалах 0,001–0,002 мг/л. Концентрации никеля, хрома, свинца и кадмия в 2022 и 2015 гг. были низкими – на уровне предела обнаружения (менее 0,001 мг/л).

В пространственном плане наибольшие концентрации биогенных веществ и тяжелых металлов, как и главных ионов в устьевой зоне р. Баргузин в 2022 г. наблюдались вдоль северного берега Баргузинского залива, т.е. там, где преобладали баргузинские воды и доля байкальской воды была ниже, что обусловлено особенностями распределения вод р. Баргузин в пределах залива.

Анализ полученных результатов показал, что качество вод р. Баргузин и его устьевой области по химическим показателям в основном соответствовало в 2022 г. 2–3 классам – чистые или удовлетворительной чистоты, а в 2015 г. - 2–4 классам – чистые или загрязненные. В 2022 г. произошло некоторое улучшение качества воды по таким показателям как содержание нитритного азота и цинка.

**Река Верхняя Ангара.** Общий диапазон колебания концентраций в поверхностной воде устьевой области р. Верхняя Ангара в июне и августе 2022 г. представлен в таблице 1.2.4. Содержание химических компонентов в р. Верхняя Ангара в начале дельты по сезонам (март, июнь, август) в сравнении с 2015 г. представлены на рис. 1.2.2.

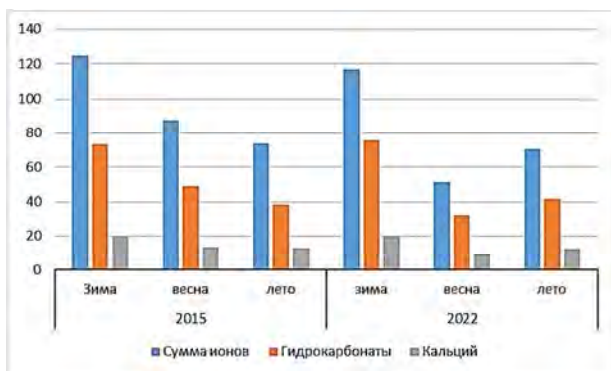
Сумма ионов поверхностных вод устьевой области Верхней Ангары в июне и августе 2022 г. изменялась на 38,5–99,2 с наибольшими значениями в подледный период и на участках влияния байкальских вод, наименьшими – в весеннее половодье и в западной части дельты в зоне влияния низкоминерализованных вод р. Кичеры. Минерализация вод Верхней Ангары в период открытой воды ниже, чем у байкальской воды - 51,2–87,4 мг/л,

и несколько выше в подледный период - 116,7–124,8 мг/л (рис. 1.2.2а). В сравнении с 2015 г. значения суммы ионов в 2022 г. были несколько ниже, что связано с более высокой водностью реки.

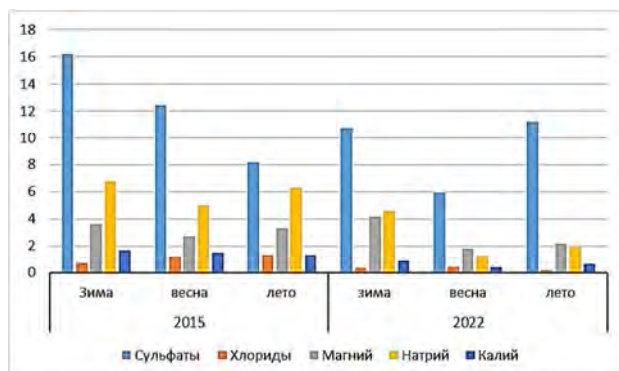
Концентрации главных ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в устьевой области Верхней Ангары в марте, мае и июле 2022 г. изменялись в пределах: 23,2–75,6; 4,8–11,2; 0,11–0,44; 6,9–19,9; 1,3–4,2; 1,0–4,6 и 0,26–0,86 мг/л соответственно.

Таблица 1.2.4 – Общий диапазон колебания концентраций в поверхностной воде устьевой области р. Верхняя Ангара в 2022 г.

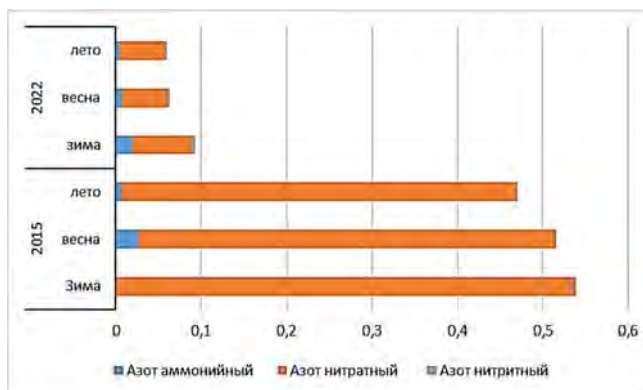
Показатель (ПДК, мг/дм <sup>3</sup> )	2022	
	весна	лето
рН, ед.	6,6-6,8	7,0-7,6
Мутность,	3,4-6,6	1,1-5,7
Растворенный кислород	-	9,7-10,5
Гидрокарбонаты	23,2-32,9	29,3-65,9
Сульфаты (100)	4,8-6,2	7,8-11,2
Хлориды (300)	0,23-0,44	0,11-0,42
Кальций	6,9-8,9	9,8-17,6
Магний	1,3-1,9	1,3-3,2
Натрий	0,95-1,4	1,1-3,2
Калий	0,26-0,49	0,32-0,84
Сумма ионов	38,5-52,3	50,3-99,2
Азот аммонийный (0,39)	0,002-0,020	0,003-0,009
Азот нитратный (9,0)	0,010-0,054	0,002-0,053
Азот нитритный (0,02)	0,001-0,003	0,001-0,002
Фосфор фосфатный	0,003-0,006	0,001-0,014
Соединения железа (0,10)	0,035-0,068	0,002-0,089
Соединения марганца (0,010)	0,001-0,002	0,001-0,002
Соединения цинка (0,010)	0,009-0,023	0,002-0,019



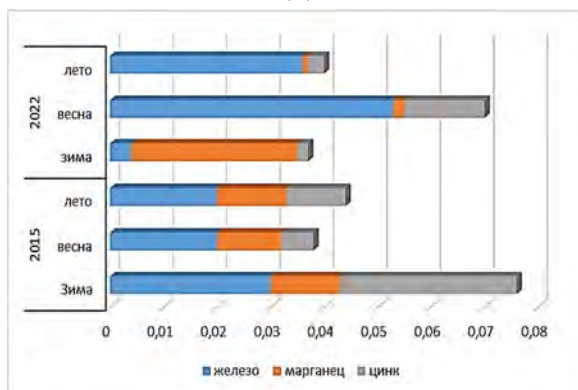
(a)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 1.2.2 – Содержание ионов (а, б), соединений азота (в) и металлов (г) в поверхностной воде р. Верхняя Ангара (ниже с. Верхняя Заимка) в 2015 и 2022 гг.

Содержание нитратного азота в поверхностной воде Верхней Ангары и ее устьевой области в исследованные периоды 2022 г. изменялось от 0,002 до 0,054 мгN/л, максимальные его концентрации наблюдались в подледный период. В сравнении с маловодным 2015 г. в исследуемые периоды 2022 г. концентрации всех биогенных элементов были ниже, что возможно, связано с более высокой водностью реки и устьевой области. Превышений ПДК для рыбохозяйственных водоемов по содержанию главных ионов и биогенных элементов в р. Верхняя Ангара и ее устьевой области в исследуемых период не наблюдалось.

Содержание железа (ПДК р/х = 0,1 мг/л) в устьевой области р. Верхняя Ангара в марте, мае и июле 2022 г. изменялось от 0,004 до 0,089 мг/л, в 2015 г. в основном русле Верхней Ангары (Верхняя Заимка) от 0,020 до 0,030 мг/л, при этом, наибольшие концентрации наблюдались в 2022 г. весной и летом, что говорит о его поступлении с талыми и дождевыми водами с водосбора, а в 2015 г. – зимой – вследствие поступления железа из подземных горизонтов и донных отложений (рис. 1.2.2г).

Концентрации марганца изменялись в интервалах 0,001–0,031 мг/л в 2022 г. и 0,012–0,013 мг/л в 2015 г., максимальные значения наблюдались в подледный период,

превышение ПДКр/х достигало 3,1 и 1,3 раз соответственно, весной и летом в 2022 г. происходило значительное снижение его содержаний, тогда как в 2015 г. концентрации держались примерно на том же уровне.

Содержание цинка (ПДК р/х 0,010 мг/л) в поверхностных водах устьевой области Верхней Ангары в 2022 г. находилось в интервале 0,002–0,023 мг/л, в то время как в 2015 г. оно было несколько выше: 0,006–0,033 мг/л, что может быть обусловлено накоплением загрязнений на водосборе и поступлением с тальми водами, а также мобилизацией из донных отложений в период низкой водности.

Концентрации меди, никеля, хрома, свинца и кадмия в 2022 и 2015 гг. были низкими – на уровне предела обнаружения (менее 0,001 мг/л).

Анализ полученных результатов показал (таблица 1.2.5), что качество вод р. Верхняя Ангара и его устьевой области по химическим показателям в основном соответствовало в 2022 г. по содержанию биогенных элементов 1-2 классам – очень чистые и чистые, по содержанию железа и марганца 3 классу – достаточно чистые, цинка – 3-4 достаточно чистые и умеренно загрязнённые.

Таблица 1.2.5 – Качество вод р. Верхняя Ангара и ее устьевой области в 2015 и 2022 гг.

Показатели	Верхняя Ангара		Устьевая область р. Верхняя Ангара	класс качества воды*	
	2015	2022	2022	2015	2022
Гидрохимические показатели					
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мкг N/л	1-27	5-20	2-20	1	1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг N/л	0,49-0,54	0,07-0,05	0,002-0,05	3а-3б	1-2а
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мкг N/л	0-1	2-3	1-3	3а-3б	1
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мкгP/л	4-65	0-4	1-14	1-3б	1-2а
Содержание неорганических токсических веществ					
Железо, мкг/л	20-30	4-53	2-89	3а	3а-3б
Марганец, мкг/л	12-13	1-31	1-2	3а	3а
Цинк, мкг/л	6-33	2-15	2-23	3б-4б	3а-4а

\* - Окснюк и др., 1993 [21]

В сравнении с 2015 г. наблюдается некоторое улучшение качества воды по таким показателям как содержание нитратного и нитритного азота, минерального фосфора и цинка.

**Стойкие органические загрязнители.** Природные воды представляют собой интегральные индикаторы накопления стойких органических загрязнителей (СОЗ) в

водных экосистемах. Наибольшую опасность среди них представляют следующие соединения: хлорорганические пестициды (ХОП), полихлорированные бифенилы (ПХБ), полиароматические углеводороды (ПАУ), полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ) и др. [24].

Содержание ДДТ в поверхностной воде устьевой зоны Верхней Ангары было незначительное и составило 0,001 нг/л, что не превышало ПДК для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (100 мкг/л) и водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение (0,00001 мг/л) [25, 26]. Присутствие в исследованных образцах соединений, которые ранее практически не применялись в РФ («следы» альдрина, дильдрина, эндринов), а также ГХЦГ, вероятно, связано с процессами глобального атмосферного переноса. Значения ХОП в летний и зимний периоды невысоки, что, возможно, связано с периодом многоводности и отбором проб в подледный период (рис. 1.2.3). В весенних пробах происходит кратное увеличение содержания этих веществ, вследствие их стока с водосборных территорий, где они накапливались в зимний период.

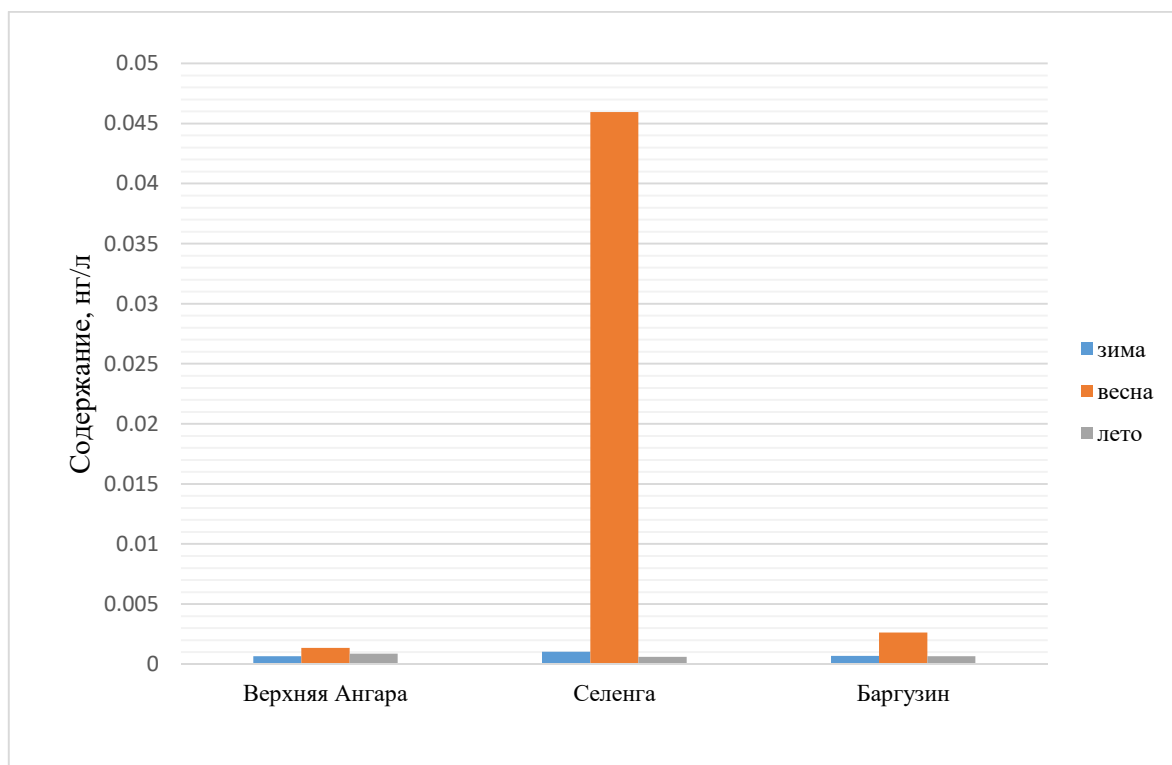


Рисунок 1.2.3 – Суммарное содержание ХОП в устьевых зонах рек в различные сезоны

ПХБ в зимний и летний периоды практически отсутствуют, но весной наблюдаются в следовых количествах. Общие средние значения составили 0,0009, 0,0027 и 0,0007 нг/л для зимнего, весеннего и летнего периодов в целом (рис. 1.2.4).

В целом, идентификация происхождения углеводов в устьевых зонах представляет собой важную проблему, поскольку в данных районах, кроме антропогенных, существуют и природные источники. Здесь наблюдается поступление большого количества терригенного биологического материала с речным стоком, а высокая биологическая продуктивность притоков оз. Байкал способствует наличию большого количества автохтонной органики, при разложении которой также образуются углеводороды.

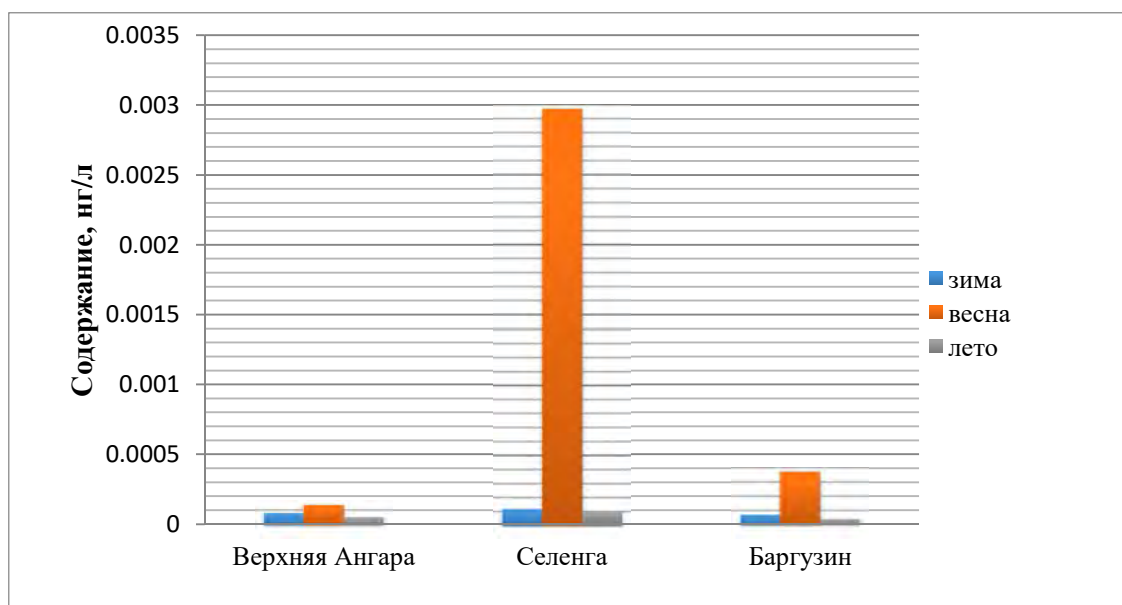


Рисунок 1.2.4 – Суммарное содержание ПХБ в устьевых зонах рек в различные сезоны

Так, в данном исследовании было использовано семь маркерных соотношений:  $\Sigma\text{НМ}/\Sigma\text{ВМ}$  (НМ – низкомолекулярные ПАУ и ВМ – высокомолекулярные ПАУ), флуорантен/пирен, флуорен/пирен, фенантрен/антрацен, флуорантен/(флуорантен+пирен), флуорен/(флуорен+ пирен) и антрацен/(антрацен+фенантрен).

Общая концентрация 19 индивидуальных ПАУ в природных водах составила от 0,23 до 0,75 нг/л (зимой), 0,61–13,11 нг/л (весной) и 3,24–10,89 нг/л (летом) вследствие низкой растворимости ПАУ в воде и отсутствия заметного количества взвешенных частиц. Среднее значение концентрации ПАУ составило 0,43 нг/л, 7,43 и 5,45 нг/л для разных сезонов соответственно (рис. 1.2.5).



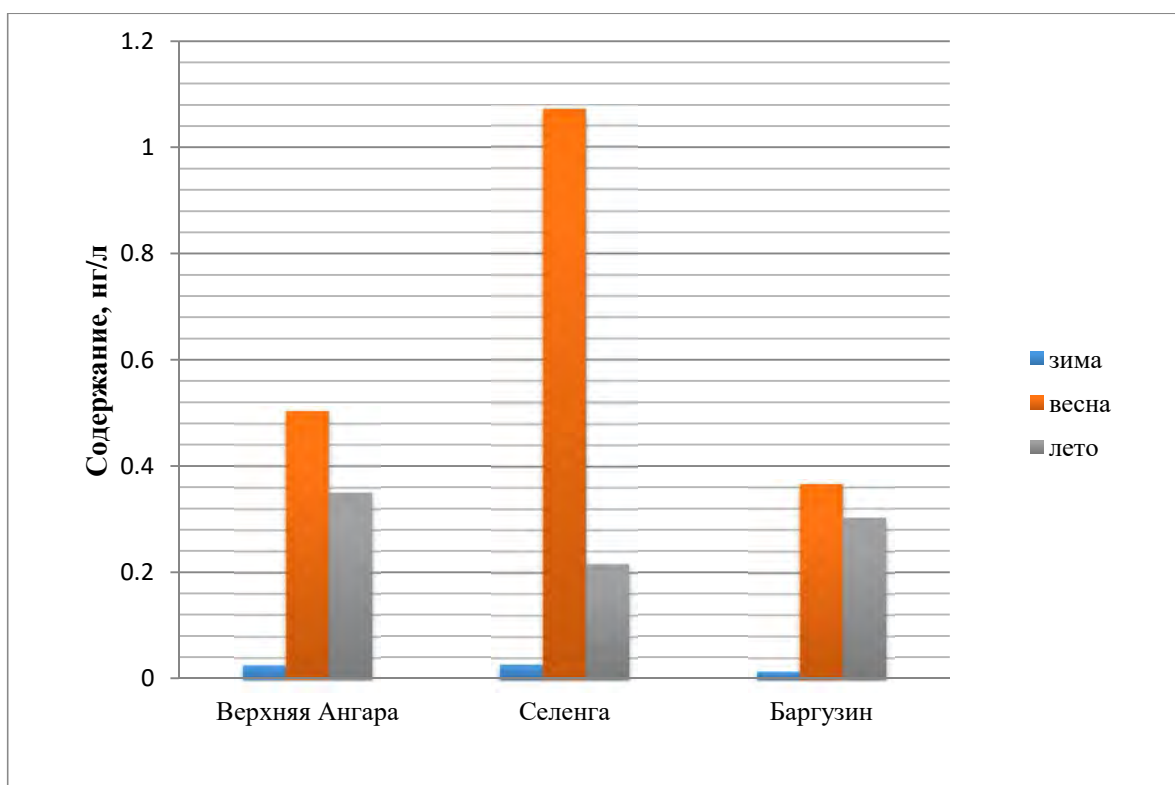


Рисунок 1.2.5 – Суммарное содержание ПАУ в устьевых зонах рек в различные сезоны

Среднее значение концентрации ПАУ составило 0,43 нг/л. Содержание бенз(а)пирена было незначительно (максимальное значение 0,002 нг/л) и не превышало ПДК для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК составляет 0,001мкг/л) [26]. Суммарная концентрация группы с 2–3 ароматическими кольцами (0,3818 нг/л) в исследуемых образцах значительно превышает концентрации других групп, что свидетельствует о поступлении ПАУ в результате низкотемпературных пиролитических процессов [27]. Значения ΣНМ/ΣВМ составили от 6,99 до 19,46 нг/л (среднее значение 12,26 нг/л). Наибольшие концентрации были обнаружены для нафталина и его метилпроизводных, фенантрена, флуорантена и флуорена, что свидетельствует о локальных источниках их поступления.

Таким образом, в 2022 г. на всех исследованных водных объектах наблюдалось некоторое улучшение качества воды по содержанию биогенных веществ и тяжелых металлов в сравнении с маловодным 2015 г.

Поступление СОЗ в экосистемы устьевых зон имеет смешанный генезис, то есть обусловлено как локальными источниками, так и атмосферным переносом, в том числе трансграничным. Несомненно, положительным моментом является, что содержания большинства исследованных ХОП и ПАУ, всех ПХБ ниже предела обнаружения. С другой стороны, настораживает обнаружение, хоть в количествах, не превышающих ПДК, некоторых ХОП и ПАУ.

Проведенные гидрохимические исследования показали, что минерализация и состав главных ионов вод устьевых областей рек Селенга и Верхняя Ангара определяется изменением речного стока, для устьевой области р. Баргузин изменение суммы ионов носит более сложный характер вследствие поступления солей при затоплении засоленных ландшафтов в Баргузинской котловине; относительный состав главных ионов остается стабильным. Концентрации биогенных элементов в устьевых областях рр. Селенги, Баргузина и Верхней Ангары изменяются в широких пределах и определяются сезонной и межгодовой динамикой водного стока и уровнем развития фитопланктона. В периоды низкой водности наблюдается поступление микроэлементов из подземных горизонтов и мобилизация из донных осадков, в периоды повышения водности вследствие дождевых паводков происходит смыв загрязняющих веществ с водосбора. Повышение речного стока в 2022 г. в сравнении с крайне маловодным 2015 г. привело к улучшению водного режима в мелких протоках дельты Селенги в подледный период и, соответственно, некоторому улучшению качества воды в них по содержанию биогенных веществ и тяжелых металлов. Однако нельзя говорить об однозначно благоприятном влиянии повышения речного стока, и соответственно уровня озера Байкал, на качество воды в устьевых областях главных притоков поскольку повышение водности влечет за собой поступление загрязняющих веществ с прилегающих территорий в речные и далее озерные воды. Таким образом, проведенные гидрохимические исследования не выявили значимого влияния уровня озера Байкал на состав главных ионов устьевых областей рек Селенга, Баргузин и Верхняя Ангара, а также содержание биогенных веществ и тяжелых металлов. Содержание химических компонентов в данных водных объектах определяется в большей степени величиной речного стока.

### **Выводы**

Полученные данные имеют важное теоретическое значение для мониторинга, оценки состояния, расширения знаний о функционировании водных экосистем. Настоящее исследование является первым этапом в получении временных и пространственных рядов концентраций основных ионов и СОЗ в водах устьевых зон оз. Байкал. Необходимо проведение дополнительных исследований по оценке их содержания и миграции по звеньям разного уровня трофических цепей.

### 1.2.2 Гидрохимические характеристики мелководной зоны с высокой и низкой антропогенной нагрузкой в результате подтопления береговой зоны при высоком уровне озера

Анализ данных показал, что воды исследованных рек значительно отличаются по минерализации (таблица 1.2.6). Так электропроводность р. Бугульдейки в 3,5 раза больше, а р. Переемной в 2 раза ниже таковой в байкальской воде (около 120 мкСм/см). Реакция воды всех рек слабощелочная, величина рН варьировала в пределах 7,18–8,57. В период исследования воды притоков были хорошо прогреты и аэрированы (таблица 1.2.7). Низкое содержание кислорода 6,4 мг/дм<sup>3</sup> наблюдалось только в р. Медлянка, дальнейшее снижение концентрации может привести в зимний период к заморным явлениям.

Таблица 1.2.6 – Гидрофизические и гидрохимические параметры в воде притоков оз. Байкал

Река	T, °C	pH	Электропроводность при 25°C, мкСм/см	O <sub>2</sub> , %нас.
р. Бугульдейка	7,2	8,57	405,0	93
р. Голоустная	5,9	7,99	234,1	80
р. Медлянка	6,3	7,18	195,5	55
р. Култучная	10,8	7,82	328	71
р. Похабиха	6,8	7,95	235	83
р. Слюдянка	8,9	8,21	242,0	83
р. Утулик	8,8	8,11	209,4	84
р. Солзан	10,4	8,00	82,0	87
р. Б. Осиновка	9,9	8,02	115,1	79
р. Снежная	8,3	7,84	100,5	82
р. Переемная	8,9	7,38	61,1	85
р. Мысовка	9,1	7,98	79,7	89
р. Селенга	12,3	8,33	195,0	90
р. Кика	10,3	8,00	68,0	97
р. Турка	9,3	7,66	72,0	86
р. Баргузин	8,8	7,9	207,5	83

Содержание соединений азота и фосфора в воде притоков варьировали в широких пределах. Концентрации минерального азота изменялись от 0,03 до 0,85 мг/дм<sup>3</sup>. В его составе, в основном, доминировала нитратная форма, аммоний и нитриты присутствовали в незначительных количествах (рис. 1.2.6а). Исключение составили реки Похабиха, Мысовка и Медлянка: в русло первых двух ведется сброс сточных вод с очистных городов Слюдянка и Бабушкин, последняя собирает стоки п. Култук. В воде р. Похабиха концентрации ионов аммония достигала 0,29 мг/дм<sup>3</sup> (37% в составе минерального азота), в р. Мысовка его содержание 0,09 мг/дм<sup>3</sup> (69 %), в р. Медлянка – 0,03 мг/дм<sup>3</sup> (5%). В воде

этих трех рек регистрировали и максимальные концентрации фосфора фосфатов (рис. 1.2.6б). Большие концентрации общего фосфора характерные для водоемов с высокой трофностью регистрировались кроме вышеперечисленных в реках Култучная, Селенга, Баргузин, Бугульдейка и Кика.

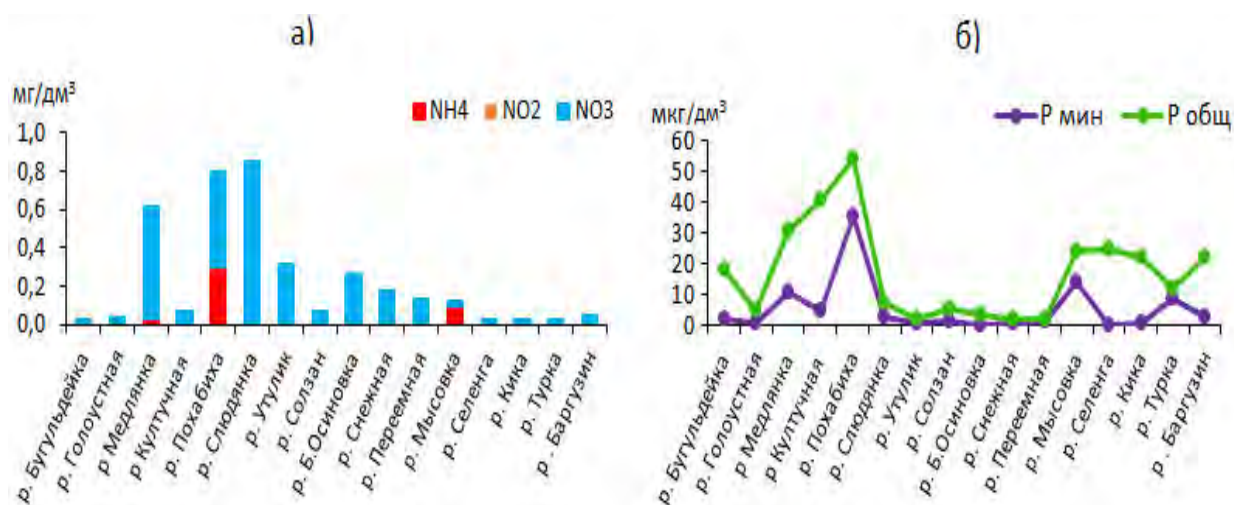


Рисунок 1.2.6 – Содержание разных форм минерального азота (а) и общего и минерального фосфора (б) в воде притоков оз. Байкал, сентябрь 2022 г.

Концентрации кремния в воде притоков изменялись от 3,5 до 7,2 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 1.2.7а). Содержание органического вещества в речных водах было достаточно высокое, окисляемость воды менялась от 0,7 до 3,7 мг/дм<sup>3</sup> – перманганатная и 2–14 мг/дм<sup>3</sup> – бихроматная (рис. 1.2.7б). Высокое содержание общего фосфора и окисляемости объясняется заболоченностью нижнего участка реки.

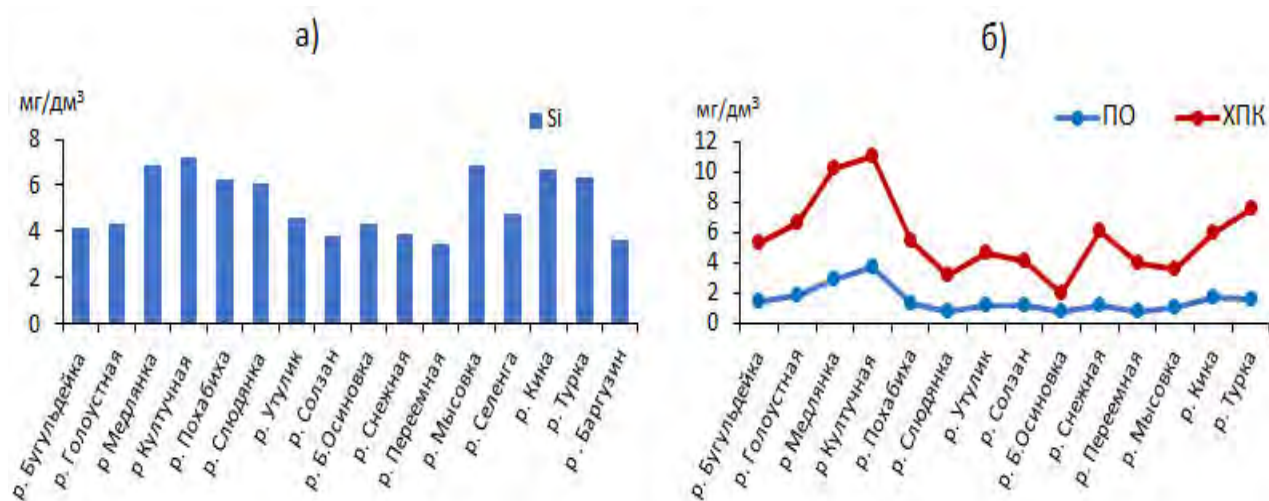


Рисунок 1.2.7 – Содержание кремния (а) и перманганатной и бихроматной окисляемостей (б) в воде притоков оз. Байкал

**Гидрохимическая характеристика прибрежных вод оз. Байкал.** В период исследования рН прибрежной воды изменялась в пределах 7,45–8,49. Величина электропроводности в основном соответствовала таковой в байкальской воде, отличия наблюдали только в районах впадения рек. Так в районе Посольского сора величина электропроводности была 102 мкСм/см что ниже байкальской из-за поступления сюда низкоминерализованных вод р. Б. Речка. В п. Энхалук наблюдается влияние вод р. Селенги, обуславливая здесь увеличение электропроводности прибрежной воды до 157 мкСм/см.

Таблица 1.2.7 – Гидрофизические и гидрохимические параметры в прибрежной воде оз. Байкал, сентябрь 2022 г.

Место отбора		Т, °С	рН	Электропроводность при 25°С, мкСм/см	О <sub>2</sub> , % нас
Южный Байкал	п. Б. Коты	6,9	7,73	124,1	69
	п. Листвянка	10,5	7,99	122,8	88
	п. Култук	5,5	7,45	123,60	69
	г. Слюдянка	8,9	8,49	128,3	99
	п. Утулик	8,8	8,34	127,1	92
	г. Байкальск	9,4	8,29	135,2	90
	п. Солзан	13	8,2	122,7	92
	у р. Б. Осиновка	12,8	8,22	135	92
	п. Выдрино	11,8	7,95	122,7	84
	п. Танхой	12,5	8,11	119,3	91
	г. Бабушкин	11,2	8,18	119,8	89
	Посольский сор	10,8	7,69	102,1	79
Средний Байкал	п. Энхалук	11,5	7,89	157	79
	бух. Ая	9,7	7,91	120,9	90
Пролив Малое море	зал. Гутайский	11,7	8,36	120,9	69
	зал. Загли	11,5	8,28	121,9	88
	бух. Базарная	11,9	8,06	120,8	69
	зал. Зуун-Хагун	12,3	7,9	121,6	99
	зал. Барун-Хагун	12,3	7,89	121,6	92
	центр зал. Мухор	12,1	7,84	119,6	90
	п. Хужир	11,2	7,99	122,5	92
Чивыркуйский залив	с. Монахово	10,8	8,25	123,1	92
	п. Курбулик	11,4	7,88	130,2	84
	бух. Змеёвая	12,1	8,08	127,9	91

Содержание минерального азота в прибрежной воде Байкала ниже, чем в воде притоков. В воде преобладают нитратный азот (от 70 до 100% в составе минерального азота). Концентрации аммонийного азота не превышали 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, нитритного – 0,003 мг/дм<sup>3</sup>. Южная оконечность озера (от п. Култук до п. Солзан) отличается более высокими концентрациями азота в прибрежной, чем в другие районах озера в первую очередь за счет

поступления этого компонента с речными водами (рис. 1.2.8а). Содержание минерального фосфора в прибрежной воде в основном не превышало 2 мкг/дм<sup>3</sup>. Повышение его концентраций до 6–8 мкг/дм<sup>3</sup> в районах поселков Култук, Хужир и Энхалук, вероятно, обусловлено антропогенным поступлением с берега. По содержанию общего фосфора прибрежные воды в основном характеризуются как олиготрофные. В п. Листвянка, Посольском соре, в бухтах Малого моря и Чивыркуйского залива концентрации Р<sub>общ</sub> соответствуют таковым для мезотрофных, а в п. Энхалук для эвтрофных водоемов (рис. 1.2.8б). Район п. Энхалук находится под влиянием вод р. Селенги с высоким содержанием фосфора, кремния и органики, что является причиной обогащения прибрежных вод этими компонентами.

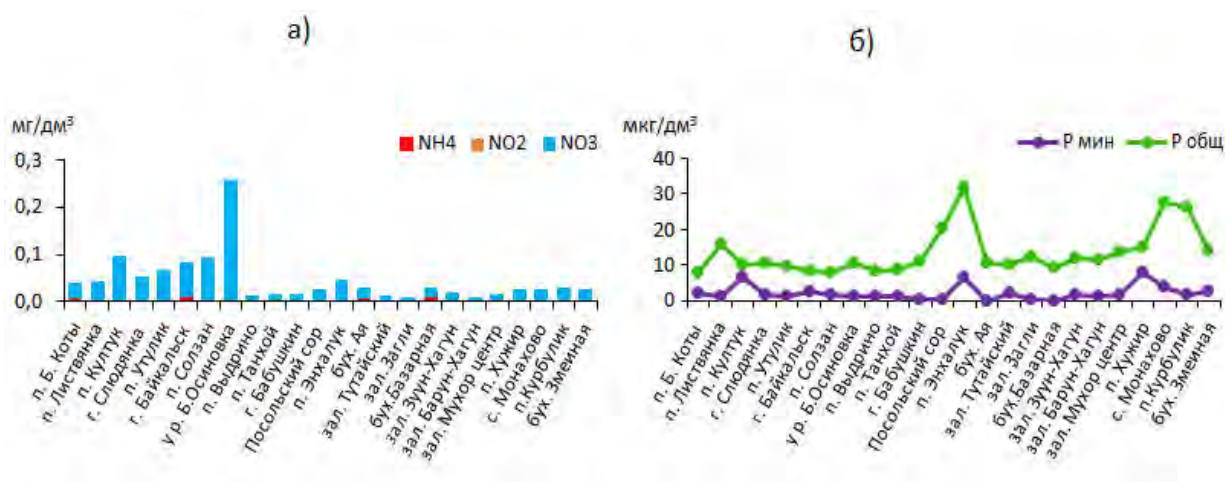


Рисунок 1.2.8 – Содержание разных форм минерального азота (а) и общего и минерального фосфора (б) в прибрежной воде оз. Байкал

Содержание кремния в прибрежной воде ниже, чем в воде притоков и повышенные его концентрации также указывает на влияние речных вод в этих районах озера (рис. 1.2.9а). Повышенное содержание общего органического вещества (ХПК) в прибрежной воде приурочено к сора и заливам (рис. 1.2.9б).

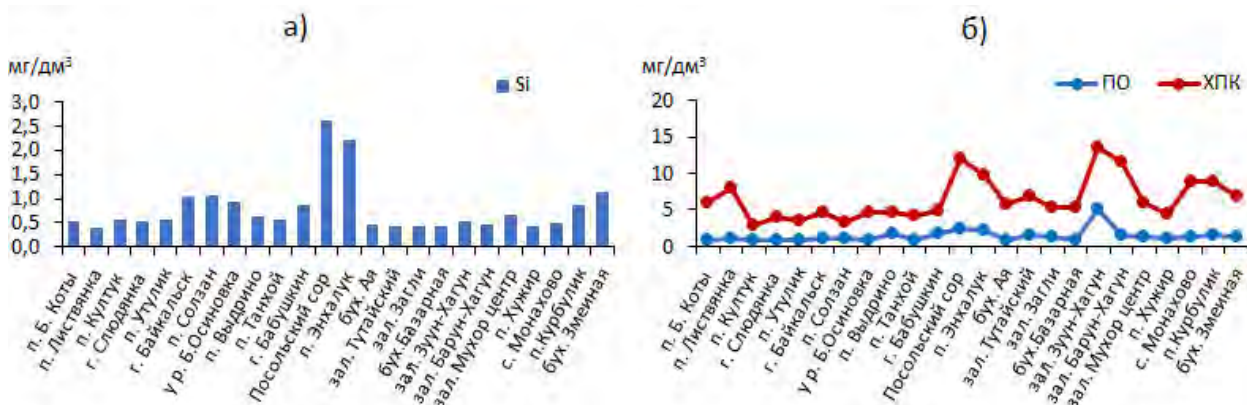


Рисунок 1.2.9 – Содержание кремния (а) и перманганатной и бихроматной окисляемостей (б) в прибрежной воде оз. Байкал



### 1.2.3 Влияние колебаний уровня воды на гидрохимические показатели прибрежной зоны по профилю «интерстициальная – приурезовая – поверхностная вода на расстоянии 100 м от берега»

Минимальные значения уровня Байкала приурочены к началу мая, максимальные – концу сентября. Однако за последнее десятилетие мы наблюдали нарушение этих привычных для обитателей прибрежных биоценозов условий. Длительное маловодье на основных притоках озера привело к снижению водного стока байкальских рек, и как результат, понижению уровня озера в 2015–2017 гг. Увеличение количества осадков в бассейне в 2018–2019 гг. обусловило восстановление водности Байкала до средних значений, а высокие летне-осенние паводки на р. Селенге и других притоках в 2020–2021 гг. стали причиной повышения уровня озера до максимальных за последние 25 лет величин (рис. 1.2.10). Такие значительные колебания уровня (более 1,5 м) очевидно оказывают большое влияние на экологию байкальского мелководья, в том числе на поступление загрязняющих веществ с берега в прибрежную зону озера, особенно в районах населенных пунктов. Увеличение антропогенной нагрузки на побережье оз. Байкала в последнее десятилетие уже стало основной причиной экологического кризиса, развивающегося в его мелководной зоне и приведшего к массовому развитию не типичных для озера видов водорослей (спирогира, сине-зеленые), вытеснению и вымиранию эндемических байкальских видов [28–30]. Поступление с берега при затоплении пониженных участков побережья загрязняющих веществ и биогенных элементов, в первую очередь азота и фосфора, приведет к дальнейшему ухудшению качества прибрежной воды и повышению трофности мелководных районов.

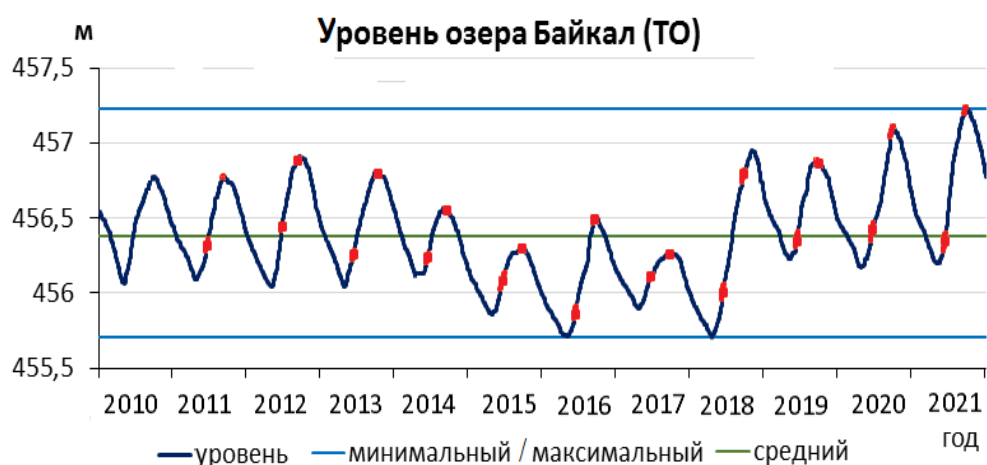


Рисунок 1.2.10 – Изменение уровня оз. Байкал, среднее и экстремальные значения, 2010–2021 гг. Красные точки – уровень озера во время отбора проб



Для оценки влияния внутригодовых и межгодовых изменений уровня озера Байкал на содержание химических компонентов в прибрежной воде проанализированы результаты ежегодных исследований 2011–2021 гг, проводимых на 21 станции в разных районах озера (рис. 1.2.11). Пробы отбирали во второй декаде июня (подъем уровня после минимальных значений) и второй–третьей декаде сентября (годовой максимум водности озера). Уровень Байкала во время проведения исследований выделен красным цветом. На каждой станции отобраны пробы интерстициальной воды в зоне заплеска (из лунки в 1 м выше уреза), прибрежной воды на урезе и поверхностной воды в 100 м от берега. В пробах проанализированы суммарное содержание ионов солевого состава, концентрации минеральных и органических форм азота и фосфора, органический углерод.

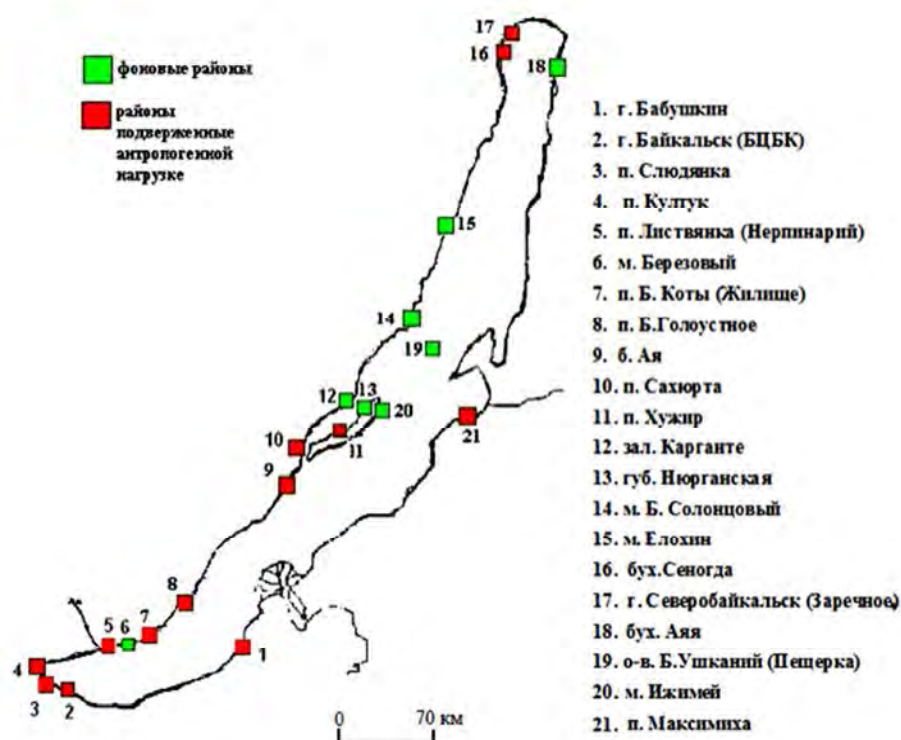


Рисунок 1.2.11 – Карта-схема станций отбора проб интерстициальной и прибрежной воды

Анализ полученных данных показал, что **суммарное содержание ионов** в интерстициальных водах байкальских пляжей изменялось в широких пределах от 75 до 1200 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 1.2.12). Максимальные величины наблюдались на южном побережье озера в районе г. Слюдянка и пос. Култук, на западном побережье от пос. Большое Голоустное до о-ва Ольхон (станции 9, 10, 11) и в районе г. Северобайкальска (станции 16, 17). В июне при низком уровне озера концентрации ионов в воде лунок, в основном, выше, что связано с преобладанием в зоне заплеска грунтовых вод. В байкальской воде, как на урезе, так и в 100 м от берега концентрации ионов были существенно ниже (61–134 мг/дм<sup>3</sup>). В июне на формирование химического состава воды в прибрежной зоне

оказывали влияние притоки, впадающие в озеро в непосредственной близости от станций отбора. Водность рек в этот период максимальна, и они либо распресняли воды мелководья, как р. Тья в районе г. Северобайкальска, либо увеличивали минерализацию прибрежных вод, как р. Голоустная (рис. 1.2.12). В сентябре речные воды в районах отбора проб не регистрировались, суммарное содержание ионов в прибрежной воде и в 100 м от берега соответствовало таковому в воде Байкала (95–99 мг/л). В это время на урезе концентрации ионов воде оставались повышенными, что связано с поступлением более минерализованных грунтовых вод с берега.

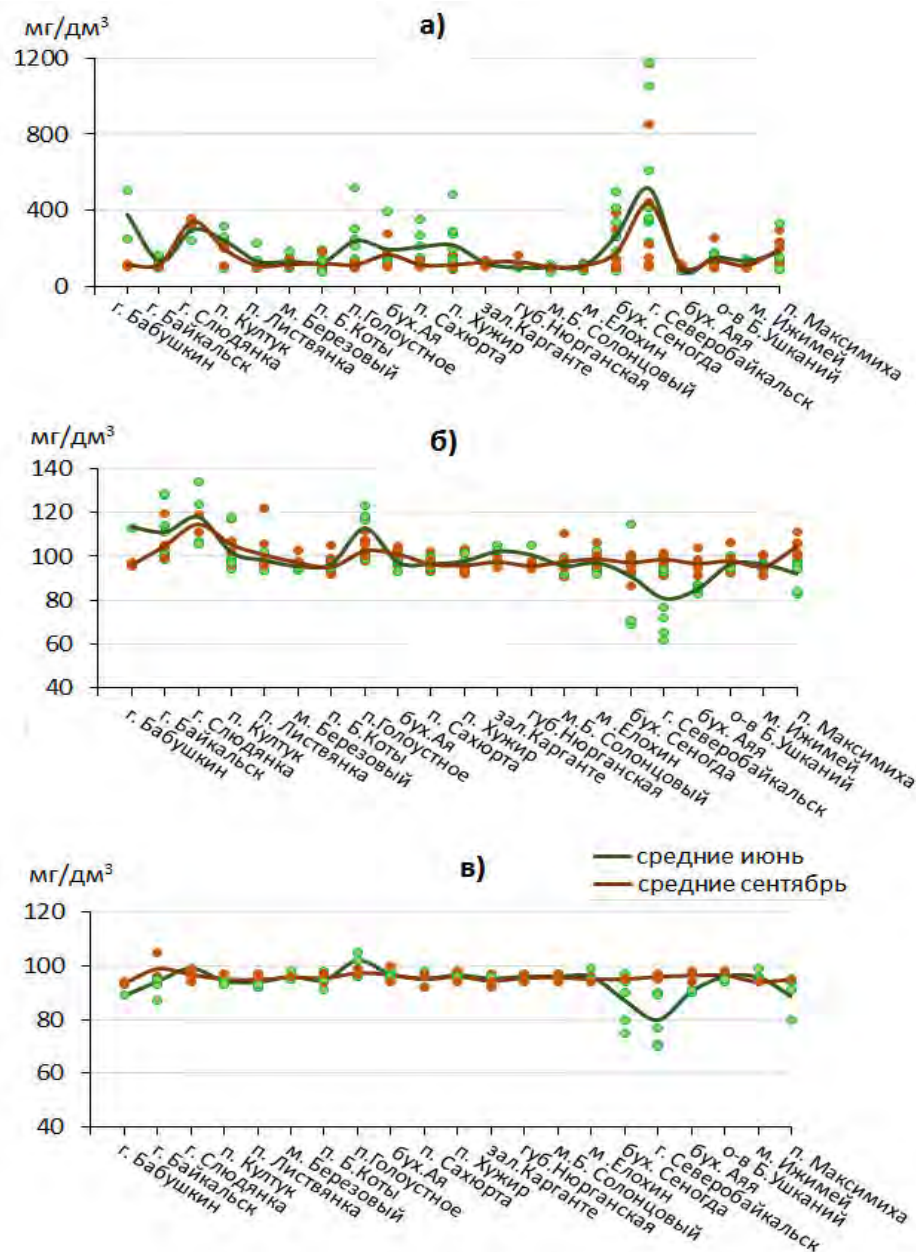


Рисунок 1.2.12 – Суммарное содержание ионов в воде оз. Байкал в июне (зеленый маркер) и сентябре (оранжевый маркер) 2011–2021 гг.: а) – интерстициальная, б) – приурезовая, в) – поверхностная вода на расстоянии 100 м от берега. Средние рассчитаны для периодов низкой (июнь) и высокой (сентябрь) водности озера

Сравнение межгодовых данных, полученных для периодов с низкой (2015–2017 гг.) и высокой (2019–2021 гг.) водностью озера, не позволило выявить значимых различий в относительном составе ионов и их содержании в прибрежной воды (таблица 1.2.8). Исключение – район впадения р. Тья, где в июне высокий уровень озера значительно ослабил влияние низкоминерализованных речных вод на мелководье, что привело к увеличению минерализации в прибрежной воде на 20–25 мг/дм<sup>3</sup> (станции 16, 17).

Таблица 1.2.8 – Среднее суммарное содержание ионов (мг/дм<sup>3</sup>) в прибрежной воде (урез) оз. Байкал в периоды с низким и высоким уровнем озера

Станции	Маловодный период 2015–2017 гг.		Высокая водность 2019–2021 гг.	
	июнь	сентябрь	июнь	сентябрь
пос. Листвянка	98	96	<b>99</b>	97
пос. Большие Коты	94	95	96	98
пос. Б. Голоустное	112	103	<b>114</b>	103
пос. Сахюртэ	97	94	97	96
пос. Хужир	97	97	<b>99</b>	95
мыс Большой Солонцовый	93	<b>99</b>	97	96
бухта Сеногда	77	98	<b>103</b>	96
г. Северобайкальск	66	98	88	<b>99</b>
о-в Б. Ушканий	95	95	96	<b>98</b>

**Содержание фосфатного фосфора** в интерстициальной воде в период исследований изменялось от нулевых значений до 170 мкг/дм<sup>3</sup>. В основном, повышенные значения Р<sub>мин</sub> в воде лунок наблюдались в июне и являлись результатом разложения переотложенного на берегу детрита. Высокие концентрации фосфатов, отмеченные в сентябре для пляжей в поселках Култук, Листвянка, Большое Голоустное, и г. Северобайкальск, указывают на антропогенное загрязнение побережья этих районов. В байкальской воде, в приурезовой и на расстоянии 100 м от берега концентрации фосфатов были на порядок ниже, чем в интерстициальной воде (рис. 1.2.13). Отмечено, что в июне концентрации фосфатного фосфора в прибрежной воде, как правило, выше, чем в сентябре, что обусловлено поступлением фосфатов с берега при сезонном поднятии уровня озера в мае–июне. Снижение в сентябре, вероятно, связано с интенсивным потреблением фосфора фитопланктоном и фитобентосом в августе–сентябре (рис. 1.2.14).

Сравнение содержания минерального фосфора в прибрежной воде в межгодовом аспекте не показало связи с уровнем озера. Высокие концентрации фосфатов в июне наблюдались как в период с низкой водностью (2015–2017 гг.), так и в многоводные годы (2019–2021 гг.) (таблица 1.2.9). В сентябре при максимальной водности озера увеличения

концентраций фосфатов в прибрежной воде, как правило, не регистрировалось. Повышенное его содержание в районе пос. Хужир может быть связано с высокой туристической нагрузкой в летне-осенний период.

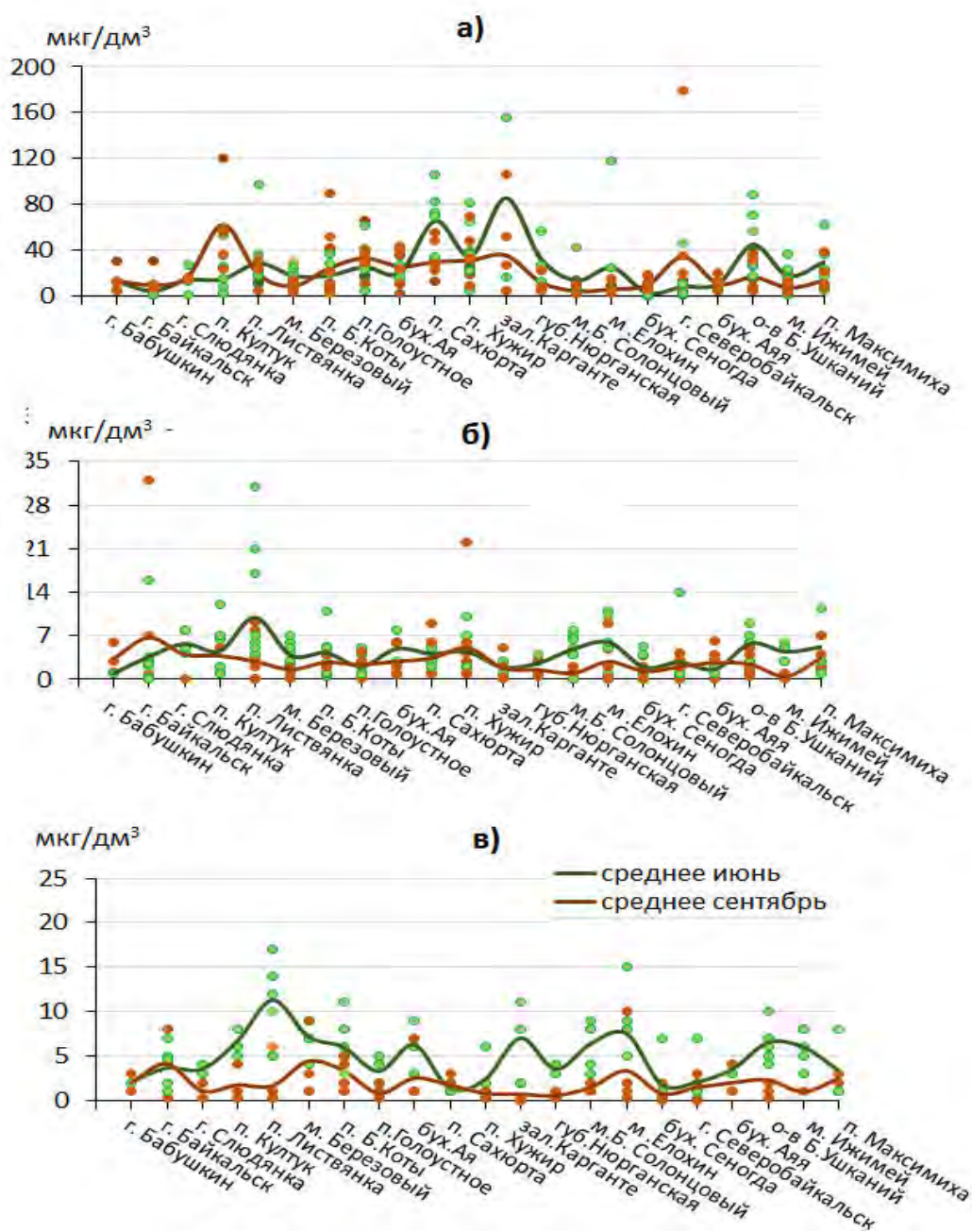


Рисунок 1.2.13 – Содержание фосфатного фосфора в воде оз. Байкал в июне (зеленый маркер) и сентябре (оранжевый маркер) 2011–2021 гг.: а) – интерстициальная, б) – приуезовая, в) – поверхностная вода на расстоянии 100 м от берега. Средние рассчитаны для периодов низкой (июнь) и высокой (сентябрь) водности озера

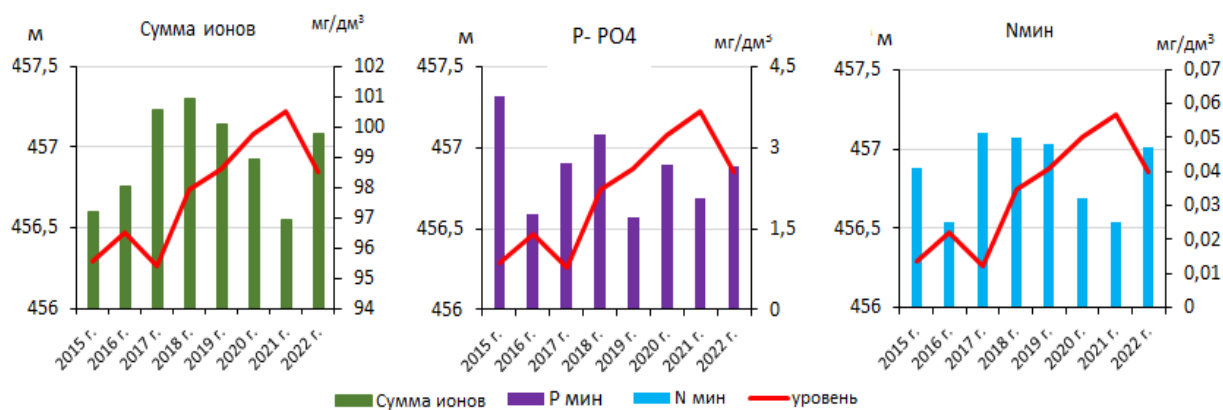


Рисунок 1.2.14 – Межгодовая динамика средних по 20 станциям суммарного содержания ионов, концентраций минерального азота и фосфора в прибрежной воде и уровень озера Байкале в сентябре 2015–2022 гг.

Таблица 1.2.9 – Средние концентрации минерального фосфора ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в прибрежной воде (урез) оз. Байкал в периоды с низким и высоким уровнем озера

Станции	Маловодный период 2015–2017 гг.		Высокая водность 2019–2021 гг.	
	июнь	сентябрь	июнь	сентябрь
пос. Листвянка	4	1	<b>14</b>	1
пос. Большие Коты	4	2	<b>6</b>	4
пос. Б.Голоустное	2	3	2	3
пос. Сахюртэ	<b>6</b>	1	3	3
пос. Хужир	4	3	4	<b>8</b>
мыс Б. Солонцовый	<b>6</b>	1	4	1
бухта Сеногда	<b>2</b>	1	1	1
г. Северобайкальск	1	2	1	2
о-в Б.Ушканий	<b>8</b>	3	5	3

Суммарное содержание **минеральных форм азота** (аммонийной, нитратной и нитритной) в интерстициальной воде варьировало в широких пределах от 0,02 до 19  $\text{мг/дм}^3$  в июне и от 0,01 до 11  $\text{мг/дм}^3$  в сентябре. В июне на 25–30% пляжей в интерстициальной воде при низком содержании растворенного кислорода (0–35% нас.) и высоком содержании органического вещества (ХПК до 31  $\text{мгС/дм}^3$ ) преобладал аммонийный азот в достаточно высоких концентрациях (до 12  $\text{мг/дм}^3$ ). В воде лунок на остальных пляжах в июне и практически на всех в сентябре в воде преобладал нитратный азот. Исключение составляют пляжи в районе г. Северобайкальска (станции 16, 17), где круглогодично в интерстициальной воде преобладает аммонийный азот, что обусловлено анаэробными условиями, возникающими под постоянно присутствующими на побережье скоплениями разлагающегося детрита. Кроме Северобайкальска, высокие значения

минерального азота в интерстициальных водах зарегистрированы на пляжах в районах Слюдянки, Култук, Листвянки, Хужира и Максимихи (рис. 1.2.15).

В воде озера суммарное содержание минерального азота в период исследования на урезе изменялось от 0,01 до 0,90 мг N/дм<sup>3</sup>, а в 100 м от берега не превышало 0,20 мг/дм<sup>3</sup>. Как и для фосфатного фосфора концентрации азота в июне выше, чем в сентябре, что обусловлено как динамикой содержания этих компонентов в байкальских водах, так и поступлением с берега при сезонном повышении уровня озера. Полагаем, основной причиной снижения концентраций азота в прибрежной воде к сентябрю является биоаккумуляция. Однако в приурезовой зоне концентрации оставались высокими в течении всего лета, а в отдельных районах, таких как пос. Култук, бухты Ая и Сеногда, сентябрьские концентрации азота превышали июньские. В этих районах в прибрежной воде регистрировали высокие концентрации аммонийного азота (до 0,04 мг N/дм<sup>3</sup>). Как и для минерального фосфора однозначно выявить связь повышения концентрации минерального азота в прибрежной воде с межгодовыми колебаниями уровня озера не удалось. В маловодные годы (2015–2017 гг.), и в годы, когда уровень озера был выше среднемноголетних величин (2019–2020 гг.), максимальные концентрации  $N_{\text{мин}}$  наблюдались в июне, когда внутригодовые значения уровня озера минимальны или его рост только начинается (таблица 1.2.10).

Однако, возможно именно высокие июньские концентрации, отмеченные на отдельных станциях в 2019–2021 гг., являются косвенным признаком увеличения продуктивности фитобентоса в предшествующем году, причиной которого могло быть дополнительное поступление биогенных элементов при сентябрьском подтоплении береговой полосы.



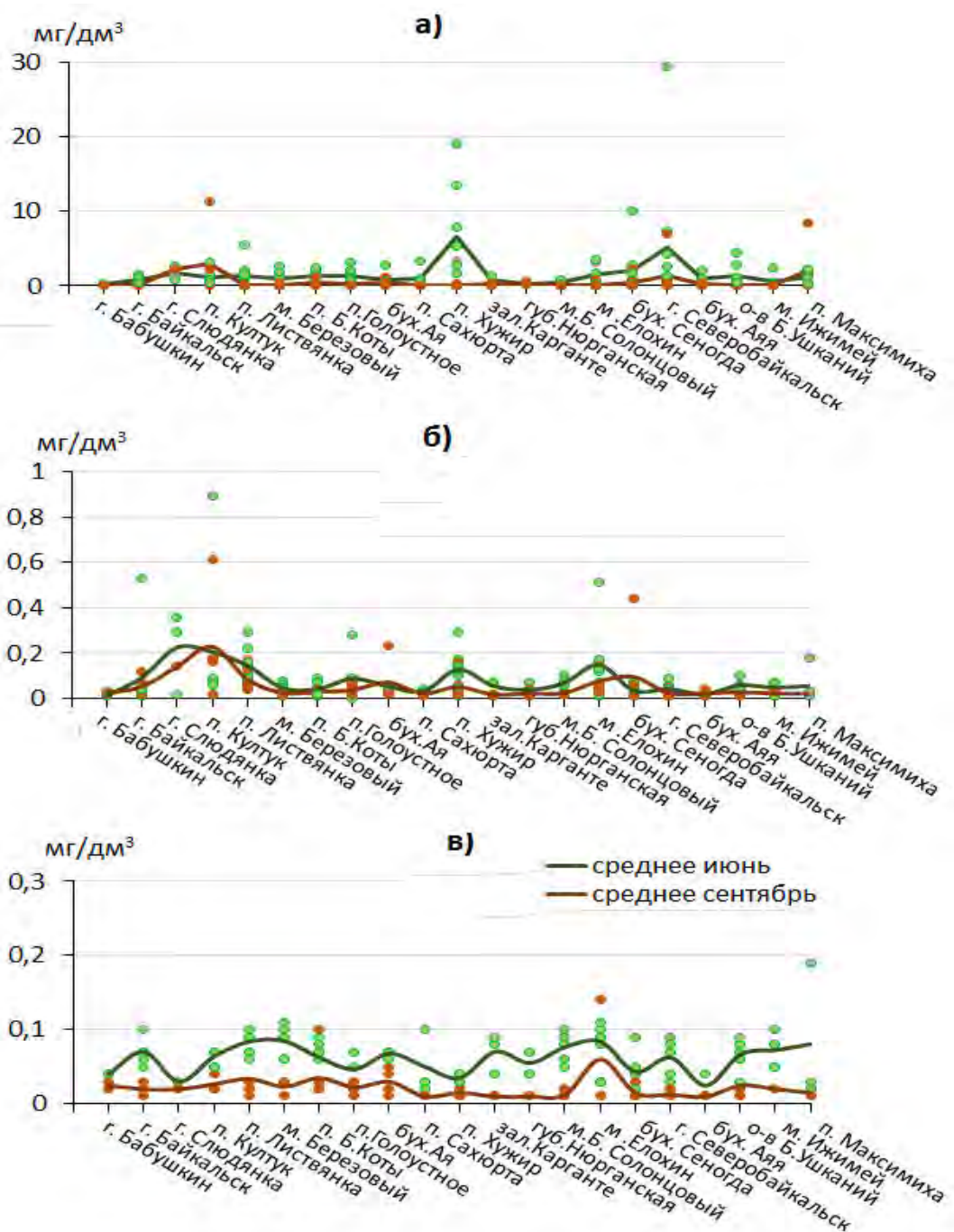


Рисунок 1.2.15 – Содержание минерального азота ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) в воде оз. Байкал в июне (зеленый маркер) и сентябре (оранжевый маркер) 2011–2021 гг.: а) – интерстициальная, б) – приуезовая, в) – поверхностная вода на расстоянии 100 м от берега. Средние рассчитаны для периодов низкой (июнь) и высокой (сентябрь) водности озера



Таблица 1.2.10 – Средние концентрации минерального азота (мг/дм<sup>3</sup>) в прибрежной воде (урез) оз. Байкал в периоды с низким и высоким уровнем озера

Станции	Маловодный период 2015–2017 гг.		Высокая водность 2019–2021 гг.	
	июнь	сентябрь	июнь	сентябрь
пос. Листвянка	0,15	0,07	<b>0,18</b>	0,05
пос. Б.Коты	0,03	0,02	<b>0,05</b>	0,03
пос. Б. Голоустное	0,05	0,03	<b>0,13</b>	0,04
пос. Сахюртэ	0,03	0,02	0,03	0,02
пос. Хужир	<b>0,13</b>	0,09	0,10	0,03
мыс Б. Солонцовый	<b>0,08</b>	0,02	0,05	0,02
бухта Сеногда	0,02	0,02	0,03	0,03
г. Северобайкальск	0,03	0,02	<b>0,05</b>	0,01
о-в Б. Ушканий	<b>0,06</b>	0,03	0,05	0,03

Анализ полученных результатов показал, что снижение содержания минеральных форм азота и фосфора в результате биоаккумуляции приводит к увеличению содержания органического вещества и накоплению в воде органических соединений азота и фосфора. Исследования показали, что концентрации Рорг и Норг в прибрежной воде значительно выше, чем Рмин и Нмин, особенно в районах с высокой антропогенной нагрузкой. Полагаем, именно поэтому отмечено практически полное отсутствие фосфатов, нитратов и аммония в районе г. Северобайкальска (станции 16, 17), здесь с 2011 г. прибрежные воды и берег загрязнены тоннами выбрасываемых водорослей. При этом содержание органического вещества и органических форм азота и фосфора в приурезовой воде на этом участке значительно выше, чем в других районах озера.

Максимальные концентрации органических веществ, как и минеральных, были характерны для июня. В 2017 г. накопление органических компонентов в прибрежной воде озера, в основном, было выше, чем в многоводном 2021 г. (таблица 1.2.11).

Таблица 1.2.11 – Сравнение содержание органических форм азота и фосфора и общей органики (по ХПК) в приурезовой воде некоторых станций в условиях низкого (2017 г.) и высокого (2021 г.) уровня озера

Станции	Р орг, мкг/дм <sup>3</sup>				N орг, мг/дм <sup>3</sup>				С орг, мг/дм <sup>3</sup>			
	2017 г.		2021 г.		2017 г.		2021 г.		2017 г.		2021 г.	
	Июн.	Сент.	Июн.	Сент.	Июн.	Сент.	Июн.	Сент.	Июн.	Сент.	Июн.	Сент.
пос. Большое Голоустное	10	12	6	<b>15</b>	<b>0,50</b>	0,18	0,13	0,18	<b>3,4</b>	1,7	2,1	2,2
пос. Хужир	<b>26</b>	15	15	10	<b>0,48</b>	0,13	0,15	0,07	<b>2,5</b>	1,2	1,6	1,7
мыс Большой Солонцовый	<b>14</b>	14	6	4	<b>0,21</b>	0,04	0,10	0,08	<b>2,9</b>	2,8	1,8	2,7
мыс Елохин	6	<b>27</b>	9	16	<b>0,29</b>	0,12	0,11	0,12	1,1	1,5	<b>2,3</b>	1,5
бухта Сеногда	<b>59</b>	13	15	26	<b>0,73</b>	0,26	0,19	0,15	2,7	3,0	<b>3,4</b>	2,6
г. Северобайкальск	<b>178</b>	10	70	99	<b>3,15</b>	0,19	0,45	1,32	<b>6,0</b>	1,7	4,8	5,0

Таким образом, исследования, выполненные в июне и сентябре, выявили зависимость содержания химических компонентов в воде заплесковой зоны и прибрежной воде озера Байкал от внутригодовых изменений уровня. В июне, при низком уровне озера **в интерстициальной воде заплесковой зоны**, наблюдались максимальные концентрации ионов солевого состава, минеральных и органических форм биогенных элементов. В первую очередь это связано с трансформацией большого количества переотложенной в грунте органики, выброшенной штормами и захороненной на побережье при снижении уровня озера в осенне-зимний период. Кроме того, весной активизируется грунтовое питание и поступление с берега высокоминерализованных вод, зачастую обогащенных соединениями азота и фосфора антропогенного происхождения. **В прибрежной воде озера** высокие концентрации химических компонентов также характерны для июня. При постепенном повышении уровня озера в прибрежную воду поступают минеральные и органические вещества из затапливаемого грунта. В районах впадения рек близлежащие мелководья дополнительно обогащаются органикой и биогенными элементами, выносимыми с весенним половодьем. Потребление биогенных элементов фитобентосом и фитопланктоном приводит к снижению содержания этих компонентов в прибрежной воде озера, к сентябрю концентрации этих компонентов обычно снижаются до минимума. Однако в районах, испытывающих антропогенную нагрузку, концентрации азота и фосфора в приурезовой воде остаются достаточно высокими в течение всего вегетационного периода в результате постоянного поступления этих компонентов с берега.

Однозначных доказательств повышения содержания химических компонентов в прибрежной воде Байкала в периоды с низким (2015–2017 гг.) или высоким (2019–2021 гг.) уровнем озера установить не удалось. Для этих периодов наблюдалась схожая внутригодовая динамика химически компонентов и близкие уровни концентраций в воде. Вероятно, в годы с экстремально высокой водностью, поступающие при затоплении пониженных участков берега в воду соединения азота и фосфора достаточно быстро вовлекаются в биологический оборот, что приводит к еще большему увеличению биомассы водорослей и планктона на мелководьях озера. В таком случае отложенный эффект от затопления береговой полосы в 2019–2021 гг. в виде вторичного загрязнения этими компонентами и повышения трофности мелководных участков озера проявится в ближайшие несколько лет.

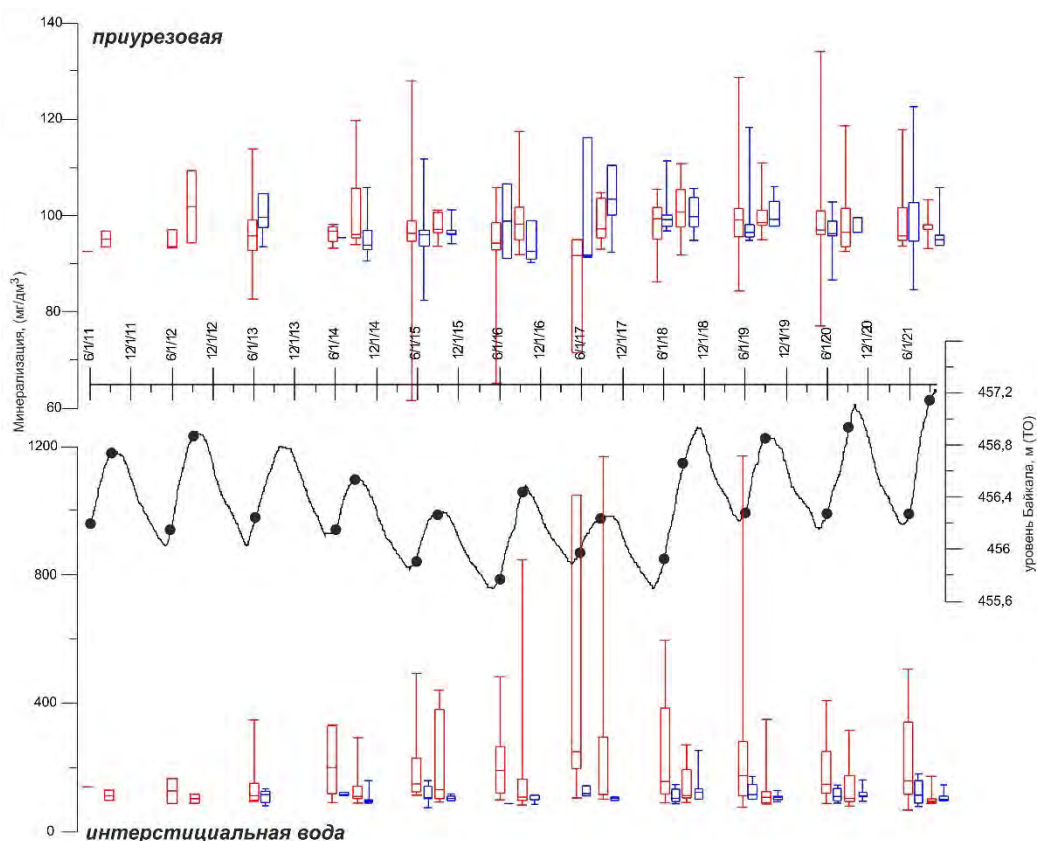


Рисунок 1.2.16 – Содержание ионов в интерстициальной и приурезовой воде Байкала в июне и сентябре 2011–2021 гг. Красным отмечены районы с антропогенной нагрузкой, синим – фоновые

В целом, можно констатировать, что приурезовая и интерстициальная вода в местах с антропогенной нагрузкой более минерализована, по сравнению с фоновыми районами. Между тем не отмечается прямой зависимости между годовыми колебаниями уровня и минерализацией этих вод (рис. 1.2.16). Вернее, можно говорить об общей тенденции, так вода «низкого уровня» в июне более минерализована, чем «высокого уровня» в сентябре. При этом, наибольше минерализацию вод вызвал низкоуровневый период 2014–2017 гг. Особенно это сказалось на минерализации интерстициальных вод, по причине того, что деструкция береговых выбросов детрита проходила вблизи приурезовой зоны.

Минимальные значения минерализации при максимальном сентябрьском уровне 2021 г. могут свидетельствовать об том, что при подъеме уровня на «новые» территории, ранее не находившимися под водой не вызывают интенсивное выщелачивание почв и обогащение воды приурезовой зоны.

#### 1.2.4 Количественное определение физико-химических компонентов (рН, электропроводимость, взвешенное вещество, кислород, главные ионы, биогены, органическое вещество), фито, зоо, бактериопланктона в зонах смешивания и подпора речных вод Селенги, Баргузина, Верхней Ангары, Голоустной, Бугульдейка при разном уровненом режиме оз. Байкал

Исследования, выполненные ранее в местах впадения крупных притоков (Селенга, Баргузин, В.Ангара) показали, что в зависимости от гидрологических и гидрофизических условий зона речных (или смешанных) вод может занимать или узкую прибрежную полосу, или простираться глубоко в открытое озеро [31–34]. Наибольшая площадь распространения речных вод наблюдается во время летних паводков. В осенне-зимний период при низкой водности рек зона смешения регистрируется на небольшом расстоянии от устьев притоков. Важную роль в формировании пространственного расположения речного плюма играют морфология дна, скорости и направления кругобайкальских течений. В безледный период на положение зоны смешения оказывают влияние направление, сила и продолжительность ветровых явлений. Кроме того, дальность и глубина распространения речных вод, а также скорость их перемешивания в толще озерных определяется термогидрологическими процессами (термобар, термоклин и др.) [35, 36].

Изменения водного стока и уровня озера определяют особенности гидролого-гидрофизических и гидрохимических процессов в зонах смешения речных и озерных вод. Так длительное маловодье на основных притоках озера привело к снижению водного стока байкальских рек, и как результат, к понижению уровня озера в 2015–2017 гг. Увеличение количества осадков в бассейне в 2018–2019 гг. обусловило повышение уровня до средних значений, а высокие летне-осенние паводки на р. Селенге и других притоках в 2020–2021 гг. способствовали повышению уровня Байкала до максимальных величин за последние 25 лет (выше 457 м по ТО).

С целью изучения влияния внутригодового и межгодового колебания уровня озера на химико-биологические характеристики воды в приустьевых участках притоков и в зонах смешения «река–оз. Байкал» в весенне-осенний период 2022 г. проведены комплексные исследования по различным показателям. Исследования проводились в мае при значениях уровня близких к годовому минимуму (**456,37 м**) и в сентябре при максимальном в 2022 г. уровне озера (**456,85 м**). По схеме, представленной на рис. 1.2.17, были обследованы озерные участки устьевых областей (мелководья) основных притоков озера – рр. Селенга, Баргузин и двух небольших притоков западного побережья – рр.

Бугульдейка, Голоустная С помощью многопараметрического зонда JFE-Rinko от поверхности до дна измеряли температуру воды, величину электропроводности, концентрацию хлорофилла *a*.

Пробы воды на гидрохимический и гидробиологический анализ отбирали батометром с поверхности и у дна. Для сравнения межгодовых особенностей формирования зон смешения река-озеро при разных условиях водности в отчете представлены данные за июль 2016 и 2021 гг., полученные для приустьевых участков рек Верхняя Ангара и Баргузин (рис. 1.2.17).

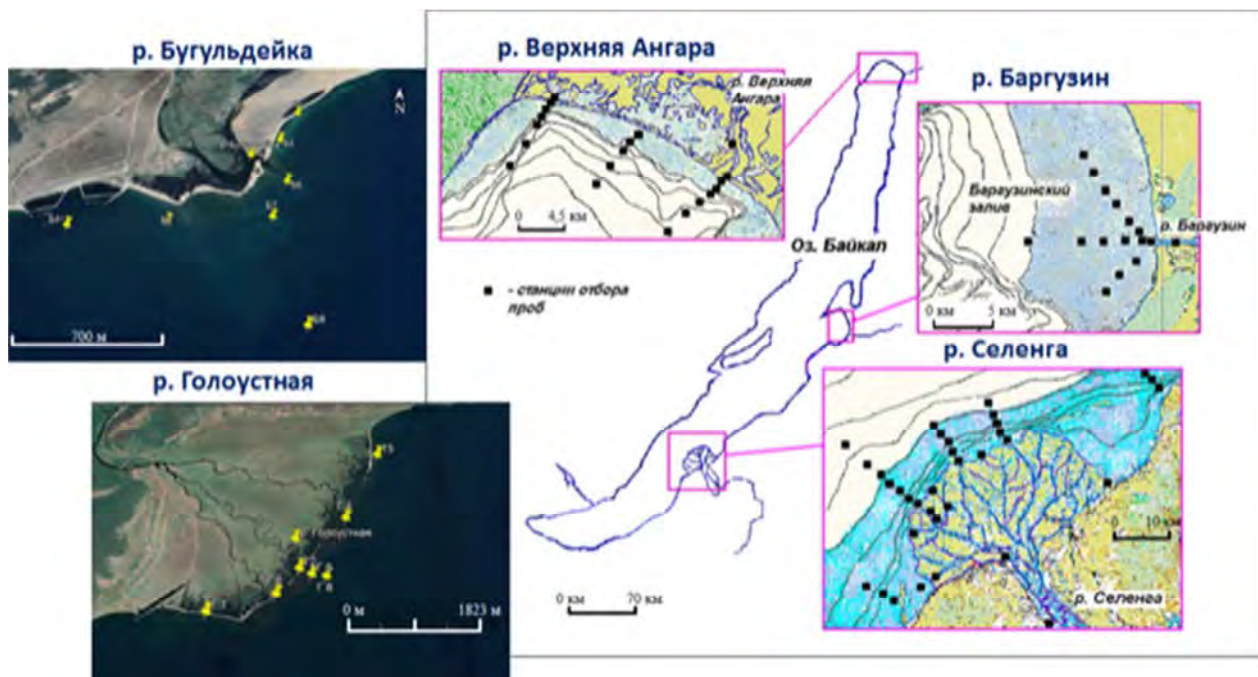


Рисунок 1.2.17 – Схема отбора проб

#### 1.2.4.1 Особенности распределения химических и биологических компонентов на приустьевых мелководьях притоков Байкала при низком годовом уровне озера (456,37 м) в мае 2022 г.

Весной поступление с водосбора снеговых вод приводит к повышению в речных водах концентраций аммонийного азота, органических веществ и к снижению концентраций основных ионов. В мае половодье наблюдалось только на р. Баргузин, на остальных реках по содержанию химических компонентов условия характеризовались как меженные (таблица 1.2.12). Содержание взвешенного вещества в устьях рек (кроме р. Баргузин) на период съемки было низким и также соответствовало меженному периоду: Бугульдейка 1,0 г/м<sup>3</sup>, Голоустная 1,4 г/м<sup>3</sup>, Селенга (протока Харауз) 11,2 г/м<sup>3</sup>. В устье р. Баргузин содержание взвешенного вещества отражало наличие половодья и составило 17,4 г/м<sup>3</sup>.

Таблица 1.2.12 – Химический состав воды притоков оз. Байкал, 23-25 мая 2022 г.

Река	Т, °С	рН	O <sub>2</sub>	Si	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Сумма ионов	ХПК
р. Селенга (прот. Харауз)	18,8	8,5	10,1	3,4	<0,01	<0,003	0,28	0,005	155	22
р. Баргузин	14,0	7,8	8,33	3,9	0,05	0,010	0,58	0,026	98	25
р. Голоустная	10,6	7,9	8,89	3,1	0,02	<0,003	0,24	0,005	158	15
р. Бугульдейка	13,3	8,6	11,2	2,9	<0,01	<0,003	0,22	0,005	282	7,4

Снижение скорости речного потока и разница температур между водами р. Селенги (18,8 °С) и байкальскими (около 2,5 °С) в мае обусловили формирование на мелководье гидродинамического барьера (термобара), который препятствовал свободному прохождению речных вод на акваторию Селенгинского мелководья, и они распространялись вдоль береговой линии. В период исследования напротив самой крупной дельтовой протоки Харауз фронт термобара располагался на расстоянии 5 км от устья (рис. 1.2.18а). Высокоминерализованные селенгинские воды с высоким содержанием кремния регистрировались от устья протоки до фронта термобара, далее значения химических компонентов соответствовали байкальским (рис. 1.2.18б, 1.2.20). Напротив других проток дельты (Средняя, Колпинная) ширина зоны смешанных вод не превышала двух километров. Прижимаемые термобаром, увлекаемые струей кругобайкальского течения на северо-восток мутные речные воды регистрировались далеко за пределами мелководья (рис. 1.2.19а). У пос. Сухая ширина смешанных вод с суммарным содержанием ионов 111 мг/дм<sup>3</sup> и концентрацией кремния 1,17 мг/дм<sup>3</sup> составляла около километра.



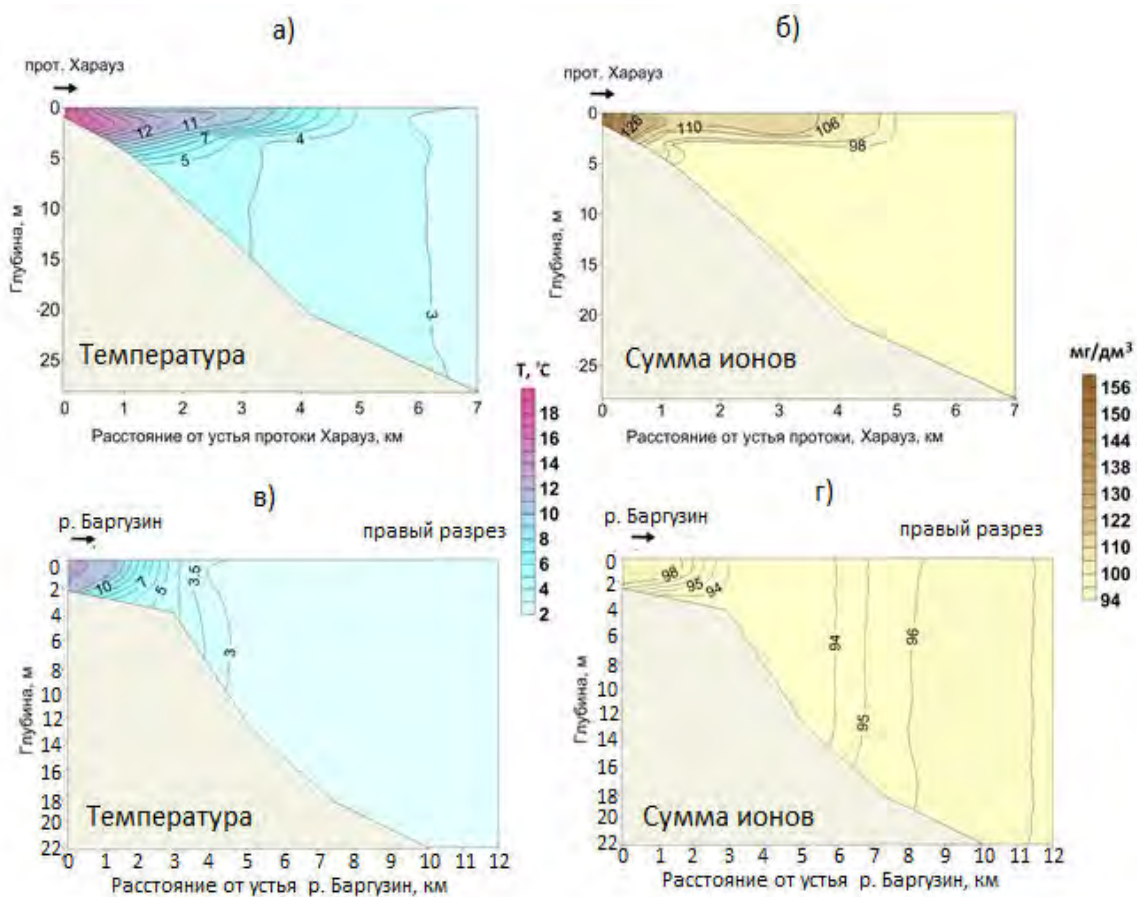


Рисунок 1.2.18 – Распределение температуры и суммарного содержания ионов в зонах смешения рек Селенга (а, б), Баргузин (в, г), май 2022 г.

Наибольшая концентрация взвешенных веществ на мелководье р. Селенги у протоки Харауз в поверхностном слое воды отмечалась в пределах глубин около 5 м (1 км от берега) и достигала 3,9 г/м³. Далее происходило осаждение взвешенных частиц и постепенное снижение их концентрации в воде с увеличением глубин. Так, в 5 км от берега (глубина 34 м) концентрация взвеси уменьшилась до 2,1 г/м³.



(а)



(б)

Рисунок 1.2.19 – Фронт термобара на Селенгинском мелководье (25 мая) и ледовые поля в Баргузинском заливе (23 мая), 2022 г.



Быстрое прогревание речных вод способствовало интенсивному развитию фитопланктона, биомасса которого в Селенге (протока Харауз) достигла 4400 мг/м<sup>3</sup>. В речной воде доминировали представители криптофитовых, диатомовых и зеленых водорослей. На мелководье биомасса фитопланктона в пределах зоны смешанных вод оставалась достаточно высокой 2250–2600 мг/м<sup>3</sup>. На этом участке мелководья в результате биоаккумуляции отмечалось снижение концентраций нитратов и фосфатов (рис. 1.2.20, 1.2.21б, 1.2.21в).

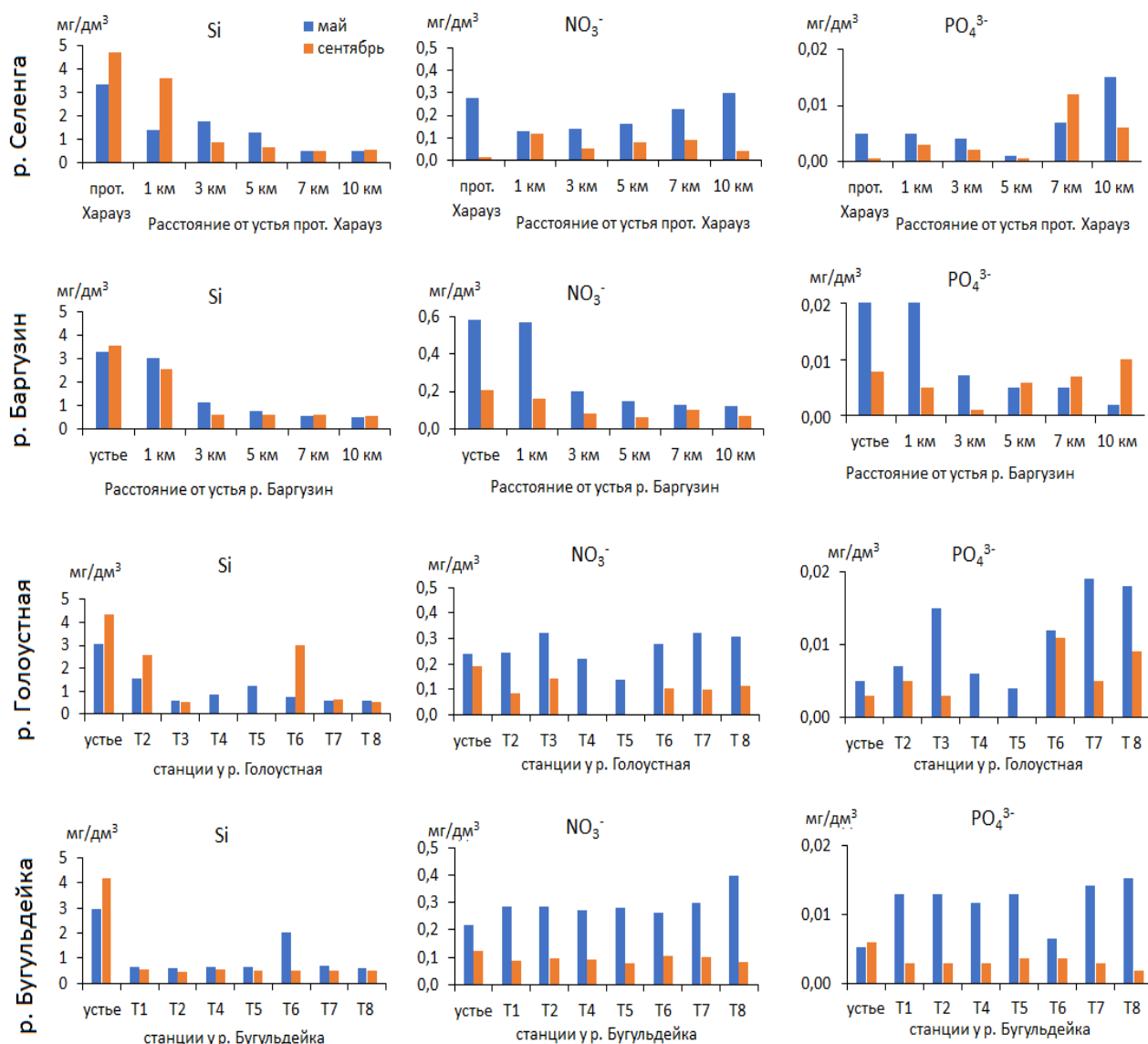


Рисунок 1.2.20 – Содержание биогенных элементов на приустьевых участках притоков оз. Байкал, май 2022 г.

За фронтом термобара в байкальской воде (7–10 км) биомасса фитопланктона снижалась, а концентрации биогенных элементов были выше, чем в речной воде и зоне смешения. Исключение составляет кремний, концентрации которого в поверхностном

слое в озерной воде на удаленных от реки станциях не превышали  $0,55 \text{ мг/дм}^3$  (рис. 1.2.20). В открытом Байкале в составе доминировали диатомовые водоросли, что типично для весеннего байкальского фитопланктона (рис. 1.2.21б, 1.2.21в). Распределение хлорофилла *a* в зоне смешения селенгинских и озерных вод представлено на рис. 1.2.21а. Увеличение его концентрации отмечено с глубиной, а снижение с удалением от берега.

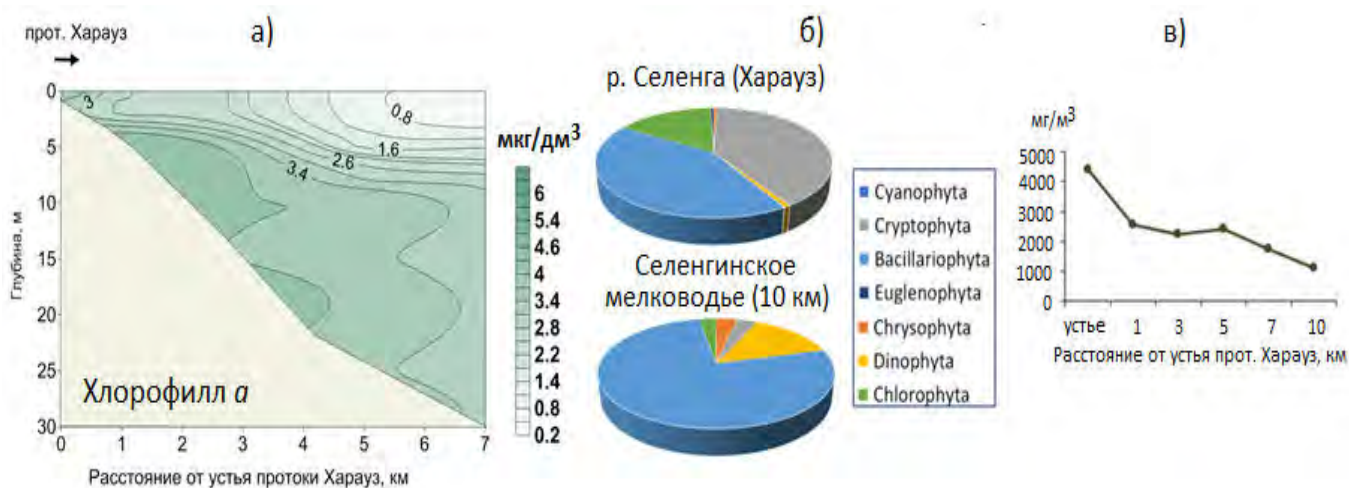


Рисунок 1.2.21 – Распределение концентрации хлорофилла *a* (а), относительный (%) состав фитопланктона (б) и биомасса фитопланктона в поверхностном слое воды (в) на Селенгинском мелководье, май 2022 г.

Исследования проводимые ранее показали, что при впадении в Баргузинский залив воды **р. Баргузин** со струей кругобайкальского течения отклоняются на север, северо-запад и распространяются вдоль берега в правой части залива. Левая и центральная части залива находятся под влиянием байкальских вод и речные воды здесь регистрируются только при высоких паводках на реке или при воздействии ветров определенного направления [37]. В мае прибрежная часть залива напротив устья р. Баргузин и с левой стороны от впадения реки была забита тающим льдом (рис. 1.2.19б). Ширина ледовой полосы составляла около 1 км, пробы на станциях 1 км на центральном и левом разрезах отбирались у кромки ледяного поля. Правая часть залива, куда поступали теплые воды реки, была свободна. Как и на Селенгинском мелководье, распространение речных вод в Баргузинском заливе в мае было ограничено термобаром (рис. 1.2.18в), фронт которого располагался между 2 и 3 км от устья реки в правой части залива и меньше чем в 1 км в центральной и левой частях. Половодье на реке стало причиной снижения минерализации баргузинских вод до значений близких к таковым в озерной воде. (рис. 1.2.18г). Также хорошо прослеживалось распресняющее влияние тающего льда в левой и центральной частях залива, воды с минерализацией  $86\text{--}93 \text{ мг/дм}^3$  и низким содержанием кремния  $0,5\text{--}0,56 \text{ мг/дм}^3$  по левому и центральному разрезу регистрировались до 5 км вглубь озера. По

правому разрезу речные воды с высоким содержанием кремния, нитратов и фосфатов наблюдались до 3 км от устья реки (рис. 1.2.20), далее концентрации биогенных элементов снижались более чем в два раза и на следующих станциях практически не изменялись.

Наибольшее содержание взвешенного вещества в поверхностном слое воды на устьевом мелководье р. Баргузин отмечалось главным образом в правой части залива, где в пределах 10-м слое глубин выпадает основная масса взвешенного материала, концентрация которого варьировала от 17,7 г/м<sup>3</sup> в 1 км от устья до 1,5 г/м<sup>3</sup> в 3 км (глубина 8 м). В 7 км от устья (глубина 22 м) концентрация взвешенного вещества в поверхностном слое близка к таковой открытого Байкала и составляла 0,96 г/м<sup>3</sup>. Влияние речного потока на распределение взвеси в центральной и левой части незначительно. Здесь концентрации взвешенного материала близки к его концентрациям в глубоководных районах Байкала. Так в 1 км от устья концентрация взвеси на центральном и левом разрезе составляла соответственно, 0,49 и 0,77 г/м<sup>3</sup>, а в 3 км – 0,94 и 0,92 г/м<sup>3</sup>. Пониженное содержание взвешенного вещества в 1 км от устья объясняется наличием здесь линзы льда, которая тая, способствовала разбавлению и снижению концентраций.

Распределение хлорофилла *a* в водной толще в правой части залива представлено на рис. 1.2.22а. Максимальные концентрации до 6 мкг/дм<sup>3</sup> регистрировали на расстоянии 1 км от устья. Далее за фронтом термобара содержание этого компонента в поверхностном слое не превышало 1 мкг/дм<sup>3</sup>, в толще воды эта величина увеличивалась с глубиной до 2–3 мкг/дм<sup>3</sup>. Биомасса фитопланктона в воде р. Баргузин была не высокая 3600 мг/м<sup>3</sup>, что вероятно связано с большой мутностью речных вод в половодье. В зоне смешения уже в 1 км от устья реки, снижение скорости течения привело к выпадению основного количества взвеси. Благоприятные световые условия и высокие концентрации биогенных элементов на этом участке способствовали развитию фитопланктона и увеличению его биомассы до 6200 мг/м<sup>3</sup> (рис. 1.2.22в). Диатомовые и криптофитовые водоросли доминировали в фитопланктоне р. Баргузин. На удаленном от устья реки участке Баргузинского залива (12 км) в видовом составе преобладали диатомовые и динофитовые водоросли общей биомассой 1800 мг/м<sup>3</sup> (рис. 1.2.22б, 1.2.22в)

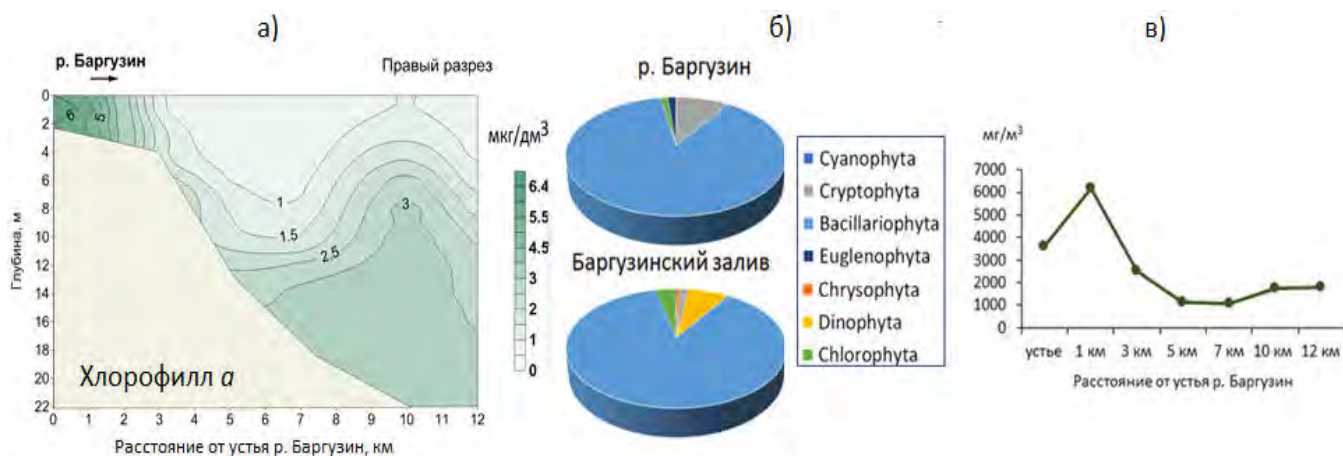


Рисунок 1.2.22 – Распределение концентрации хлорофилла *a* (а), относительный (%) состав (б) и биомасса фитопланктона в поверхностном слое воды (в) в Баргузинском заливе, май 2022 г.

Зоны смешения в приустьевых областях малых притоков озера - **Голоустной** и **Бугульдейки** в мае были выражены слабо и также, как и на больших реках, распространение речных вод было ограничено термобаром. Сток р. Голоустной рассредоточен по трем протокам напротив которых ширина полосы смешанных вод составляла 30–50 м. Между протоками и вдоль береговой линии смешанные воды регистрировались полосой не более 10–20 м от берега. Далее в озеро по температурным и химическим показателям вода соответствовала байкальской (рис. 1.2.23а, 1.2.23б).

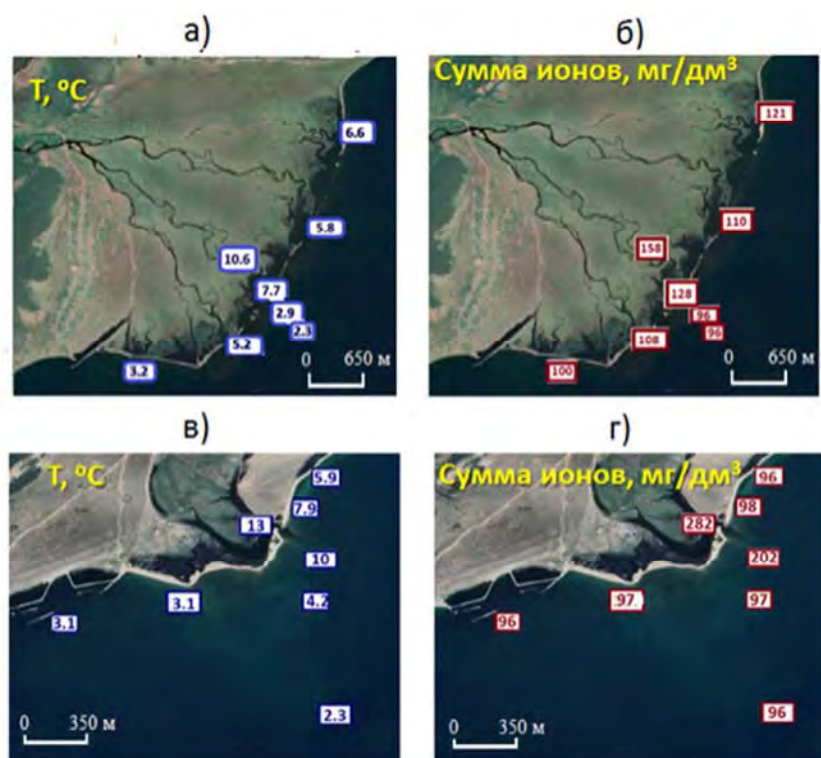


Рисунок 1.2.23 – Распределение температуры (а, в) и суммарного содержания ионов (б, г) на байкальских мелководьях у рек Голоустная (а, б) и Бугульдейка (в, г), май 2022 г.

Напротив устья р. Бугульдейки речные воды по температуре, по содержанию главных ионов и кремния хорошо прослеживались на расстояние до 150 м (Т 6). Справа и слева от устья вдоль берега речные воды не были зарегистрированы (рис. 1.2.23в, 1.2.23г). Вероятно, небольшие глубины на мелководьях этих притоков обуславливают быстрое перемешивание речных и озерных вод даже при слабых ветрах и волнении.

Несмотря на то, что воды малых рек в мае были хорошо прогреты и аэрированные биомасса фитопланктона в них незначительная. Фитопланктон р. Голоустной представлен в основном зелеными водорослями, в воде Бугульдейки, как и на байкальских мелководьях у рек доминировали диатомовые (рис. 1.2.24).

Содержание взвешенного вещества в воде р. Бугульдейка и на ее мелководье в мае близки к содержанию взвешенного вещества открытого Байкала. На мелководье в 50 м (Т 6) от устья концентрация взвеси составляла 0,89 г/м<sup>3</sup>, а в 400 м от устья – 0,72 г/м<sup>3</sup> (Т 7). На мелководье в 150 м (Т 7) от устья р. Голоустная концентрация взвешенного вещества составляла 1,2 г/м<sup>3</sup>, а в 400 м (Т 8) – 1,4 г/м<sup>3</sup>.

Проведен анализ санитарно-микробиологического состояния исследуемых рек и прилегающих мелководий (таблица 1.2.13). Оценку качества вод притоков и озера проводили согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» для поверхностных вод. В пробах определяли численность общих (обобщённых) колиформных бактерий, бактерий *E. coli* и энтерококков, количество которых не должно превышать 500, 100 и 10 КОЕ/100 см<sup>3</sup>, соответственно. Результаты показали, что в мае наиболее напряженная ситуация наблюдалась в р. Баргузин и на расстоянии 1 км от устья реки в заливе. Здесь в воде зарегистрировали превышение допустимых значений по всем индикаторным показателям. Причиной низкого качества воды в Баргузине вероятно является поступление органики (в том числе и хозяйственно-бытовых и фекальных стоков) с бассейна при половодье, что косвенно подтверждается и высокими концентрациями в воде реки и в зоне влияния речных вод на мелководье органотрофных микроорганизмов. С удалением от устья реки содержание микроорганизмов в воде Баргузинского залива снижается до величин характерных для Байкала.



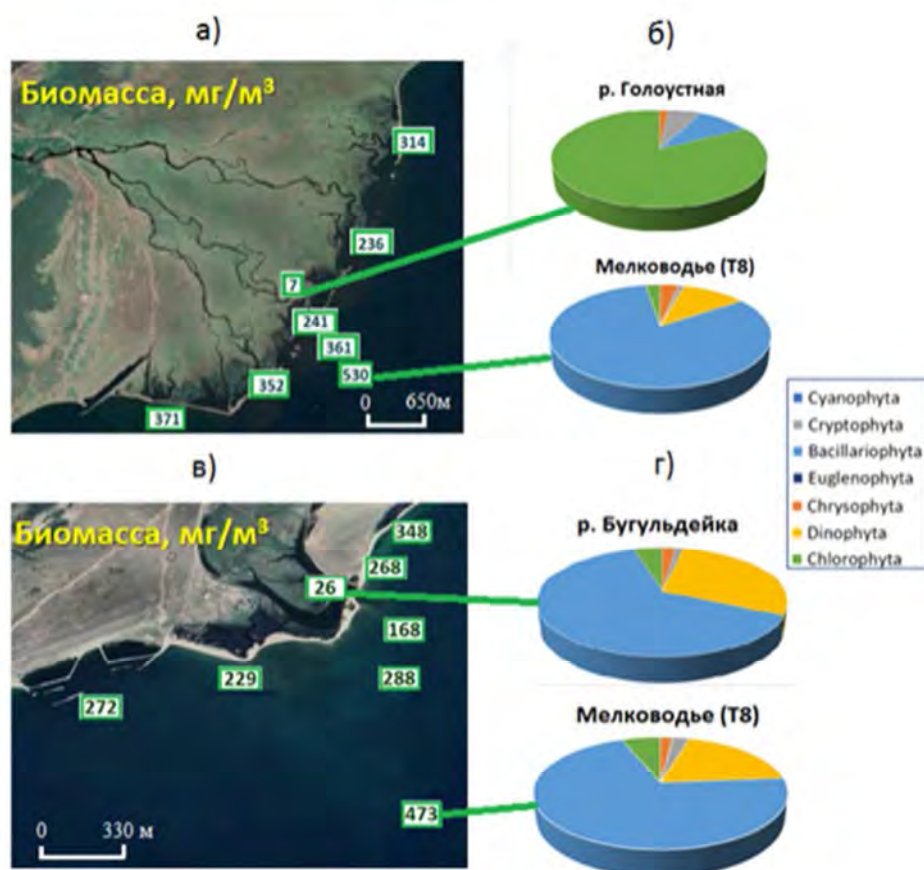


Рисунок 1.2.24 – Распределение биомассы и относительный состав фитопланктона (%) на байкальских мелководьях у рек Голоустная (а, б) и Бугульдейка (в, г), май 2022 г.

Отмечено превышение установленных нормативов для ОКБ и в устье р. Селенги (протока Харауз). На мелководье с удалением от устья протоки концентрации снижаются и далее 5 км от устья не регистрируются.

Таблица 1.2.13 – Численность микроорганизмов в реках Селенга, Баргузин, Голоустная, Бугульдейка и на прилегающих мелководьях в мае и сентябре 2022 г.

	ОКБ	<i>E. coli</i>	Энт	ОМЧ	Органо-трофы	ОКБ	<i>E. coli</i>	Энт	ОМЧ	Органо-трофы
	КОЕ/100 см <sup>3</sup>		КОЕ/см <sup>3</sup>			КОЕ/100 см <sup>3</sup>			КОЕ/см <sup>3</sup>	
май 2022 г					сентябрь 2022 г.					
р. Селенга (пр. Харауз)										
устье	<b>760</b>	16	2	20	563	16	8	<b>12</b>	7	4200
1 км, 0 м	162	0	0	28	605	0	0	0	10	5900
придон	13	0	0	12	160	0	0	0	16	4470
3 км, 0 м	89	0	1	13	1182	0	0	0	0	332
придон	8	0	0	5	60	0	0	0	1	325
5 км, 0 м	10	0	0	8	302	0	0	0	0	348
придон	4	0	0	4	168	0	0	0	0	488
7 км, 0 м	0	0	0	3	282	0	0	0	0	37
придон	0	0	0	2	27	0	0	0	0	43
10 км, 0 м	0	0	0	2	47	0	0	0	0	42
придон	0	0	1	1	3	3	0	0	0	42

	ОКБ	<i>E. coli</i>	Энт	ОМЧ	Органо-трофы	ОКБ	<i>E. coli</i>	Энт	ОМЧ	Органо-трофы
	КОЕ/100 см <sup>3</sup>			КОЕ/см <sup>3</sup>		КОЕ/100 см <sup>3</sup>			КОЕ/см <sup>3</sup>	
май 2022 г						сентябрь 2022 г.				
р. Баргузин										
300 м выше	0	0	25	45	1410	2	0	0	22	717
устье	580	250	14	55	955	8	0	6	16	1067
Правый разрез										
1 км, 0 м	510	120	26	63	2507	89	0	2	38	1085
придон	540	110	12	18	533	3	3	3	28	612
3 км, 0 м	0	0	0	40	107	0	0	0	15	450
придон	6	0	0	8	505	2	0	0	0	28
5 км, 0 м	0	0	0	35	228	11	0	0	21	505
придон	0	0	0	2	118	8	0	2	1	23
7 км, 0 м	0	0	0	1	743	3	0	0	2	283
придон	0	0	0	2	102	1	0	0	0	27
10 км, 0	0	0	0	1	57	3	0	0	3	332
придон	0	0	0	1	10	4	0	0	0	33
р. Голоустная										
T.1	13	0	5	84	1363	17	6	3	35	132
T.2	3	0	0	35	438	3	1	5	11	195
T.3	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2
T.4	0	0	1	2	158	-	-	-	-	-
T.5	76	76	11	13	952	-	-	-	-	-
T.6	0	0	1	4	110	10	10	4	19	25
T.7	0	0	0	1	13	10	1	1	3	150
р. Бугульдейка										
T.1	0	0	0	2	10	1	0	8	14	13
T.2	0	0	0	1	8	7	0	0	7	53
T.3	0	0	1	1	1240	1	1	1	2	133
T.4	0	0	1	3	113	0	0	1	75	5
T.5	0	0	0	2	10	21	7	0	2	6
T.6	146	0	0	15	425	0	0	0	4	4
T.7	1	0	0	4	37	0	0	0	11	8
T.8	1	1	2	2	27	0	0	0	4	275

Примечание: ОКБ – общие (обобщённые) колиформные бактерии, Энт – энтерококки, ОМЧ- общее микробное число, КОЕ-колониобразующие единицы; красным цветом обозначены превышения норматива.

Таким образом, разница в температуре речных и озерных вод, обуславливающая становление на мелководьях термобара, ограничивающего свободное распространение речных вод является основным фактором формирования зоны смешения река-озеро весной. При изменении в этот период уровня озера в сторону более низких значений, вероятно, увеличатся скорости стоковых течений, что будет способствовать продвижению фронта термобара от устья рек, а значит и более глубокому распространению смешанных вод в озеро. Повышение уровня Байкала в этих условиях обусловит подпор речных вод озерными, что приведет к замедлению продвижения фронта термобара и приведет к распространению речных вод вдоль берега за пределы приустьевых мелководий.



#### 1.2.4.2 Особенности распределения химических и биологических компонентов на приустьевых мелководьях притоков Байкала при максимальном годовом уровне озера (456,85 м) в сентябре 2022 г.

В сентябре по сравнению с маем в речных водах наблюдалось снижение температуры воды, повышение содержания ионов и концентрации кремния, при этом концентрации нитратов и фосфатов были ниже весенних значений (таблица 1.2.14). В р. Баргузин минерализация воды практически в два раза превысила майские значения. В устьях рек содержание взвешенного вещества в период сентябрьской съемки составило: дельта Селенги – протока Харауз 4,53 г/м<sup>3</sup>, Баргузин – 6,03 г/м<sup>3</sup>, Голоустная и Бугульдейка – 1,06 и 3,27 г/м<sup>3</sup> соответственно.

Температура воды на Селенгинском мелководье снижалась с 12 до 10 °С, в Баргузинском заливе повышалась от 8,5 до 11,5 °С (рис. 1.2.25а, 1.2.25в) с удалением от устьев рек. В сентябре при высоком уровне Байкала и низкой водности рек зона активной трансформации речных вод находилась ближе к устьям рек, чем при повышенном стоке рек. При близкой температуре речных и озерных вод в сентябре более минерализованные воды исследованных притоков, поступая на мелководья, опускались в придонные слои и быстро разбавлялись (рис. 1.2.25б, 1.2.25г).

Таблица 1.2.14 – Химический состав воды притоков оз. Байкал, 20–26 сентября 2022 г.

Река	Т, °С	рН	O <sub>2</sub>	Si	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Сумма ионов	ХПК
			мг/дм <sup>3</sup>							
р. Селенга (прот. Харауз)	12,3	8,3	9,11	4,7	<0,01	<0,003	0,13	<0,001	155	-
р. Баргузин	8,8	7,9	9,07	3,6	<0,01	<0,003	0,21	0,008	180	-
р. Голоустная	5,9	8,0	9,4	4,3	<0,01	<0,003	0,19	0,003	193	6,6
р. Бугульдейка	7,2	8,57	10,7	4,12	<0,01	<0,003	0,12	0,005	341	5,8

На Селенгинском мелководье и в Баргузинском заливе уже на расстоянии 3 км от устья рек ионный состав воды на 85–90% соответствовал байкальскому. В пределах первых трех километров на мелководьях концентрация взвеси снизилась по сравнению с таковой в речной воде в Баргузинском заливе в 4 раза до 1,55 г/м<sup>3</sup>, а напротив селенгинской протоки Харауз более чем в 5 раз до 0,88 г/м<sup>3</sup>

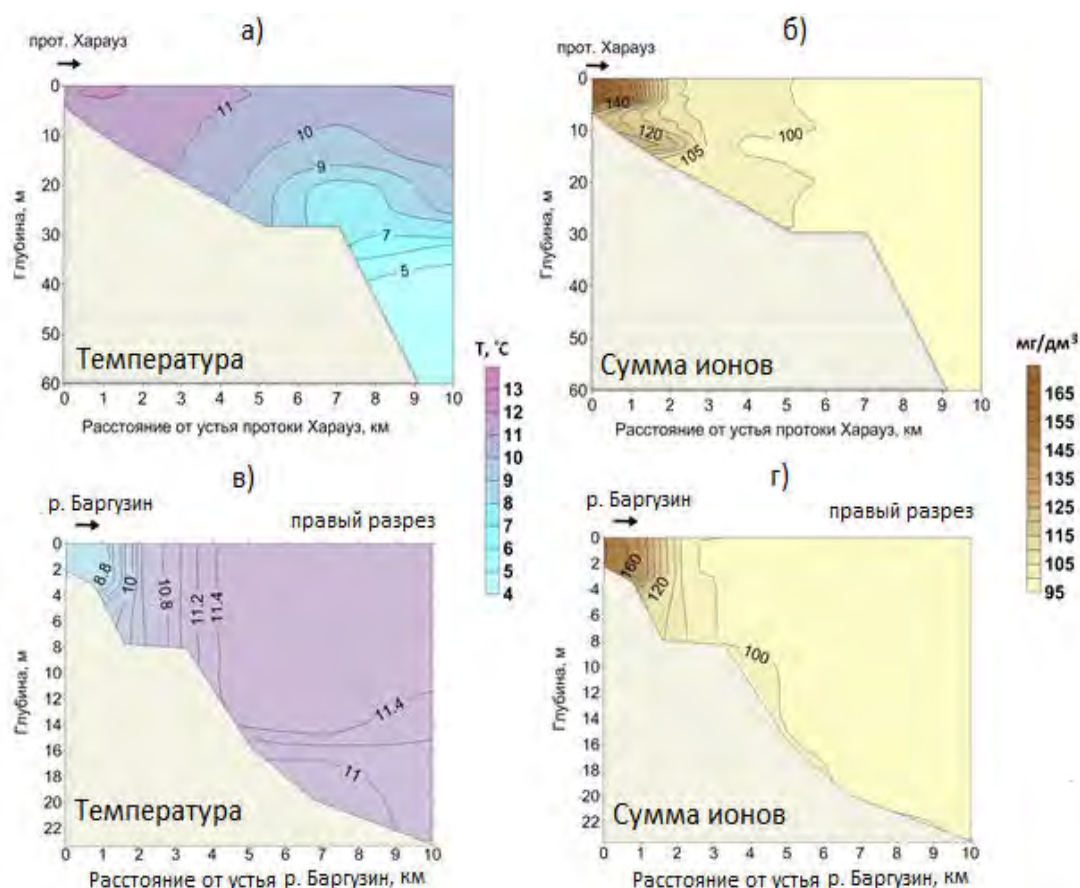


Рисунок 1.2.25 – Распределение температуры и суммарного содержания ионов на Селенгинском мелководье (а, б) и Баргузинском заливе (в, г), сентябрь 2022 г.

Содержание хлорофилла *a* в воде рек Селенги и Баргузина в сентябре оставалось достаточно высоким до  $4 \text{ мкг/дм}^3$ . На мелководьях его концентрации снижались пропорционально разбавлению речных вод озерными и на расстоянии 3 км от устьев рек не превышали  $1,5 \text{ мкг/дм}^3$  (рис. 1.2.26). Распределение температуры и суммарного содержания ионов в поверхностном слое на приустьевых мелководьях малых рек представлено на рис. 1.2.27. Высокоминерализованные воды р. Голоустной регистрировались в непосредственной близости от устьев протоков и быстро перемешивались под действием ветра и волн. Уже на расстоянии 150 м от края дельты от поверхности до дна ионный состав воды соответствовал таковому в Байкале.

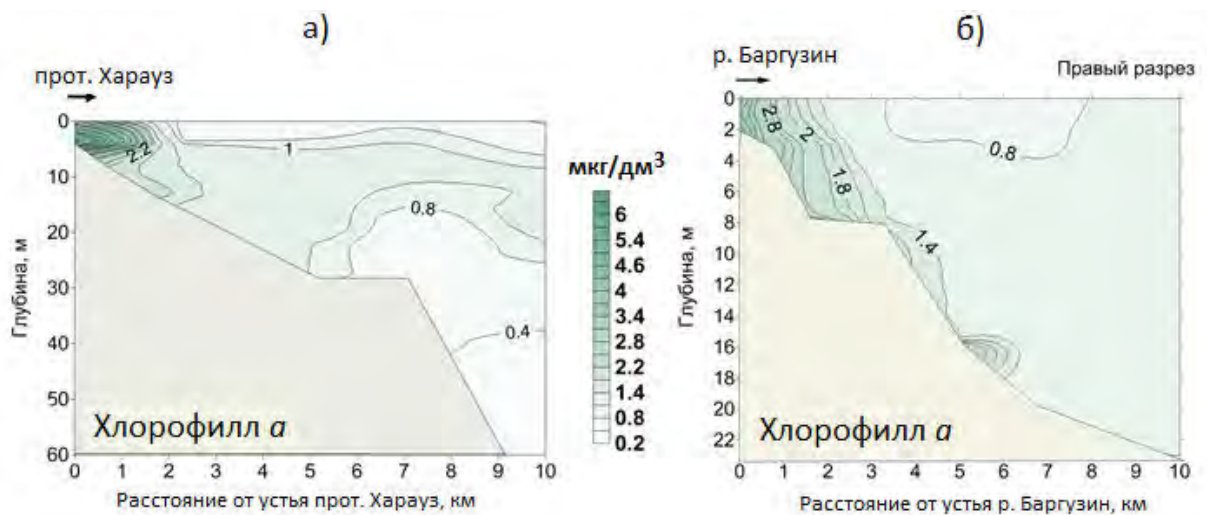


Рисунок 1.2.26 – Динамика концентраций хлорофилла а на акватории Селенгинского мелководья (а) и Баргузинского залива (б), сентябрь 2022 г.

На мелководье у р. Бугульдейка разбавленные речные воды регистрировались в придонном слое на расстоянии до 400 м (Т6, Т7) от устья. В поверхностном слое на этих станциях и в толще воды (от поверхности до дна) в 800 м (Т8) от устья ионный состав воды соответствовал таковому в Байкале (рис. 1.2.27г)

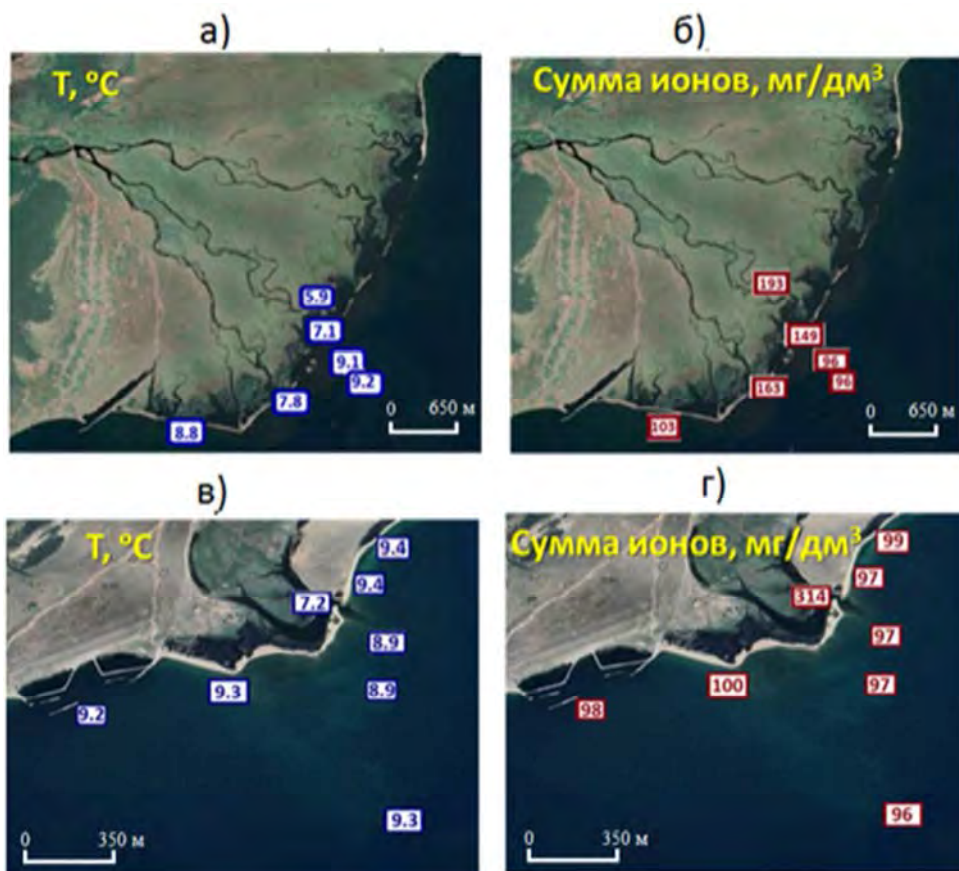


Рисунок 1.2.27 – Распределение температуры и суммарного содержания ионов на приустьевых мелководьях у р Голоустная (а, б) и р. Бугульдейка (в, г), сентябрь 2022 г.

Содержание биогенных элементов в сентябре на всех исследованных мелководьях, в основном, значительно ниже (рис. 1.2.25), чем в мае что обусловлено активным потреблением фитопланктоном в летний период [38, 39].

Численность всех групп микроорганизмов в том числе и санитарно-бактериологические показатели в сентябре в устьях исследованных рек и на приустьевых мелководьях ниже, чем в мае. Вероятной причиной этого стало снижение температуры и уменьшение количества органического вещества в воде при низком стоке рек. Исключение составила селенгинская протока Харауз, где в сентябре в устье и на расстоянии 1 км на мелководье была высокая численность органотрофных микроорганизмов и превышение энтерококков.

Таким образом, в сентябре 2022 г. в условиях высокого уровня озера и гомотермии основными факторами распространения речных вод на мелководьях были величина водного сток рек и плотностные различия, характеризующие опускания более минерализованных речных вод в придонные слои. Дальнейшее повышение уровня озера и увеличение подпора речных вод озерными может привести к подтоплению пониженных участков речных пойм и, как следствие, изменению химического состава речной воды. Так, в октябре 2021 г. высокая водность р. Селенги и максимальный уровень озера стали причиной затопления островов нижней дельты и подтопления поймы. При этом отмечалось повышение уровня высокоминерализованных грунтовых вод что привело к увеличению содержания в воде реки ионов солевого состава до величин типичных для зимней межени (сумма ионов 170–180 мг/дм<sup>3</sup>).

### **1.2.5 Содержание химических компонентов в зонах смешения байкальских притоков и озера при разных величинах водного стока рек и уровня озера**

Так как влияние внутригодовых колебаний уровня озера на динамику химических и биологических компонентов на байкальских мелководьях выражено не четко и нивелируется воздействием гидрофизических факторов, было проведено сравнение данных, полученных при близких температурных условиях в летний период в маловодный 2016 г. и многоводный 2021 г. Для сравнения выбран июль – месяц, когда теплые речные воды растекаясь над более холодными байкальскими распространяются на мелководьях на максимальные расстояния от устьев рек. Разница уровня озера между сравниваемыми периодами (более 60 см) сложилась в результате рекордно низкого стока рек в 2016 г. и мощного летнего паводка в 2021 г. Среднемесячный сток рек за июль 2021 г. более чем в два раза превышал таковой в июле 2016 г. (таблица 1.2.15).

Таблица 1.2.15 – Гидрологические условия, сложившиеся в июле 2016 и 2021 гг.

Год	Дата отбора	Уровень озера, м	Водный сток*, м <sup>3</sup> /сек	
			р. В. Ангара	р. Баргузин
2016	20-28 июля	456,13	236	126
2021	9-18 июля	456,76	597	358

\*– среднемесячный сток за июль

Анализ результатов показал, что в паводок речные воды распространяются по акваториям прилегающих мелководий значительно дальше, чем в межень. Так в июле 2021 г. практически вся северная оконечность озера была заполнена маломинерализованными водами р. Верхняя Ангара. В июле 2016 г. площадь, занимаемая смешанными водами, была меньше, и зона влияния реки располагалась в основном вдоль западного побережья (рис. 1.2.28).

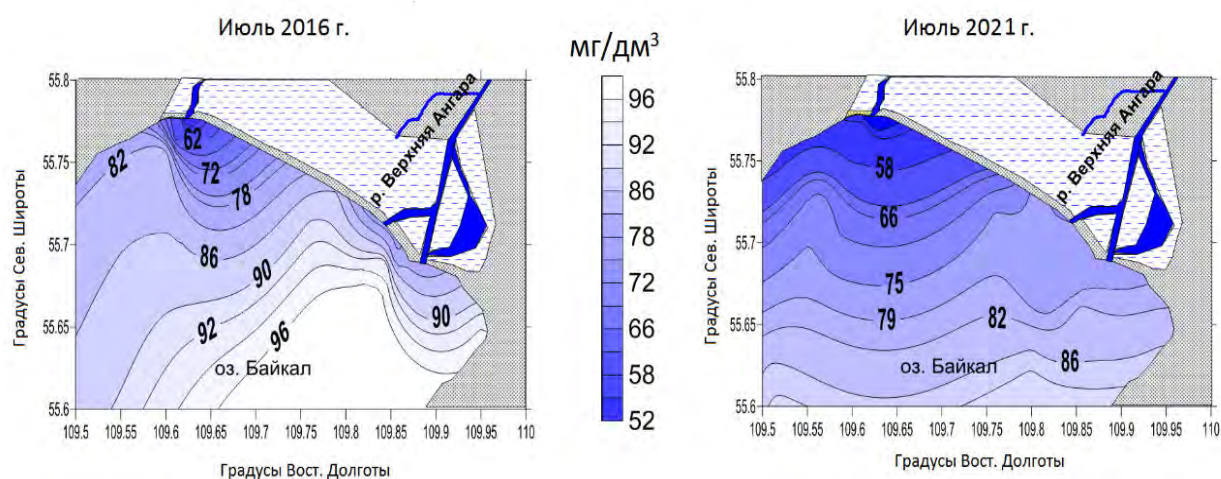


Рисунок 1.2.28 – Суммарное содержание ионов в поверхностном слое воды северной оконечности озера Байкал в июле 2016 и 2021 гг.

В Баргузинском заливе смешанные воды с высоким содержанием ионов в 2021 г. занимали всю правую и центральную части залива, в то время как в 2016 г. речные воды распространялись узкой полосой вдоль берега с правой стороны от устья р. Баргузин (рис. 1.2.29)



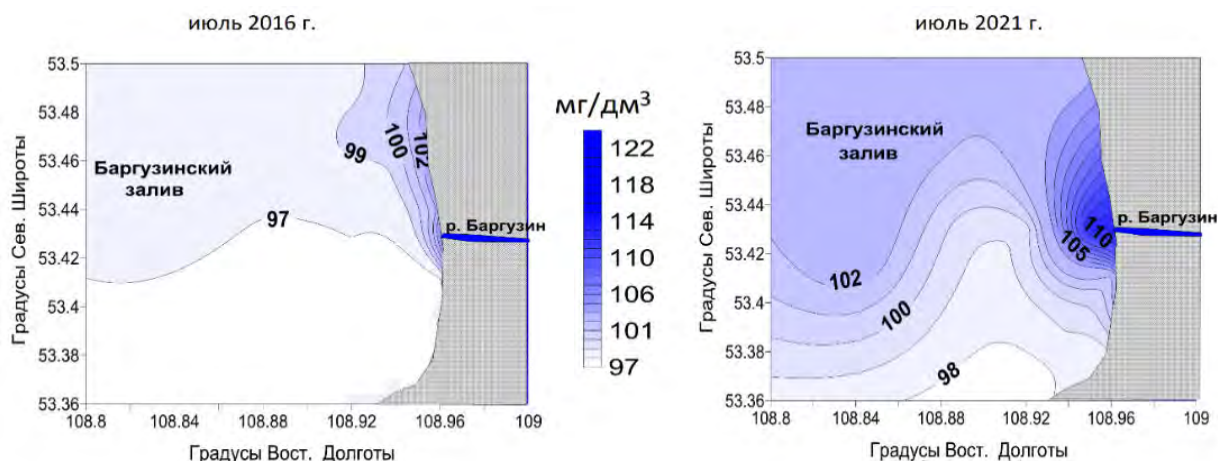


Рисунок 1.2.29 – Суммарное содержание ионов в поверхностном слое воде Баргузинского залива в июле 2016 и 2021 гг.

Кроме того, паводковые воды несут в озеро большое количество взвешенных веществ, биогенных элементов и аллохтонной органики, что обуславливает значительное увеличение концентраций этих компонентов на приустьевых мелководьях (рис. 1.2.30).

#### Ангаро-Кичерское мелководье

#### Баргузинский залив

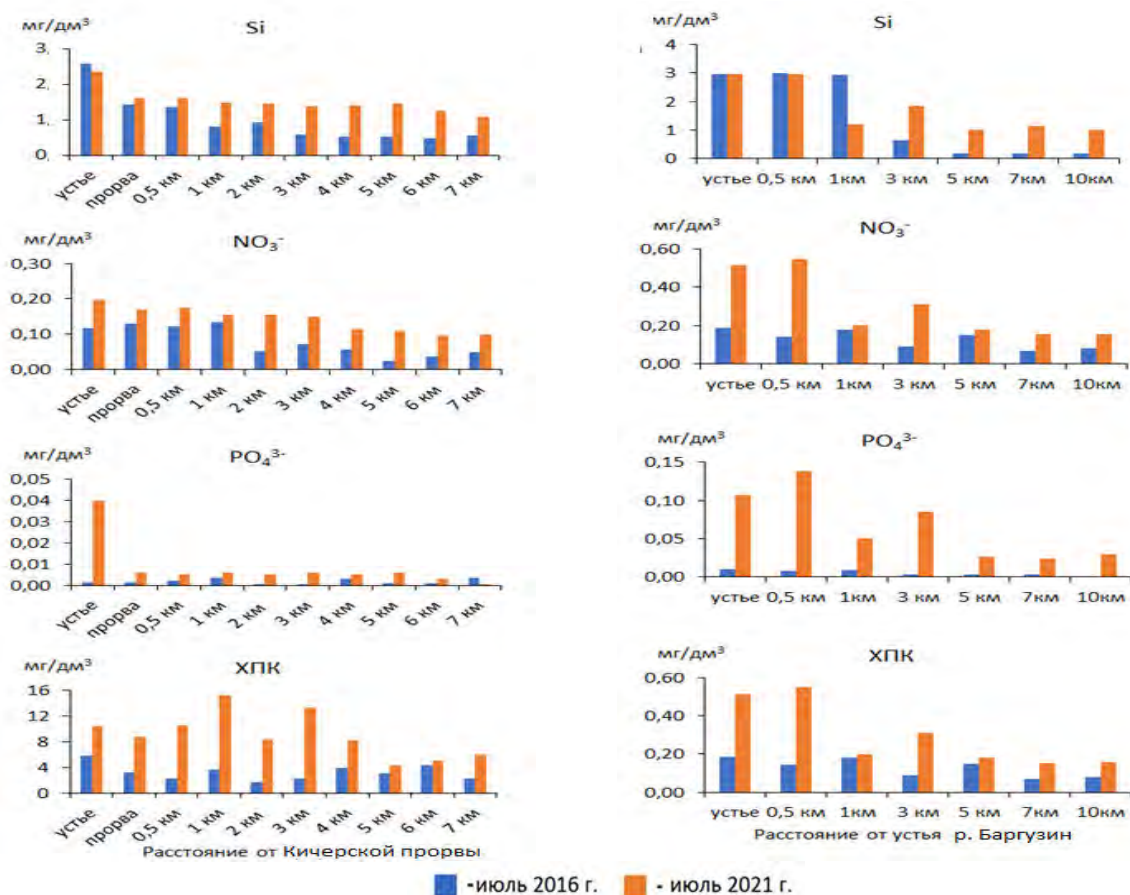


Рисунок 1.2.30 – Распределение концентраций биогенных элементов и органического вещества на акватории Ангаро-Кичерского мелководья и Баргузинского залива, июль 2016, 2021 гг.

Сравнение пространственной минерализации верхнего 5м горизонта зоны смешения селенгинских и байкальских вод при урвненных режимах в диапазоне 456,15–457, 20 м ТО (рис. 1.2.31), показало, что урвненные режимы 455,54 и 457,85 м ТО не должны влиять на глубину проникновения Селенгинских вод как в лeтoм так и осенью.

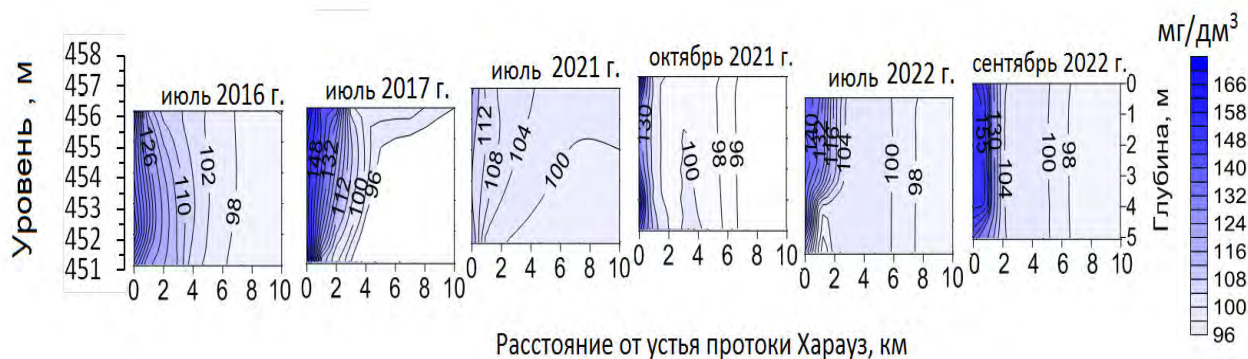


Рисунок 1.2.31 – Суммарное содержание ионов в пятиметровом поверхностном слое на Селенгинском мелководье (от прот. Харауз) при разном уровне оз. Байкал

Таким образом, высокий уровень озера не может оказать «блокирующего» воздействия на проникновение этих рек в глубь Байкала, а интенсивность проникновения зависит от их водности и гидрофизических характеристик речной и байкальской воды.

### 1.2.6 Определение зоны распространения речных вод вдоль береговой линии открытого Байкала по данным дешифрирования ДДЗ и экспедиционных наблюдений

Распространение речных вод вдоль береговой линии открытого Байкала зависит от размеров дельты, выходящей в озеро, и степени открытости этой дельты. Самый большой вынос в озеро имеет дельта р. Селенги, имеющиеся карги не способны в достаточной степени служить препятствием на пути речных вод. Для анализа использовались снимки Landsat-8 и Sentinel-2, каналы в оптическом диапазоне. Основное направление распространения этих вод – вдоль восточного побережья озера на север, что соответствует многолетним наблюдениям. В период осенних штормов вмешательство северных ветров приводит к изменению направления потоков речных вод и их более сильному перемешиванию с озерными водами (рис. 1.2.32).



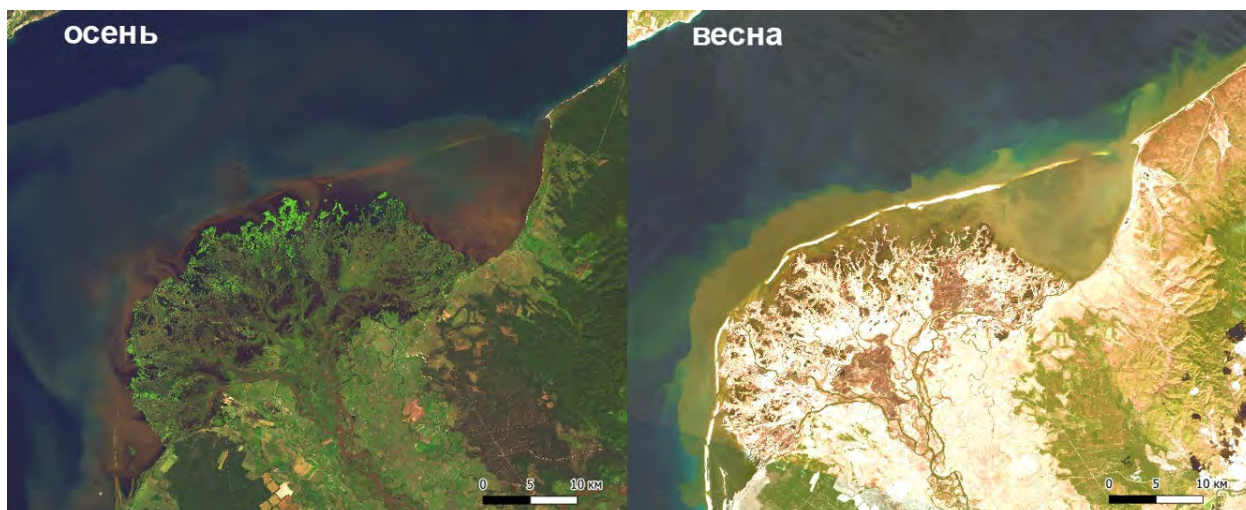


Рисунок 1.2.32 – Пример сезонного распределения мутяевого шлейфа р. Селенги

Низкие сезонные уровни Байкала приходятся на апрель-май, в это же время влияние ветров на распространение речных вод минимально. Ярко выраженные речные воды узкой полосой перемещаются вдоль дельты, залива Провал и дальше вдоль побережья. Средняя площадь речных вод в открытом Байкале составляет порядка  $800 \text{ км}^2$ . В июле-августе на р. Селенге наблюдается высокая водность, которая приводит к увеличению речного стока. Перемешивание речных вод с открытыми водами озера происходит более интенсивно, площадь распространения по акватории увеличивается, достигая значений  $1200 \text{ км}^2$ .

В сентябре явления паводка продолжают, начинается период осенних штормов с преобладанием северных ветров, что приводит к изменению направления распространения вод Селенги по акватории Байкала. Площадь распространения увеличивается до  $1500 \text{ км}^2$ , концентрация взвеси уменьшается, при этом распространяясь на всю ширину озера в этой части.

Дельта р. Верхняя Ангара выходит в Ангарский сор вместе с р. Кичера. Бар Ярки образует естественную преграду на пути речных вод. Значительная часть взвеси оседает внутри сора. Постоянное прямое поступление речных вод происходит по основному руслу р. Верхняя Ангара. Выходящая через прорвы о. Ярки речная вода перемещается вдоль бара в основном в западном направлении. В восточном направлении перенос не такой значительный. Содержание взвеси в водах р. Верхней Ангары, попадающих в открытый Байкал, ниже, чем в водах р. Селенги. Площади вод рек Верхней Ангары и Кичеры в открытом Байкале зависят как от уровня воды в Байкале, так и от водности самих рек. Вскрытие рек происходит в среднем в середине мая, сор и северная часть Байкала освобождаются ото льда в конце мая. Весеннее половодье на реках после непродолжительной межени сменяется летним паводком, происходящим в июне. К этому

моменту приурочено высокое значение площадей речных вод в открытом Байкале (рис. 1.2.33).

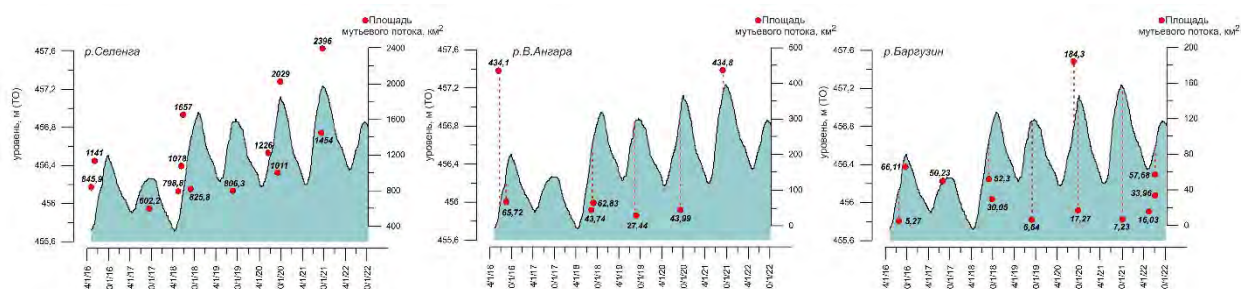


Рисунок 1.2.33 – Расчетные площади мутьевых потоков р.Селенга, В.Ангара, Баргузин на основе дешифрирования ДДЗ

Предположительно, уровень вод Байкала не оказывает существенного влияния на распространение речных вод рр. Верхней Ангары и Кичеры из Ангарского сора. В июне может наблюдаться площадь речных вод в открытом Байкале до 430 км<sup>2</sup> с последующим снижением к августу до 50–60 км<sup>2</sup>. В то же время при уровне Байкала свыше 457 м в период многоводья в конце августа 2021 г. наблюдалось значительное распространение речных вод в открытом Байкале до 430 км<sup>2</sup>. Концентрация взвеси в этот момент пониженная, происходит интенсивное перемешивание речных вод с озерными благодаря нагонным явлениям, активно проявляющимся в конце лета – начале осени.

Река Баргузин, третья по величине река из впадающих в Байкал, приносит не такой значительный вклад. Минимальное распространение речных вод - до 20 км<sup>2</sup> - наблюдается при низких уровнях Байкала в мае месяце. В июле и августе, при увеличении уровня Байкала, растет и площадь распространения речных вод, достигая в среднем 60 км<sup>2</sup>. В это же время на реке наблюдаются летние паводки. В сентябре, несмотря на продолжающийся рост уровня оз. Байкал, происходит уменьшение площадей вод р. Баргузин. Влияние водности р. Баргузин на размеры площадей речных вод в открытом Байкале более значительно, чем уровня самого Байкала.

Был выполнен кластерный анализ совместного рассмотрения уровня Байкала, среднемесячного расхода рек Селенга, В. Ангара, Баргузин, и площади «мутьевого поля» в акватории Байкала (рис. 1.2.34). Как и ожидалось, среднемесячный речной расход и площадь мутьевого поля формируют единый кластер. При этом, эта взаимосвязанность наиболее выражена в многоводные годы.

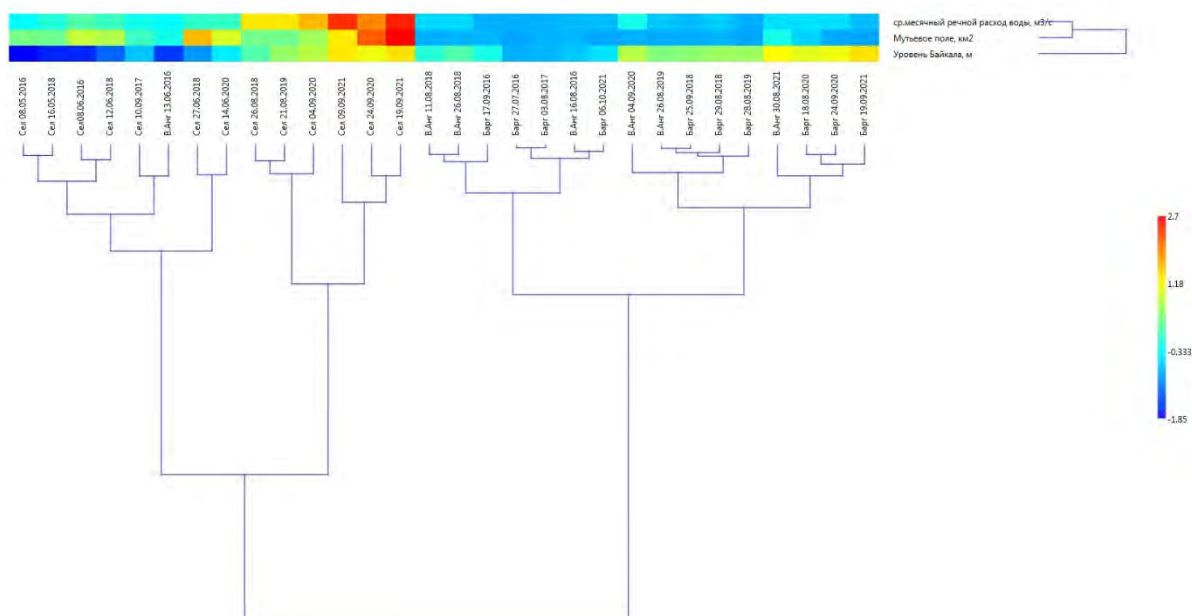


Рисунок 1.2.34 – Кластерный анализ совместного рассмотрения уровня Байкала, среднемесячного расхода рек Селенга (Сел), В. Ангара (В. Анг), Баргузин (Барг) и площади «мутьевого поля» в акватории Байкала

Таким образом, полученные данные подтверждают предположение, что уровневый режим Байкала не оказывает влияние на проникновение речных вод в его акваторию.

### 1.2.7 Оценка влияния колебаний уровня озера Байкал на химический состав воды в устьевых зонах р. Сармы, р. Анги, р. Бабхи, р. Утулик и притоков Иркутского водохранилища

Устьевые системы рек – одни из самых уязвимых частей водных объектов, поскольку в этих областях отражаются и взаимодействуют естественные физико-химические и антропогенные процессы, обуславливающие экологическое состояние этих областей, а также прилегающих участков акватории принимающего водоема.

Анализ химического состава воды для оценки влияния колебаний уровня оз. Байкал и Иркутского водохранилища на состояние устьевых зон рр. Сармы, Анги, Бабхи, Утулика и притоков водохранилища проведен по материалам исследований маловодного 2016 г. и многоводного 2022 г. Химические анализы выполнены в лицензированном Химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН по стандартным методикам (ГОСТ). Отдельные элементы определялись в полевой комплексной химической лаборатории в день отбора проб по стандартным методикам с учетом требований ГОСТ [40, 41]. Содержание металлов установлено количественным атомно-эмиссионным спектральным методом на приборе «Optima 2000DV», концентрация нефтепродуктов определена на флюорате.

Результаты показали определенные различия в химическом составе воды притоков, устьевых зон и прибрежных акваторий Иркутского водохранилища и оз. Байкал.

Заливы правого берега Иркутского водохранилища, в основном, мелководные и хорошо прогреваемые, характеризуются средними величинами содержания кислорода  $11,06 \text{ мг/дм}^3$  ( $5,99\text{--}14,57 \text{ мг/дм}^3$ ) при минимальной величине в заливе Крутой Ключ. В заливах Большая Речка, Крутой Ключ, Королок обнаружены фториды, хлориды, сульфаты, фосфаты, содержание которых не превышает допустимые нормативы (Приложение А2). Превышение санитарно-гигиенических норм отмечается по нефтепродуктам ( $0,10 \text{ мг/дм}^3$ ) в воде залива Королок, а также в прибрежной акватории в районе пляжа Якобии мкр. Солнечный. На этих же участках наблюдаются высокие концентрации молибдена (Mo) и свинца (Pb), превышающие ПДК. В воде заливов Еловый и Королок также отмечается превышающее ПДК содержание кадмия (Cd).

Вода заливов левого берега Иркутского водохранилища более холодная, содержание кислорода здесь изменяется от  $11,62$  до  $18,0 \text{ мг/дм}^3$ . Содержание химических элементов не превышает предельно допустимые концентрации. Содержание фторидов и хлоридов установлено в том же диапазоне, что по правому берегу водохранилища  $0,166\text{--}0,174 \text{ мг/дм}^3$  и  $3,55\text{--}4,62$  соответственно. Количество сульфат-иона ниже –  $11,50 \text{ мг/дм}^3$ .

Правые притоки Иркутского водохранилища – рр. Большая Речка, Тальцинка, Бурдугуз, Королок содержат в среднем  $0,053\text{--}0,073 \text{ мг/дм}^3$  фторид-иона. Исключение составляют ручей в заливе Крутой Ключ и р. Еловая –  $0,160$  и  $0,842 \text{ мг/дм}^3$  соответственно. Концентрация фторидов в р. Еловой превышает ПДК. Ручей, впадающий в залив Крутой Ключ, содержит хлоридов более чем в 5 раз больше, по сравнению с другими реками. Количество сульфатов изменяется в 2–2,5 раза. Фосфаты в водотоках содержатся в небольших количествах. В ручье, впадающем в залив Крутой Ключ, их концентрация составляет  $0,103 \text{ мг/дм}^3$ . В устьях рек Еловой и Тальцинки содержание нитритов ниже  $0,04 \text{ мг/дм}^3$ , при достаточных количествах аммония и отсутствии нитратов (р. Тальцинка). Концентрации тяжелых металлов (Mo, Pb и Cd), превышающие нормы, зафиксированы в воде ручья без названия (БН), впадающем в залив Крутой Ключ, а также в реках Еловой и Королок. В воде устья р. Тальцинки выявлено высокое содержание кадмия (Cd), в р. Большой Речке – свинца (Pb) и молибдена (Mo), превышающие ПДК.

Левый приток Иркутского водохранилища – р. Курма характеризуется слабощелочными условиями и более высоким содержанием гидрокарбонат-ионов, магния, калия, отсутствием нитратов и нитритов по сравнению с правыми притоками. В реке отмечено наличие ионов аммония. Исследованные химические элементы и вещества в

водах рек и их устьев левого побережья водохранилища не превышают санитарно-гигиенические нормы (Приложение А2).

Азотсодержащие вещества (аммиак, нитриты и нитраты), образующиеся в воде в результате биологических процессов (гниения растительных остатков) и поступления сточных бытовых вод, содержатся в воде водохранилища в концентрациях, не превышающих допустимые значения.

Притоки оз. Байкал – рр. Сарма, Анга, Бабха и Утулик характеризуются различным содержанием химических веществ. Содержания макрокомпонентов в воде р. Сармы и ее устьевой части близки и составляют: фториды – 0,100 и 0,146 мг/дм<sup>3</sup>, хлориды – 3,91 и 4,97 мг/дм<sup>3</sup>, сульфаты – 13,50 и 13,50 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Количество нитритов и фосфатов одинаково, также близкие значения имеют минерализация и взвешенное вещество (Приложение А2). Повышенные концентрации нефтепродуктов обнаружены в устье р. Сармы (0,889 мг/ дм<sup>3</sup>). Концентрации свинца (Pb) в устье реки и прибрежных водах оз. Байкал превышают ПДК.

Химический состав воды р. Анги в точке, удаленной от озера Байкал, показал близкие значения с устьевыми участками по содержанию фторид-иона, хлоридов, сульфатов, фосфатов, магния и общей минерализации, но определенные отличия по количеству нитрат-иона, кальция, калия, натрия и иона аммония. В устьевой части реки содержание калия, натрия и значения рН сравнимы с оз. Байкал (рН – 8,52 и 8,62, соответственно). Концентрации нефтепродуктов и тяжелых металлов в воде реки не превышают ПДК (Приложение А2).

Химический состав воды р. Бабхи и приустьевой акватории оз. Байкал показал близкие значения в содержании хлоридов, сульфатов, нитритов, фосфатов и калия. Кислотность воды рН составляет 7,97 в реке и 7,90 в озере. Количество нитратов, аммония, кальция, магния и натрия в воде реки превышало их содержание в озере в 1,5–2 раза. Установлено загрязнение беговой линии озера в приустьевой зоне реки. Концентрации нитратов в прибрежной воде оз. Байкал (около устья р. Бабхи) превышают ПДК и составляют 55 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание свинца в воде реки и приустьевой акватории превышает ПДК.

В р. Утулик содержание хлоридов, нитритов, фосфатов, гидрокарбонат-ионов и кальция близко к концентрациям данных элементов в воде оз. Байкал. Количество нитратов, аммония, магния в реке превышает их значения в воде озера. Следует отметить, что сумма ионов калия и натрия в реке и озере соизмеримы (4,06 и 3,93 мг/дм<sup>3</sup> соответственно). Концентрации свинца (Pb) в р. Утулик и его устье, а также в прибрежных водах Байкала превышают ПДК (Приложение А2).

При сравнении химического состава вод рек, их устьевых зон и заливов Иркутского водохранилища выявлено, что устьевые части рек и заливы правых притоков р. Ангары (антропогенные нагрузки) имеют более высокие значения (на порядок) содержания фторидов, нитратов, фосфатов и нефтепродуктов. Исключение составляет р. Еловая, где в воде реки наблюдается большее содержание фторидов, чем в устьевой части и зал. Еловый. Концентрации фторидов в воде р. Еловой превышают ПДК. Содержания нефтепродуктов в воде зал. Королок и прибрежной акватории в районе мкр. Солнечный превышают ПДК. В воде ручья БН, впадающего в зал. Крутой Ключ, выявлено самое низкое содержание кислорода. Содержание свинца в воде некоторых правых притоков (р. Большая), их устьев (ручей БН, р. Большая) и заливов (Крутой Ключ, мкр. Солнечный) имеют высокие, превышающие ПДК значения. Вода рек Еловой, Королок, Большой, Тальцинки, Бурдугуз имеют щелочную реакцию менее 8, в устьях рек и водохранилище рН более 8 (Приложение А2).

Левые притоки Ангары имеют более низкие значения концентрации химических элементов и веществ и более высокие содержания кислорода, чем правые. Вода левых притоков, их устьев и водохранилища имеют значения рН более 8. В реках отмечаются более низкие значения содержания нитритов и нитратов, чем в их устьевой части и заливах. Исключение составил залив в районе пляжа Якоби с высокой антропогенной нагрузкой и с высоким содержанием нефтепродуктов, превышающим ПДК.

При сравнении химического состава вод рек Анги и Бабхи, их устьевых зон и вод оз. Байкал выявлены более высокие значения концентраций фторидов в воде рек. В воде р. Утулика также отмечается более высокое содержание сульфатов, чем в устье реки и оз. Байкал. Различны по годам и объектам концентрации нитратов в воде. Самое высокое содержание нитратов, превышающие ПДК зафиксировано в прибрежных водах около устья р. Бабхи ( $55 \text{ мг/дм}^3$ ). Наиболее высокое содержание нефтепродуктов ( $0,889 \text{ мг/дм}^3$ ) установлено в прибрежных водах оз. Байкал в районе устья р. Сармы. В воде рек Бабхи, Утулика, их устьев и прибрежных водах оз. Байкал в районе пос. Утулик отмечено высокое, превышающее ПДК, содержание свинца. Также превышения ПДК по содержанию свинца установлено в устьевых водах р. Сармы и прибрежных водах прилегающего участка оз. Байкал. Кислотность воды (рН) исследованных рек и их устьев составляет более 8, за исключением р. Бабхи с более низкими значениями (Приложение А2).



При сравнении химического состава вод маловодного (2016 г.) и более многоводного (2022 г.) периодов наблюдаются увеличение более чем в 10 раз концентрации фосфатов, нитратного и аммиачного азота в воде устья и залива Крутой Ключ в многоводный год. Подобное заметное увеличение содержания  $PO_4^{3-}$  и  $NO_3^-$ , превышающих ПДК, в многоводный период (высокий уровень воды водохранилища), наблюдается в заливах Еловый (устье р. Еловой), Королок (устье р. Королок), мкр. Солнечный (рис. 1.2.35, 1.2.36).

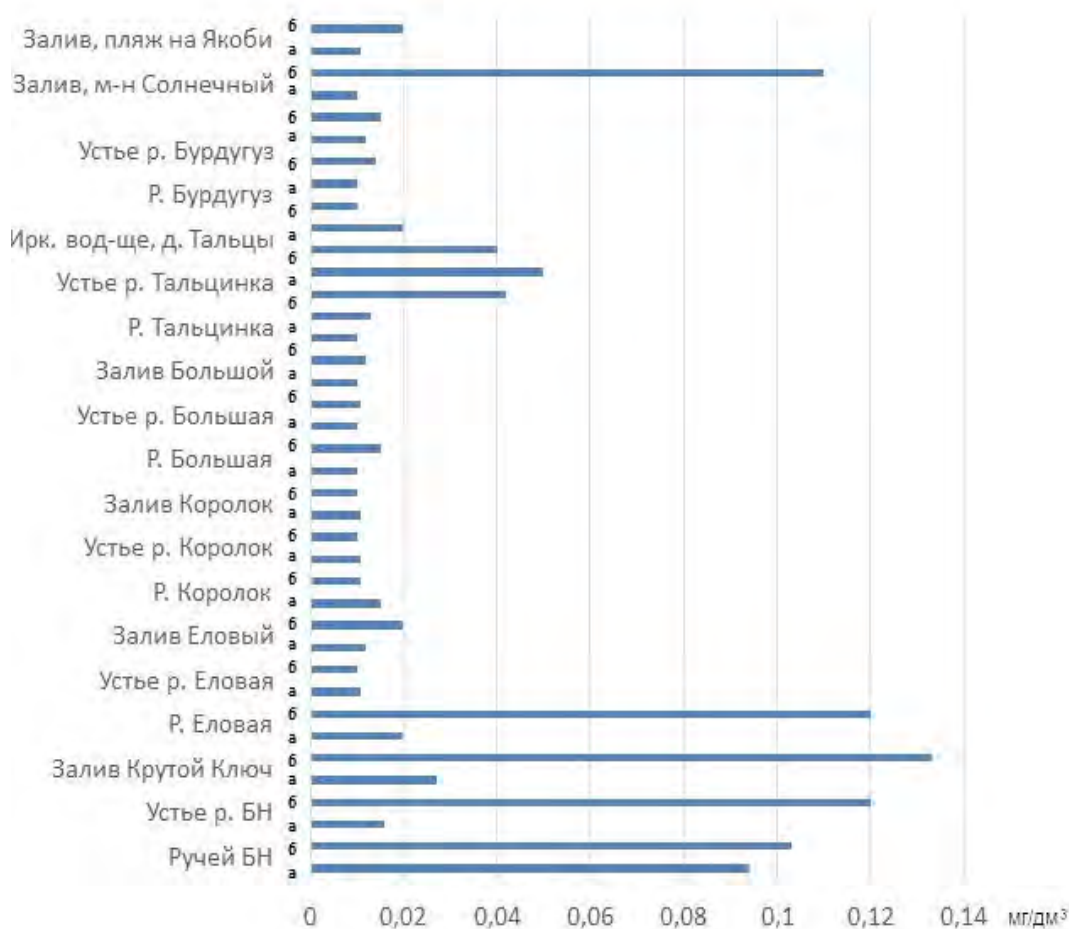


Рисунок 1.2.35 – Содержание фторидов в воде заливов и притоков правого побережья Иркутского водохранилища в а) 2016 и б) 2022 гг.

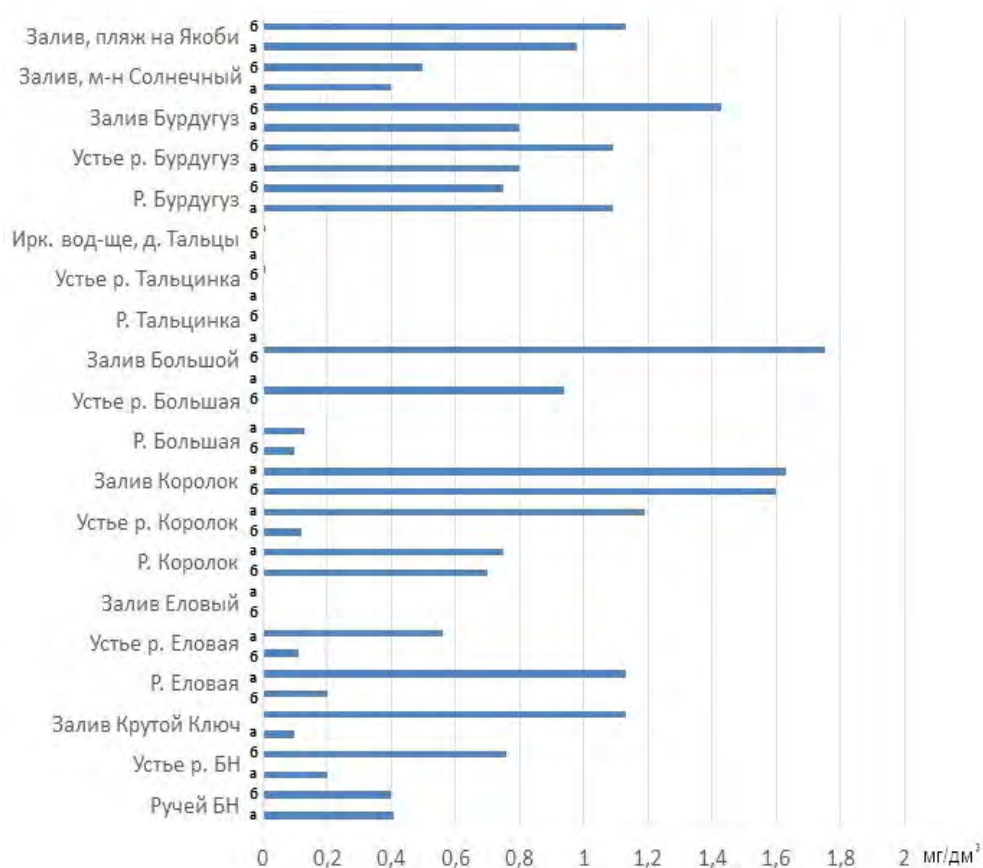


Рисунок 1.2.36 – Содержание нитратов в воде заливов и притоков правого побережья Иркутского водохранилища в а) 2016 и б) 2022 гг.

Источником загрязнения могут являться хозяйственно-бытовые сточные воды, загрязненные почвы и грунтовые воды. На побережье зал. Королок наблюдаются наносы мертвой водной растительности, которые также могут служить источником повышенного содержания нитратного азота в прибрежных водах. Следует отметить, что заметные изменения химического состава воды наблюдаются в более мелководных и наиболее освоенных заливах правого побережья водохранилища.

### Выводы

Согласно проведенным гидрохимическим исследованиям, влияние колебаний уровня воды Иркутского водохранилища и оз. Байкал на химический состав устьевых зон притоков практически не прослеживается. Увеличение концентраций отдельных химических соединений (фосфатов, нитратного и аммиачного азота) в реках-притоках связано с антропогенной нагрузкой на прибрежные территории. Значительных изменений в химическом составе воды заливов и прибрежных участков водохранилища и оз. Байкал также не происходит. Исключение составляет повышенное содержание нефтепродуктов на отдельных локальных участках побережья Иркутского водохранилища, поступающие в результате загрязнения прибрежных вод водно-моторным транспортом (причалы, места стоянок).

### **1.3 Определение степени влияния изменения уровня Байкала на рыбохозяйственные и популяционные характеристики байкальской ихтиофауны и ее кормовой базы**

Раздел подготовлен ФГБУН «Лимнологический институт» (ЛИН) СО РАН, ФГБУН «Всероссийский НИИ рыбного хозяйства и океанографии» Байкальский филиал (БайкалНИРО) Росрыболовства (выборка из отчета в редакции авторов – Приложение Б6), ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии (ИОЭБ) СО РАН, ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет» (ИГУ) Минобрнауки.

#### **1.3.1 Влияние колебаний уровня воды на состав и количественные характеристики сообществ байкальского фитобентоса**

Исследования проводились на более чем 20 станциях, три из которых послужили основой для данного отчета: 1) пос. Большое Голоустное, 2) напротив стационара ЛИН СО РАН (станция «Стационар») и 3) у пирса НИИ биологии в пос. Бол. Коты (станция «Пирс»). Для анализа выбран период с июня 2016 по сентябрь 2021 гг. Фитобентос изучался на коротких трансектах, пробы отбирались с трех глубин: урез (0), 0,5 и 1,5 м (рис. 1.3.1, 1.3.2).

Известно, что уровень воды в Байкале и биомасса фитобентоса имеют выраженную сезонную динамику, поэтому данные за июнь и сентябрь анализировали по отдельности. Значимая корреляция была выявлена только в сентябре и только для части сравнений. Обратная корреляция наблюдалась на станции «Стационар» для глубины 0,5 и 1,5 м, а также в пос. Большое Голоустное на глубине 1,5 м. Коэффициент корреляции во всех случаях составил -0,83 при  $p = 0,04$ .

Причиной существования такой зависимости может быть сочетание взаимосвязей колебания уровня воды, особенностей вертикального распределения и сезонности в вегетации фитобентоса. Учитывая, что в сентябре уровень воды значительно выше, чем в начале июня, в годы с высокой водностью в сентябрьских пробах на глубине 1,5 м оказываются те участки дна, которые в июне были на глубине 0,5–0,7 м. В июне на этой глубине развиваются преимущественно водоросли рода *Ulothrix*, которые к сентябрю уже отмирают.

*Этот пример показывает, что взаимосвязь уровня воды в Байкале и биомассы фитобентоса гораздо сложнее, чем простая корреляционная зависимость. На развитие фитобентоса влияет большое количество факторов, и уровень воды является лишь одним из них.*

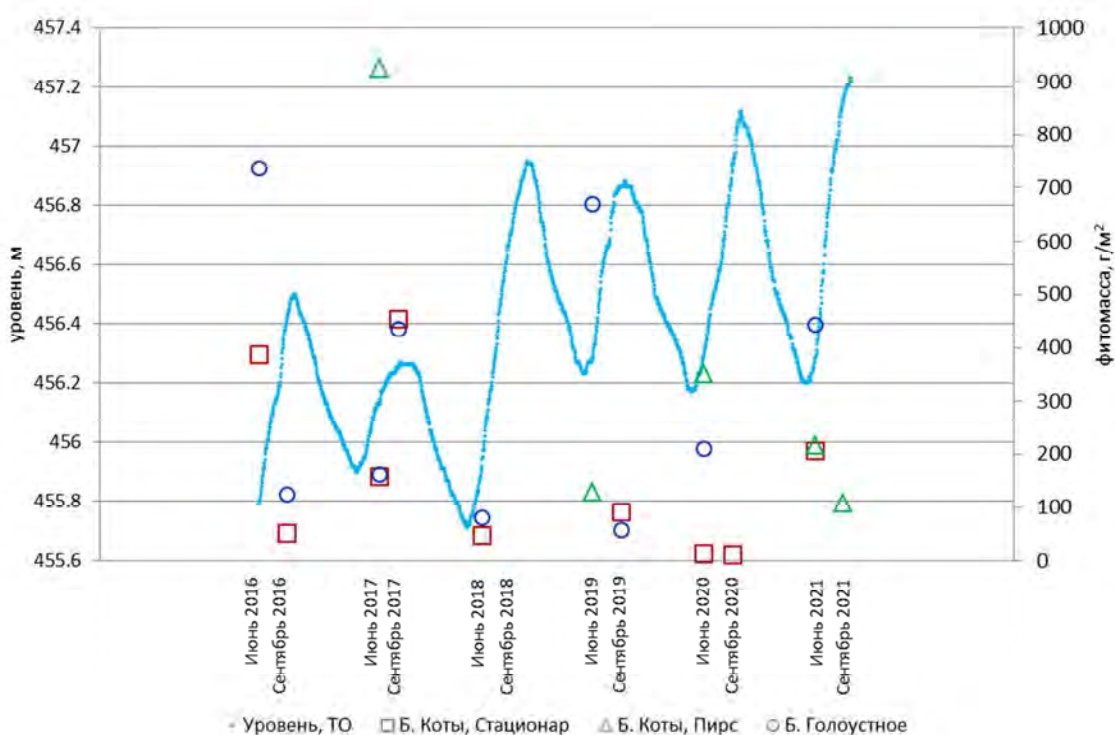


Рисунок 1.3.1 – Уровень воды в Байкале и биомасса фитобентоса на глубине 0 м (урез) в 2016–2021 гг.

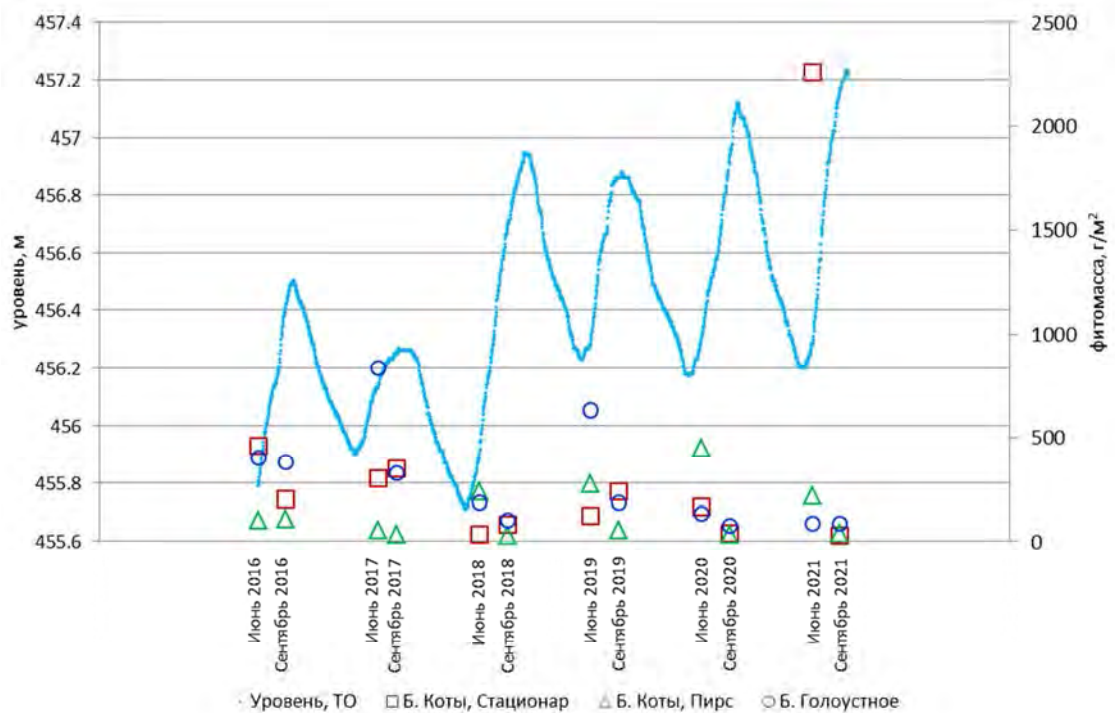


Рисунок 1.3.2 – Уровень воды в Байкале и биомасса фитобентоса на глубине 1,5 м в 2016–2021 гг.

Дополнительно был проведен корреляционный анализ между фитомассой на глубине 1,5 м и концентрацией биогенов (минеральный фосфор, азот) и ХПК: в

придонной воде на глубине 1 м (I), между фитомассой на глубине 0,5 м и количеством биогенов в урезовой зоне (II), а также фитомассы на всех трех глубинах и биогенов в интерстициальной зоне заплеска (III). Из всех сравнений значимая корреляция была отмечена только в двух случаях: фитомасса с 1,5 м на станции «Пирс напротив НИИ биологии ИГУ» отрицательно коррелировала с фосфором в июне (-0,9 при  $p = 0,04$ ) и сентябре (-0,83 при  $p = 0,04$ ). Учитывая, что в данном анализе были проведены множественные сравнения, указанные корреляционные зависимости следует оценивать с осторожностью.

Безусловно, уровень биогенов в воде оказывает влияние на развитие фитобентоса, равно как и количество подводной растительности влияет на уровень биогенов. Однако это сложное динамическое системное взаимодействие, которое не сводится к простой корреляции количественных показателей. Потребность растений в биогенах неодинакова на разных стадиях их развития. Кроме того, фитобентос на исследованных станциях включает в себя целый ряд видов, сезонность развития которых сильно различается. В дальнейшем планируется провести анализ фитобентоса с учетом его таксономического состава. Возможно, что такой подход сможет прояснить некоторые аспекты взаимодействия «фитобентос–биогены».

### **1.3.2 Влияние колебаний уровня воды на качественный состав и динамику количественных показателей аномальных для экосистемы озера Байкал береговых скоплений детрита (БСД) растительного происхождения (по данным 2013–2021 гг.)**

Исследования штормовых растительных выбросов проведены на 30 участках побережья Байкала в начале и конце биологического лета (июнь, сентябрь) 2013–2021 гг. Наибольшее их обилие выявлено в осенний период маловодных 2013 и 2014 гг. в бухтах северо-западного побережья: например, в бухте Заречное в 2013 г. общая фитомасса береговых валов превышала 1500 т (рис. 1.3.3). Подавляющая часть береговых выбросов была представлена водорослями рода *Spirogyra*, с частым доминированием донного «морфотипа 1» [1].

Площадь выбросов спирогиры в бухте Заречное (20 тыс. м<sup>2</sup>) в сентябре 2014 г. оказалась, в среднем, в 3,5 раза больше таковой в сентябре 2013 г. Это может быть связано с резким понижением уровня озера (более чем на 40 см по сравнению с 2013 г.). В результате изменения гидрологических параметров прибрежной зоны, скопления оказались «размазанными» прибойной волной вдоль оголившейся песчаной отмели. Ширина валов увеличилась с 17–20 до 56 м, и, как следствие, увеличилась площадь участков тонкослойных ( $\leq 2$  см) БСД.

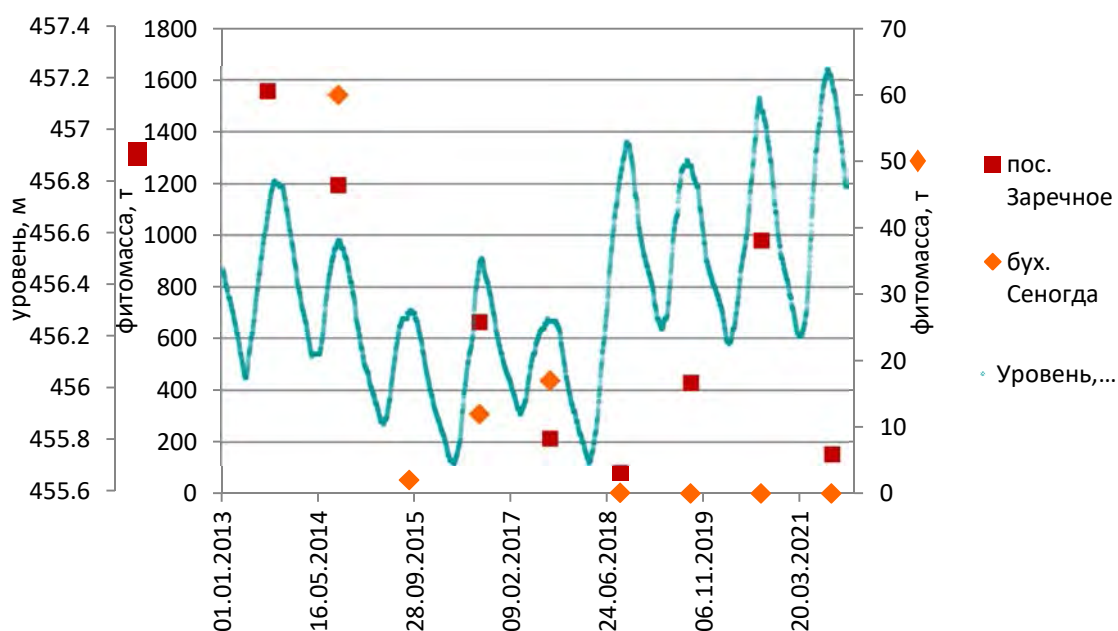


Рисунок 1.3.3 – Обилие БСД (т) в районе бухт Сеногда и Заречное на фоне кривой колебания уровня байкальских вод [2], в 2013–2021 гг.

По мере повышения уровня, с сентября 2018 г., обилие БСД значительно уменьшилось: например, в бухте Сеногда их вес составлял не более 82 кг на 21 м<sup>2</sup> (таблица 1.3.1).

Таблица 1.3.1 – Количественные показатели БСД бухт Сеногда и Заречное в 2013–2021 гг.

Годы	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Место	Запас, т								
Бух. Заречное	1560	1200	-*	665	210	80	430	980	150
Бух. Сеногда	-	60	2	12	20	0,1	0	0	0

**Примечание:** «-» – данные отсутствуют; «-\*» – в 2015 г. значительная часть выбросов в бухте Заречное вывезена местной администрацией для удобрения клумб г. Северобайкальска, количественные показатели не оценены.

Непараметрический корреляционный анализ Спирмена выявил следующее: коэффициент корреляции между запасом БСД в бухте Сеногда и уровнем воды составил - 0,81 при уровне значимости  $p = 0,02$ . Анализ графика показывает, что данное корреляционное отношение, очевидно, обусловлено отсутствием БСД в бухте в многоводные годы. Однако в Заречном БСД присутствовали и в мало-, и в многоводные годы. Статистически значимой корреляции между уровнем воды и запасом БСД в Заречном отмечено не было.



Таким образом, не было отмечено корреляции между запасом БСД в двух исследованных точках. Все это демонстрирует, что уровень воды в Байкале не является определяющим фактором для формирования БСД.

Несмотря на отсутствие четко выраженных корреляций, выявляются следующие тенденции: 1) впервые в Байкале явление БСД проявилось на фоне маловодности; 2) по мере увеличения уровня наблюдается уменьшение обилия БСД.

### 1.3.3 Влияние колебаний уровня воды на состав и количественные характеристики сообществ зоопланктона в заливах Посольский сор, Малое море, Чивыркуйский, Баргузинский, Ангарский сор

#### 1.3.3.1 Анализ физико-химических параметров (рН, электропроводимость, взвешенное вещество, кислород, главные ионы, биогены, органическое вещество) и кормовой базы молоди омуля в заливах Посольский сор, Малое море, Чивыркуйский, Баргузинский

В отчете представлены данные по зоопланктону, собранные в мелководной зоне заливов и соров Байкала: Малый и Большой Посольский сора; Чивыркуйский залив (Монахова), Северо-Ангарский сор и пролив Малое Море (Мухор). Анализ состояния зоопланктона обследованных заливов и соров проведен по пробам, отобраным на 2–12 точках в мае и в начале и конце июня на 4–10 точках (Приложение Бб). Обработку проб зоопланктона проводили по общепринятой в гидробиологии методике [3].

Таблица 1.3.2 – Биомасса зоопланктона (мг/м<sup>3</sup>) двух трофических уровней и относительная доля (%) таксономических групп от общей биомассы по данным ЛИН СО РАН за 2022 г.

Дата	Координаты	Т <sub>вод</sub> , °С	Глубина, м	Биомасса (мг/м <sup>3</sup> )		% от Общей биомассы		
				Растительно-ядный	Хищный	Кладоцера	Копепода	Ротифера
<b>Посольский сор</b>								
12.05	N51°59'43.20" E106°11'07.08"	5,1	0,7	0,02	0	0	100	0
12.05	N51°59' 45.06" E106°11'13.56"	6,1	0,4	0	0,15	0	100	0
12.05	N51°59'25.56" E106°09'30.66"	7,4	2	21,14	266	1	98	1
12.05	N51°59'14.40" E106°09'06.90"	5,9	1	2,0	9,3	0	97	3
13.05	N51°59'58.08" E106°10'18.06"	4,9	2	36	390	0	99	1
13.05	N52°00'16.74" E106°09'55.56"	4,9	0,5	0,2	2,1	0	98	2
13.05	N51°58'52.26" E106° 09'14.22"	7,4	0,4	0,18	63,25	0,3	99,7	0

Дата	Координаты	Т <sub>вод</sub> , °С	Глубина, м	Биомасса (мг/м <sup>3</sup> )		% от Общей биомассы		
				Растительно-ядный	Хищный	Кладоцера	Копепода	Ротифера
13.05	N51°59'05.58" E106°08'56.34"	7,1	0,3	0	0	0	0	0
13.05	N51°59'05.40" E106°08'56.16"	7,6	0,3	0	0	0	0	0
13.05	N 51°59'21.54" E106°12'51.06	8,2	0,4	0	0	0	0	0
13.05	N 51°59'21.66" E106°10'02.04"	6,1	1,5	0	0	0	0	0
13.05	N52°00'48.60" E106°10'28.32"	4,3	0,6	0	0	0	0	0
2.06	N51°57'28.44" E106°08'32.10"	12,1	3	172,5	223,8	1,6	39,8	58,6
2.06	N51°57'13.38" E106°09'52.62"	12,1	3	127,76	234,3	2,7	61,8	35,5
2.06	N51°56'37.92" E106°11'23.20"	12,3	3	81,81	120,56	5,2	65,3	29,5
2.06	N51°56'17.90" E106°10'08.90"	10,5	3	4,34	3,26	2,4	61,2	36,4
28.06	N51°58'15.06" E106°06'39.78"	11,8	10	24	0	0	98	2
28.06	N51°57'39.42" E106°07'11.16"	21,4	5	109	0	0	99,8	2
28.06	N51°57'46.62" E106°07'42.6"	15,9	3	25,23	16	4	21	75
28.06	N51°55'58.62" E106°08'15.66"	21,3	1,4	642	481,5	18,7	10,3	71
28.06	N51°56'17.9" E106°10'08.9"	21,9	4	460,7	364,32	8	4	88
28.06	N52°00'42.59" E106°10'29.30"	21,6	1,1	103,9	11,9	26	25	49
28.06	N52°00'03.54" E106 09'52.08"	21,8	1,2	613	452,2	30	48	22
28.06	N51°59'19.68" E106°09'13.2"	21,6	1,4	123,5	355,2	21	77	2
28.06	N51°58'52.62" E106°09'14.52"	21,4	1,2	98,65	78,5	23	34	43
28.06	N 51°55'54.45" E106°11'18.0"	22,8	1,3	116,4	35,45	28	47	25
<b>Чивыркуйский залив</b>								
4.06	N53°38'52.50" E109°03'38.28"	11,8	3	37,3	70,1	6,2	91,8	2
4.06	N53°40'36.84" E109°04'52.68"	10,7	3	41,66	63,25	9,6	85,4	5
<b>Ангарский сор</b>								
05.06	N55°45'17.46" E109°50'31.92"	12,1	1,2	20,23	11,61	6,8	45,4	38,6
05.06	N55°45'35.40" E109°49'41.58"	10,8	1,5	18,65	8,0	2,4	52,6	45
05.06	N55°44'52.32" E109°48'04.08"	11,8	1,7	84,32	41,4	16,8	67,7	15,5
<b>Пролив Малое Море</b>								
07.06	N53°02'32.22" E106°47'49.08"	13,7	0,8 см	136,1	55	33,2	53,6	13,2
07.06	N53°01'11.82" E106°45'15.00	14,5	0,8 см	456,3	32,6	17	71,7	11,3
07.06	N53°01'50.40" E106°46'06.06"	14,3	3 м	61,22	66,78	4,3	93,2	2,5

Состав зоопланктона в период исследований представлен 48 видами, из них 25 коловраток, 12 – ветвистоусых и 11 – веслоногих. Наибольшее число видов (37) отмечено для Посольского сора. Большое разнообразие фауны коловраток и ракообразных в Посольском соре связано с большим числом точек и периодом наблюдений. Работы по исследованию зоопланктона на Посольском соре были начаты с периодом ледостава – середине мая и окончания работ совпало с наибольшим прогревом воды до 22 °С.

Отбор проб в заливе Мухор, Монахово и Северо-Ангарском соре были введены в начале июня, температура воды была не выше 12°С. В это период в планктоне по разнообразию преобладали коловратки, ветвистоусые ракообразные, которые более требовательны к повышенным температурам отмечены в единичных экземплярах, составляя не более 10–17% от общей биомассы зоопланктона. Исключение составляет фауна планктона залива Мухор, где планктонные ветвистоусые были более разнообразны. Также, ветвистоусые ракообразные (*D. galeata* и *B. longoristris*) входили в доминантный комплекс зоопланктона, составляя от общей биомассы от 16 до 30 %. Необходимо отметить, что как в Мухоре, Северо-Ангарском соре и Монахово доминировали веслоногие ракообразные: *Cyclops kolensis* и *Eudiaptomus graciloides*.

Условия среды обитания водных биоресурсов в Посольском соре определяются поступлением речных вод – притоков и их трансформацией в условиях сора. Температура воды в точках отбора проб 12–14 мая 2022 г. варьировала от 4,3 до 8,6 °С, рН от 7,0 до 7,8. Содержание кислорода высокое 8,7–11,9 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание основных ионов в пределах их изменчивости в прибрежно-соровой зоне. Логарифмы значений исследованных концентраций были проанализированы с использованием анализа главных компонент (рис. 1.3.4). По результатам анализа первая компонента PC1 объясняет 72 % общей изменчивости исследованных показателей, вторая PC2 – 11 %. PC1 разделила точки на два кластера. Точки 7, 9, 4, 6 характеризуются высокими значениями комплекса показателей (ПО, ХПК, ЕС, К, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl, Ca<sup>2+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Na<sup>+</sup>, N общ, Робщ, Fe общее). На эти точки оказывает влияние дренаж вод открытого Байкала через песчано-гравийную косу (каргу). Высокому влиянию способствовали нагонные процессы, обусловленные северо-западным ветром в период наблюдений. Точки 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 13 характеризуются высоким содержанием азота и кремния, обусловленному составом речных (р. Большая речка) вод. Показатели точки 10 обусловлены смешиванием речных и дренажных вод. В целом условия благоприятны для обитания личинок омуля, которые, как правило, в этот период скатываются с Большереченского рыбоводного завода.

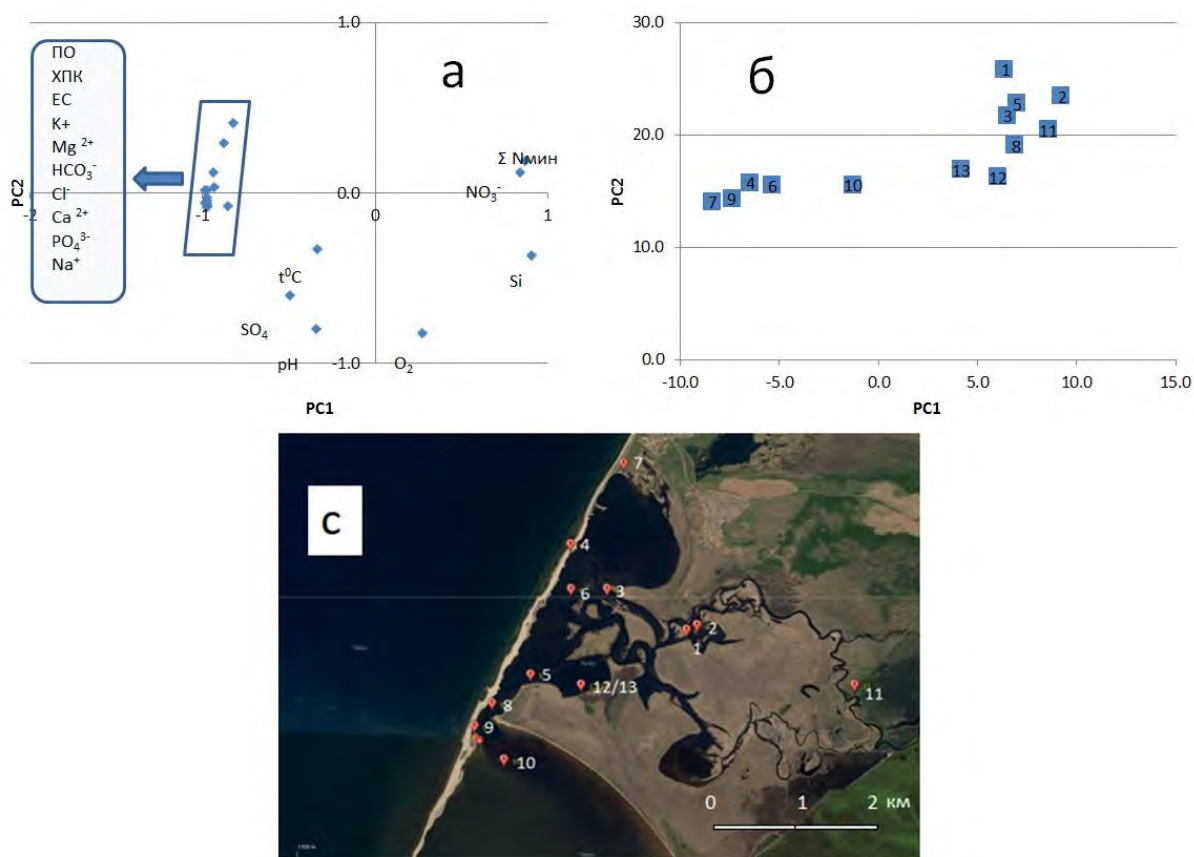


Рисунок 1.3.4 – Анализ главных компонент (а – расположение исследованных показателей в координатах главных компонент; б – расположение точек отбора проб в координатах главных компонент; в – расположение точек отбора проб на акватории)

На рис. 1.3.4 первая компонента PC1 объясняет 72 % общей изменчивости исследованных показателей, вторая PC2 – 11 %. Точки 7, 9, 4, 6 характеризуются высокими значениями комплекса показателей (ПО, ХПК, ЕС, К, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Na<sup>+</sup>, N общ, Робщ, Fe общее). На эти точки оказывает влияние дренаж вод открытого Байкала через песчано-гравийную косу (каргу). Высокому влиянию способствовали нагонные процессы, обусловленные северо-западным ветром в период наблюдений. Точки 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 13 характеризуются высоким содержанием азота и кремния, обусловленному составом речных (р. Большая речка) вод. Показатели точки 10 обусловлены смешиванием речных и дренажных вод.

Температура воды в точках отбора проб 28 июня 2022 г. варьировала от 11,8 до 22,8 °С, pH от 8,2 до 9,7. Содержание кислорода высокое 8,2–12,2 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание основных ионов в пределах их изменчивости в прибрежно-соровой зоне. Условия благоприятны для нагула личинок рыб общесибирского комплекса (щуки, окуня, плотвы, ельца, язя). Однако температурные условия в Соре за пределами температурного оптимума личинок омуля 10–15 °С, что обуславливает их выход в открытый Байкал.

### 1.3.3.2 Таксономический состав, численность и биомасса зоопланктона и зообентоса прибрежно-сорных участков озера Байкал, в том числе результаты весенних и летних натурных исследований 2022 г.

На основе анализа, проведенного БайкалНИРО (Приложения Б1, Б2) в зоопланктоне Посольского сора состав доминантов по численности и биомассе в разные годы был следующим: в 1972–1973 гг. [4] в сравнении с 1948–1949 и 1960–1961 гг. вид веслоногих раков *Cyclops vicinus*, преобладавший ранее, встречался только в июне и октябре, причем в небольшом количестве, появился новый массовый вид *Daphnia cristata*, ранее не обнаруживаемый, во все сезоны доминировала *Keratella cochlearis*. В 1980-х гг. [5] доминировали *Mesocyclops leuckartii*, *Cyclops vicinus*, *Bosmina obtusirostris*, *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Euchlanis dilatata*. В 1990х гг. [6] основу численности составляли коловратки, в отдельные годы наблюдалось массовое развитие *Cyclops kolensis*; биомасса сообщества зоопланктона в мае создавалась исключительно Copepoda, в июне основная роль переходила к коловраткам и/или Copepoda + Cladocera – видам летнего комплекса. В 2015 г. [7] доминировала молодь Cycloporiformes, *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*; в середине июня 2016 г. по численности доминировала коловратка *K. cochlearis*, по биомассе – веслоногие ракообразные (главным образом *Cyclops kolensis*); в начале лета 2017 г. [7] – *K. cochlearis* и *Cyclops vicinus*; в первой декаде июня 2018 г. – *Keratella cochlearis* и *Cyclops vicinus*. В 2019 г. основной вклад в биомассу вносили *Cyclops vicinus* и *Cyclops kolensis*; в первых числах июня 2021 г. по численности доминировали коловратки *Ascomorpha ecaudis*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra dolichoptera*, по биомассе – *Cyclops kolensis*. В конце мая 2022 г. по численности доминировали *Keratella quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, по биомассе – *Cyclops kolensis*, *Asplanchna priodonta* (данные БайкалНИРО).

В межгодовой динамике количественных показателей зоопланктона Посольского сора внимание обращает специфика количественного развития планктонных организмов в 2018 г. в их сравнении с ранее полученными данными (рис. 1.3.5). Ситуация в сообществе выражается в необычно высоких величинах биомассы сообщества, резкое увеличение которых в 2018 г. связано с количественным развитием циклопов. Уровень развития и доминирование вида *Cyclops vicinus* в раннелетний период 2018 г., совпавший с завершением маловодной фазы в гидрологическом цикле озера Байкал, ближе соответствует описаниям Л.А. Левковской [4] состояния планктонного сообщества в соре в период до зарегулирования озера. После 2018 г. наблюдается возвращение величин биомассы к исходным значениям (2021 г.), что совпадает с начавшейся тенденцией повышения уровня воды в озере. Снижение уровня Байкала и большая изоляция вод сора

от влияния вод Байкала могли вызвать эффект количественного обилия организмов зоопланктона в соре в раннелетний период 2018 г.

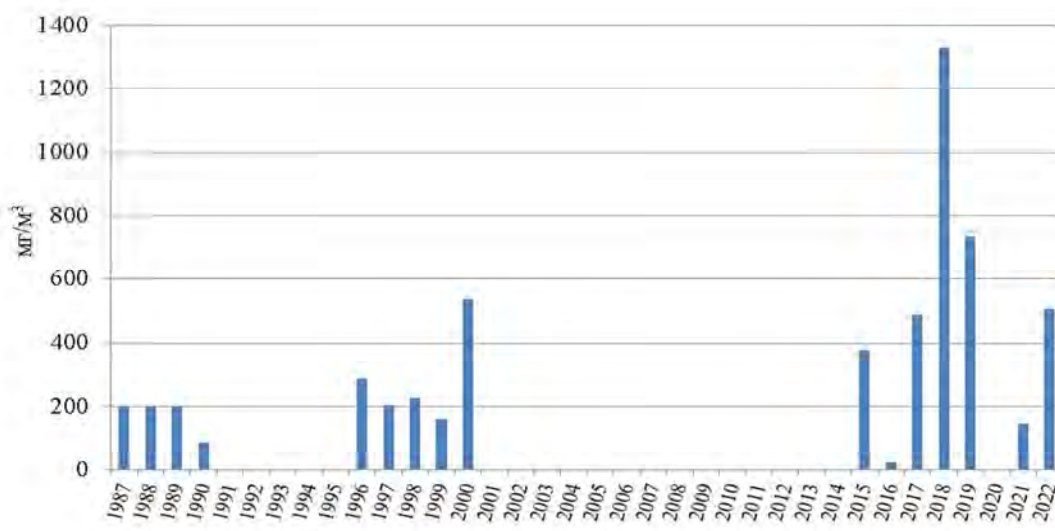


Рисунок 1.3.5 – Межгодовая динамика биомассы зоопланктона Посольского сора в раннелетний период

В зоопланктоне сора Черкалов состав доминантов по численности и биомассе в разные годы был следующим. В 1972 г. [8] в водоеме в массе развивались кладоцеры (*Syda crystallina*). В 1989–1990 гг. [6] численность планктона сора в конце мая 1989–1990 гг. и 1997 г. определяли веслоногие ракообразные, в 1998–1999 гг. – коловратки, биомасса сообщества создавалась веслоногими ракообразными, среди которых доминировала их молодежь, *Cyclops kolensis*, а также, вследствие мелководности сора, *Harpacticella inopinata*. В 2016 г. [7] в конце июня по численности доминировали веслоногие ракообразные и коловратки, по биомассе – ветвистоусые ракообразные. В 2017 г. в начале лета численность определяли представители рода *Synchaeta*, биомассы – копеподиты *Eudiaptomus graciloides*; к концу июня – *Euchlanis pyriformis*. В 2022 г. по численности доминировали коловратки и веслоногие ракообразные главным образом *Brachionus calyciflorus* и копеподиты Harpacticoidae, по биомассе – веслоногие ракообразные (Harpacticoidae разных стадий развития) и коловратки (*Brachionus calyciflorus*) (данные БайкалНИРО).

В зоопланктоне дельты Селенги состав доминантов в разные годы был следующим. В 1971 г. [8] как по численности, так и по биомассе преобладали копеподы, наиболее обычными были *Paracyclops fimbriatus*, *Acanthocyclops viridis*. Многоводный 1971 г. характеризовался преобладанием в сообществе дельты коловраток и кладоцер, что можно объяснить усиленным развитием зарослевых форм на затопленных паводком прибрежных лугах; максимум развития был отмечен в июне с преобладанием коловратки *Brachionus*



*calyciflorus*. В 1972 г. [8] в структуре и по численности и биомассе преобладали копеподы. В третьей декаде мая 2022 г. (данные БайкалНИРО) доминировали *Synchaeta* sp. и *Brachionus calyciflorus*, науплиальные и копеподитные стадии веслоногих ракообразных, по биомассе – веслоногие ракообразные (*Cyclops kolensis* и копеподитные стадии циклопов).

В зоопланктоне залива Провал состав доминантов по численности и биомассе в разные годы был следующим. В 1971 г., 1973–1974 гг. [8] основу биомассы составляли эпишура, байкальский циклоп, а также *Bosmina longirostris*, *D. longispina*, *P. dolychoptera*, *K. cochlearis*, *Synchaeta* sp. В 2016 г. [7] в первых числах июня по численности доминировали коловратки, по биомассе – веслоногие ракообразные. В 2017 г. [7] в конце мая-середине июня доминирующим видом по численности была *Polyarthra dolichoptera*, по биомассе – веслоногие рачки науплиальных стадий. В третьей декаде мая 2022 г. по численности доминировали веслоногие ракообразные и коловратки (*Polyarthra dolichoptera*) в близком соотношении, биомасса сообщества определялась развитием веслоногих ракообразных (*Cyclops kolensis*, *Diacyclops bicuspidatus* и *Epischura baicalensis*) (данные БайкалНИРО).

В зоопланктоне Ангарского сора состав доминантов был следующим. В 1963 г. [8] по биомассе преобладали копеподы, в 1977 г. – коловратки. В 1992 г. [6] в середине июня наиболее массовыми были коловратки, которые определяли и численность, и биомассу. В июне-июле 1998 г. [6, 9] основу численности зоопланктона составляли коловратки р. *Asplanchna* и веслоногие рачки (циклопы и диаптомусы науплиальных стадий), биомассу зоопланктона сора создавал *C. strenuus* (в основном его старшие и взрослые стадии). В июле 2020 г. по численности в соре доминировали коловратки (*Ascomorpha* sp. и *Polyarthra dolichoptera*), по величинам биомассы – коловратки (*Asplanchna priodonta*), биомасса веслоногих рачков определялась преимущественно развитием *Cyclops kolensis*. В июне 2022 г. по численности доминировали коловратки (*Synchaeta* sp. и *Asplanchna priodonta*), по биомассе – коловратки (*Asplanchna priodonta*) (данные БайкалНИРО).

### **1.3.3.3 Динамика количественных показателей зоопланктона в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал**

Иркутским госуниверситетом в период с 3 по 5 августа 2022 г. осуществлялось исследование зоопланктона Малого моря на сетке станций пяти разрезов принятой Лимнологической станцией СО РАН в 50-е годы: разрез 1 заложен по горловинной части зал. Мухор от устья р. Сармы до бухты южнее м. Улан; разрез 2 заложен от бух. Мухор-Халэ до бух. Тутырхейская; разрез 3 заложен от бух. Мухор-Халэ до бух. Семисосенная;

разрез 4 разрез заложен от м. Улан-Хын до бух. Елгай (Тагай); разрез 5 заложен от м. Ядыртуй до бух Мал Хужир (Харгит, Сергит). Разрезы 2 и 3 согласно классификации, М. М. Кожова [10], находятся в южной части Малого моря, 4 и 5 – в средней по пяти перпендикулярным главной оси пролива разрезам.

На каждом разрезе (кроме 1) располагались по одной центральной и две прибрежные станции. Прибрежные станции близ материкового северо-восточного и противоположного юго-западного берега вдоль острова Ольхон располагались над глубинами менее 1 м. Центральные станции – над максимальной глубинной отметкой по разрезу примерно в его средней части. На мелководном разрезе 1 была отобрана одна тотальная проба зоопланктона над глубиной 6 м.

В состав прибрежного зоопланктона исследованных участков Малого моря по нашим данным входят не менее 28 видов (таблица 1.3.3, по данным ИГУ). Самой разнообразной оказалась группа Rotifera – не менее 22 видов, что составило 79 % от всего состава. Группа Copepoda представлена немногочисленными науплиальными и копеподитными стадиями развития байкальского эндемика *Epischura baicalensis*, веслоногих рачков *Cyclops kolensis* и гарпактикцид. Ветвистоусые рачки отмечены единичными экземплярами видов *Chydorus sphaericus*, *C. baicalensis* и *Alona setosocaudata*. Подавляющее большинство идентифицированных до видового уровня организмов зоопланктона – широко распространенные космополитные и палеарктические виды. Качественный состав прибрежного зоопланктона существенно ниже по сравнению с имеющимися литературными данными [11–15] и нашими данными, полученными при предыдущих исследованиях (2014 г.).

Таблица 1.3.3 – Качественный состав прибрежного зоопланктона исследованных участков Малого моря (оз. Байкал, август 2022 г.)

Таксоны	Разрез 1	Разрез 2		Разрез 3		Разрез 4		Разрез 5	
	устье р. Сармы - бухта южнее м. Улан (п/п 1)	бух. Мухор-Халэ (п/п 2)	бух. Тутырхейская (п/п 3)	устье р. Курмы (п/п 9)	бух. Семисосенная (п/п 4)	м. Улан-Хын (п/п 8)	бух. Елгай (Тагай) (п/п 5)	м. Ядыртуй (п/п 7)	бухта Мал. Хужир (Харгит) (п/п 6)
<b>Copepoda</b>									
<i>Epischura baicalensis</i>	+	+	+		+				+
<i>Cyclops kolensis</i>	+			+	+			+	+
Harpacticoida		+		+		+	+	+	

Таксоны	Разрез 1	Разрез 2		Разрез 3		Разрез 4		Разрез 5	
	устье р. Сармы - бухта южнее м. Улан (п/п 1)	бух. Мухор-Халэ (п/п 2)	бух. Тугырхейская (п/п 3)	устье р. Курмы (п/п 9)	бух. Семисосенная (п/п 4)	м. Улан-Хын (п/п 8)	бух. Елгай (Тагай) (п/п 5)	м. Ядыргуй (п/п 7)	бухта Мал. Хужир (Харгит) (п/п 6)
<b>Cladocera</b>									
<i>Alona setosocaudata</i>						+		+	
<i>Chydorus sphaericus</i>	+								
<i>C. baicalensis</i>								+	
<b>Rotifera</b>									
<b>Bdelloidea</b>		+				+	+	+	
<i>Bipalpus hudsoni</i>	+								
<i>Cephalodella</i> sp.									+
<i>Collotheca</i> sp.	+	+							
<i>Dicranophorus</i> sp.					+				
<i>Euchlanis ligulata</i>	+			+		+		+	
<i>Filinia terminalis</i>			+		+				
<i>Kellicottia longispina</i>	+	+	+		+		+		+
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>K. cochlearis tecta</i>				+					+
<i>K. quadrata</i>	+	+	+		+				
<i>Lecana aspersa</i>		+				+		+	+
<i>L. flexilis</i>							+		
<i>L. lunaris</i>				+					
<i>Notholca rectospina</i>		+	+	+		+		+	
<i>N. squamula</i>								+	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	+								
<i>Polyarthra</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synchaeta grandis</i>	+		+		+	+	+	+	
<i>S. stylata</i>	+		+	+	+	+			+
<i>Synchaeta</i> spp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trichocerca longiseta</i>	+								

Прибрежный зоопланктон заливов характеризуется высокими показателями численности – от 23 до 425 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Основу численности зоопланктона определяли коловратки, численность ракообразных составляла не более 0,2–9,6 % (таблица 1.3.4, по данным ИГУ). При этом необходимо отметить, что среди Rotifera максимального количественного развития достигали мелкие коловратки рода *Synchaeta*, численность которых составляла от 43 до 96 % от общей. Как уже отмечено выше, веслоногие ракообразные представлены всеми возрастными стадиями, однако именно младшие

копеподитные стадии и науплии составляли основу их численности. Кроме того, отмеченные кладоцеры и часть коловраток являются представителями мейобентоса. Преобладание зоопланктонов мелкого размерного диапазона ожидаемо приводит к значительному снижению показателей общей биомассы прибрежного зоопланктона.

Сравнивая полученные структурные и количественные показатели прибрежного зоопланктона с данными за 2012 и 2014 гг., можно сделать предварительный вывод, что состав и плотность населения зоопланктона принципиально отличаются в 2022 г.

Таблица 1.3.4 – Общая численность (N, тыс. экз. м<sup>-3</sup>) прибрежного зоопланктона и количественные показатели групп (Rotifera, Cladocera, Copepoda) и их процентное соотношение (оз. Байкал, август 2022 г.)

Место отбора		Общая	Rotifera	Cladocera	Copepoda
Разрез 1	устье р. Сармы - бухта южнее м. Улан (п/п 1)	16,0	15,7	0,02	0,28
		100 %	98,1 %	0,1 %	1,8 %
Разрез 2	бух. Мухор-Халэ (п/п 2)	23	21,8	-	1,2
		100 %	94,8 %	-	5,2 %
	бух. Тутырхейская (п/п 3)	192	191	-	1
		100 %	99,5 %	-	0,5 %
Разрез 3	устье р. Курмы (п/п 9)	32,3	29,3	-	3
		100 %	90,7 %	-	9,3 %
	бух. Семисосенная (п/п 4)	64	63	-	1
		100 %	98,4 %	-	1,6 %
Разрез 4	м. Улан-Хын (п/п 8)	161,2	155	1	5,2
		100 %	96,2 %	0,6 %	3,2 %
	бух. Елгай (Тагай) (п/п 5)	211,2	210,2	-	1
		100 %	99,5 %	-	0,5 %
Разрез 5	м. Ядыртуй (п/п 7)	204	201	1,5	1,5
		100 %	98,6 %	0,7 %	0,7 %
	бухта Мал. Хужир (Харгит) (п/п 6)	425	424,25	-	0,75
		100 %	99,8 %	-	0,2 %

**В 2012 г. (год средний по водности)**, исследования зоопланктона заливов и открытой части Малого моря, проводили в конце июля, что позволяет сравнивать полученные данные. Основу биомассы зоопланктона зал. Мухор и Харин-Ирги создавали ветвистоусые *Ceriodaphnia pulchella* и *Daphnia galeata*. В заливе Мухор только один вид коловраток (*Polyarthra dolichoptera*) входил в доминантное ядро по численности. В заливе Харин-Ирги отмечена огромная численность зоопланктона (немногим более 2 млн. экз/м<sup>3</sup>)

за счет обильного развития мелких коловраток *Keratella cochlearis*, численность которых была немногим менее 1 млн.экз/м<sup>3</sup>. В бух. Загли ядро зоопланктона составляли холодолюбивые и эвритермные виды, среди которых лидировали веслоногие ракообразные *C. kolensis* и *E. baicalensis*. В открытой части прол. Малое море численность зоопланктон определяли круглогодичные коловратки *K. cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Kellicottia longispina*, а биомассу – ракообразные *E. baicalensis* и *C. kolensis* и одна из крупных коловраток Байкала *Asplanchna priodonta*. Таким образом, в конце июля среднего по водности 2012 г. во всех заливах Малого Моря зоопланктон характеризовался высокими количественными показателями и носил кладоцерно-копеподный характер с преобладанием ветвистоусых ракообразных по биомассе, доля коловраток была значима только по численности.

Исследования зоопланктона в **2014 г. (год экстремально низкий по водности)** были проведены в начале августа на постоянных точках заливов и открытой части пролива. 2014 г. характеризовался очень жарким летом. Во всех исследуемых заливах и открытой части Малого Моря обильного развития достигали теплолюбивые виды планктонной фауны коловраток и ракообразных. Численность определяли *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *Bosmina longirostris*, *D. galeata*. В доминантный комплекс по биомассе зоопланктона на всех исследуемых участках входила *D. galeata*.

**В среднем по водности 2022 г.** в первую очередь следует отметить почти полное отсутствие в пробах зоопланктона веслоногих ракообразных и кладоцер. Соперода представлены единичными экземплярами, преимущественно науплиальных стадий. Из ветвистоусых ракообразных отмечены только мейобентосные и фитофильные, в т.ч. и эндемичные, хидориды *Alona setosocaudata*, *Chydorus sphaericus* и *C. baicalensis*. Таким образом, в составе зоопланктона 2022 г. в отличие от маловодного 2014 г., доминирующее положение занимают коловратки. При этом типичные для пелагиали *Synchaeta grandis* и *S. stylata* характеризуются небольшой численностью (1–11,3 и 0,2–5,2 тыс. экз./м<sup>3</sup> соответственно) в отличие от комплекса теплолюбивых коловраток: мелких представителей рода *Synchaeta* и *K. cochlearis* (включая *K. cochlearis tecta*), *K. quadrata*, *P. dolichoptera*, составляющих до 99 % от общей численности планктонтов. Проведенное сравнение обработанных проб зоопланктона собранных в 2022 г. и имеющихся данных за 2014 г. и литературных данных [11–15] не позволяют выявить какие либо изменения обусловленные сезонными изменениями уровня озера. Выявленные структурные отличия возможно связаны с малой глубиной взятия проб в 2022 г. и недостаточной изученностью прибрежного зоопланктона в целом.

### 1.3.4 Влияние колебаний уровня воды на сообщества мейзообентоса заплесковой зоны

Изучены и частично проанализированы состав и количественные характеристики сообществ мейзообентоса (формы размером 0,1–2 мм) заплесковой зоны в период открытой воды, с акцентом на песчаные пляжи Южного Байкала, в многолетнем аспекте. Они играют важную роль в процессах круговорота, трансформации веществ, а также очистки вод, поступающих с берега в прибрежную зону. Естественно было ожидать, что эти сообщества должны быть подвержены максимальному негативному воздействию при повышении уровня Байкала, когда их биотоп (зона заплеска) затопляется полностью. Так, в годы с высоким уровнем (например, осенью 2021 г.), когда вода подступала непосредственно к береговому склону, сообщества песчаных пляжей на участке от устья р. Черная до пади Варначка (западный берег Южного Байкала) просто исчезли наряду с биотопом. Но на следующий год, при низком весеннем и ранне-летнем уровне их численность и структура вновь восстановилась до значений, сравнимых с состоянием сообществ, не подвергавшихся осеннему затоплению (2010–2013 гг., когда максимальный уровень достигал 456,9 м (рис. 1.3.6). Видится более реалистичным, что их численность регулируется в большей степени сезонным фактором.

*Таким образом, однократное и кратковременное исчезновение биотопа и самих сообществ заплеска и надводной части пляжей нельзя однозначно отнести к разряду необратимых процессов. Вопрос о том, смогут ли они восстановиться при более длительном периоде затопления, остается открытым.*

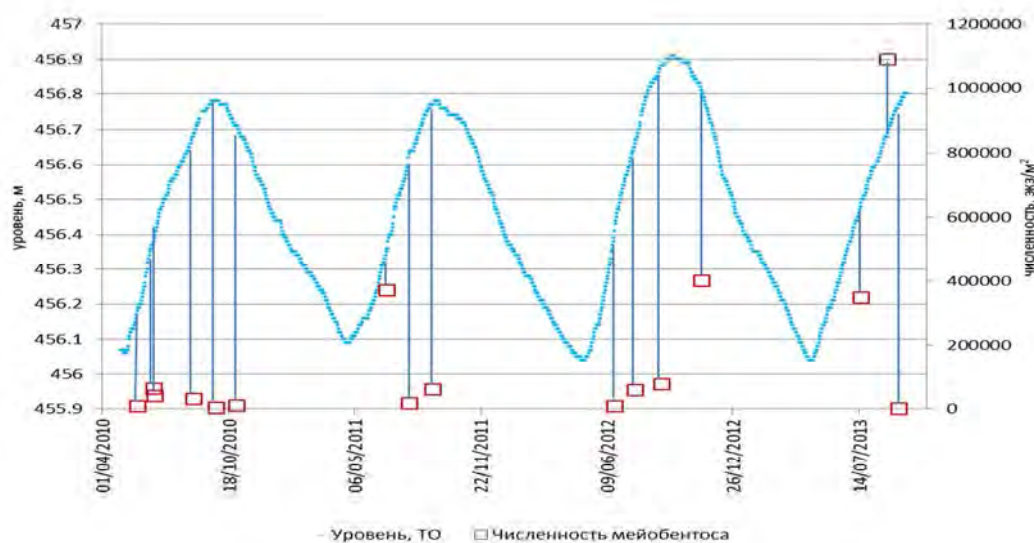


Рисунок 1.3.6 – Численность мейзообентоса песчаных пляжей заплесковой зоны в Южном Байкале на фоне кривой колебания уровня байкальских вод [2]



### **1.3.5 Влияние колебаний уровня воды на сообщества макрозообентоса литоральной и прибрежно-соровой зоны Байкала**

#### **1.3.5.1 Влияние колебаний уровня воды на сообщества макрозообентоса литоральной зоны Байкала**

Для оценки возможного влияния колебаний уровня воды (КУВ) на сообщества макрозообентоса в 2013–2016 гг. проанализированы пробы с каменистой литорали Байкала (междисциплинарный полигон у мыса Березовый), из приурезовой зоны, а также с глубин 1–1,7 м и 3 м. В приурезовой зоне пробы отбирали модифицированным бентометром, на остальных глубинах – методом «Stone-unit» [16]. Данный временной промежуток пришелся на маловодные годы [2]. Амплитуда колебаний уровня составила 101 см: минимальное его значение – 455,81 м (май 2016), максимальное – 456,80 м (сентябрь 2013). Наименьшие значения уровня воды в Байкале наблюдаются в апреле–мае, а наибольшие – в сентябре. Отбор проб произведен в июне, то есть вскоре после начала повышения уровня после весеннего минимума, и в сентябре, в период максимального уровня.

Анализ суммарных количественных показателей макрозообентоса при разном уровне воды не выявил какой-либо четкой зависимости между этими параметрами (рис. 1.3.7).

В приурезовой зоне бентометрические пробы были отобраны в июне 2013 г. и 2015 г. Средние значения численности и биомассы макрозообентоса были несколько ниже в 2013 г., чем в 2015 г. ( $16613 \pm 2162$  экз/м<sup>2</sup>;  $117,3 \pm 57,5$  г/м<sup>2</sup> и  $27957 \pm 5622$  экз/м<sup>2</sup>;  $201,4 \pm 60,4$  г/м<sup>2</sup> соответственно). Уровень воды, напротив, был выше в 2013 г. Структура проб в оба года была сходной (рис. 1.3.8). Преобладающей по численности и биомассе группой были амфиподы. Их доля в численности составила 58 % в 2013 г. и 69% в 2015 г., а в биомассе – 95% и 97% соответственно.

В приурезовой зоне причиной более высоких показателей в 2013 г., чем в 2015 г., могла быть несколько большая глубина отбора проб (0–0,3 м и 0–0,1 м соответственно). Приурезовая зона отличается высокой нестабильностью условий обитания. В такой ситуации даже незначительная разница в глубине может иметь значение. Населяющий эту зону макрозообентос, как правило, представлен подвижными организмами. Основной группой являются высокоподвижные амфиподы, которые способны быстро реагировать на изменения уровня воды в Байкале.

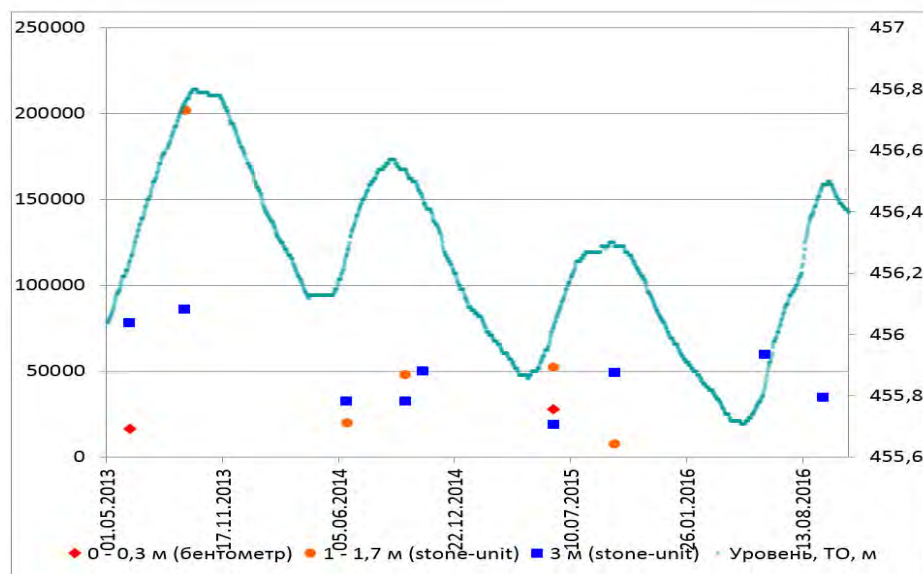


Рисунок 1.3.7 – Средняя численность макрозообентоса (экз./м<sup>2</sup>) на полигоне Березовый при различном уровне воды

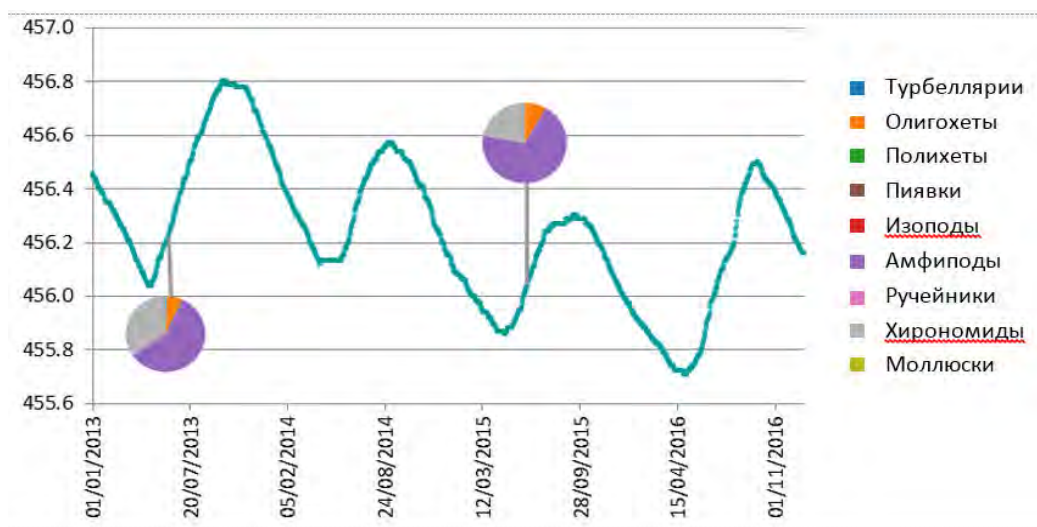


Рисунок 1.3.8 – Соотношение численности основных групп макрозообентоса в прирезовой зоне на полигоне Березовый

На глубине 1–1,7 м были отмечены резкие колебания как численности и биомассы, так и структуры макрозообентоса (рис. 1.3.7, 1.3.9). Однако данные изменения не были связаны с уровнем воды. Причем связь не прослеживалась как для высоко подвижных амфипод, так и менее подвижных олигохет и хирономид, и для малоподвижных полихет.

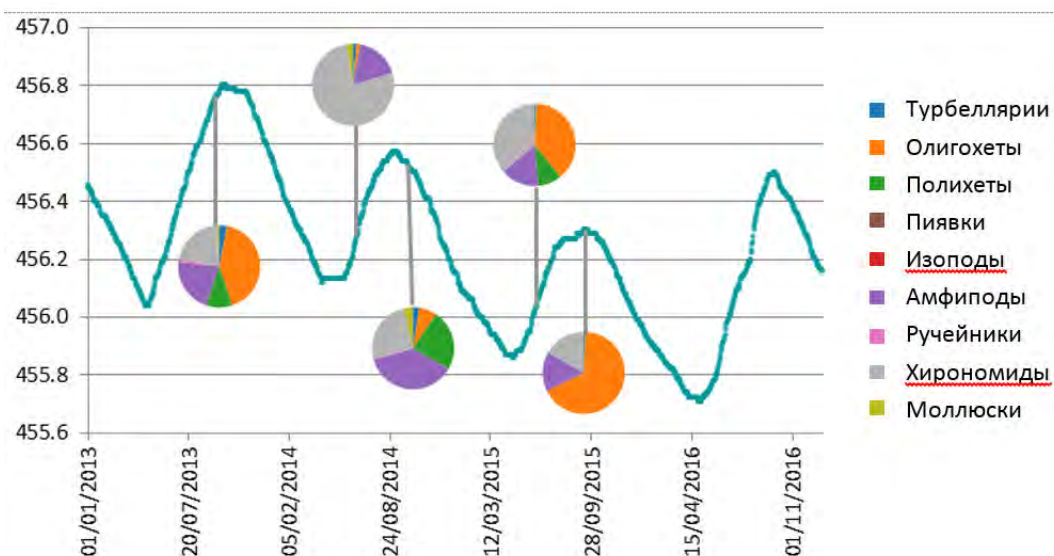


Рисунок 1.3.9 – Соотношение численности основных групп макрозообентоса на глубине 1–1,7 м на полигоне Березовый

На глубине 3 м также не было отмечено взаимосвязи суммарных количественных показателей макрозообентоса с уровнем воды в Байкале (рис. 1.3.7, 1.3.10). Максимальные средние значения биомассы были отмечены в июне 2013 г. и в июне 2016 г., хотя уровень в эти месяцы довольно сильно различался (456,25 м и 455,85 м соответственно). В сентябрьских сборах биомасса макрозообентоса также не коррелировала с уровнем воды. Самый высокий сентябрьский уровень был отмечен в 2013 г. (456,76 м), а самый низкий – в 2015 г. (456,29 м). При этом биомасса в эти месяцы мало различались ( $200,8 \pm 116,6$  г/м<sup>2</sup> и  $214,4 \pm 52,3$  г/м<sup>2</sup>). И наоборот, в 2014 г. и 2016 г. уровень был практически одинаковым (456,54 м и 456,49 м соответственно), а значения биомассы различались более, чем в два раза ( $47,1 \pm 16,5$  г/м<sup>2</sup> и  $116,6 \pm 52,2$  г/м<sup>2</sup>). Кроме того, в пределах одного года и численность, и биомасса могли как повышаться от июня к сентябрю, так и понижаться, тогда как изменение уровня между этими месяцами всегда происходит в сторону его увеличения.

Максимальная средняя численность ( $86065 \pm 42856$  экз./м<sup>2</sup>) была отмечена в сентябре 2013 г. Однако в остальные годы в сентябре, несмотря на разный уровень воды, средняя численность различалась слабо. Среди июньских проб также не отмечено никакой взаимосвязи между средней численностью и уровнем воды.

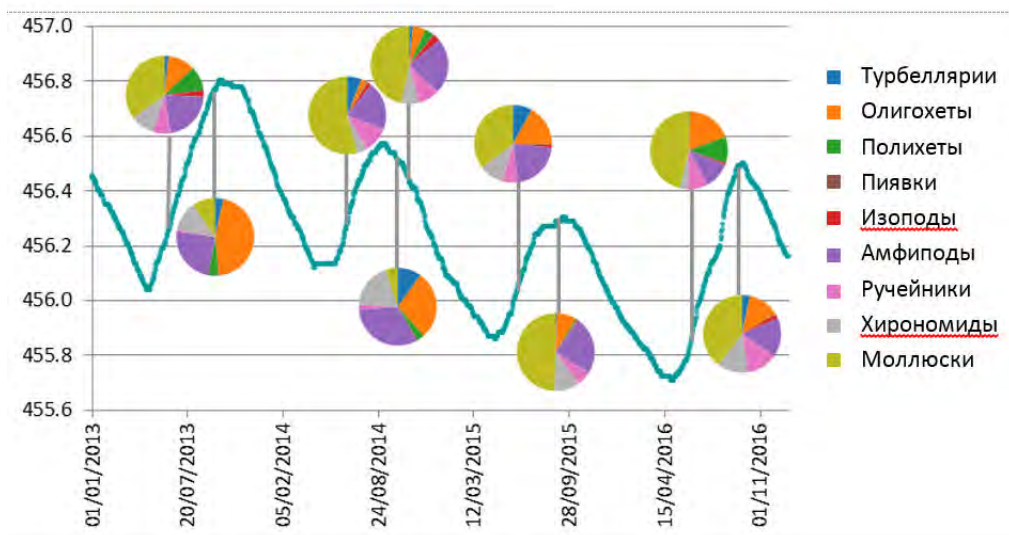


Рисунок 1.3.10 – Соотношение численности основных групп макрозообентоса на глубине 3 м

Структура макрозообентоса, обитающего на глубине 3 м, заметно изменялась на протяжении исследованного периода (рис. 1.3.10). Однако в этих изменениях не было отмечено стабильных трендов, согласующихся с колебаниями уровня.

Маловероятно, что более высокая численность и биомасса макрозообентоса на глубинах 1–3 м в 2013 г. непосредственно связана с более высоким уровнем воды. Уровень вод в 2013 г. сопоставим с тем, который был в 2001 г. [2]. Однако численность и биомасса макрозообентоса в тот период были значительно ниже (рис. 1.3.11).

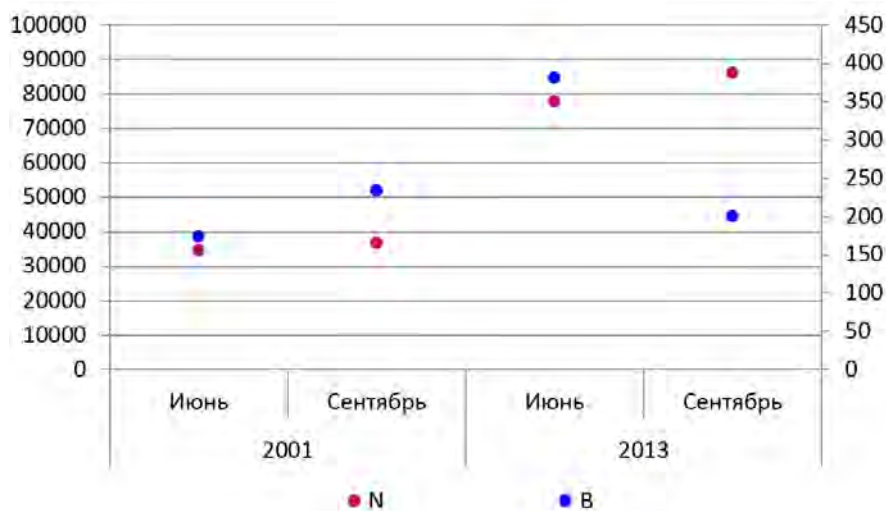


Рисунок 1.3.11 – Численность (экз./м<sup>2</sup>, левая ось) и биомасса (г/м<sup>2</sup>, правая ось) макрозообентоса в 2001 и 2013 гг.

В 2013 г. были отмечены серьезные изменения в структуре бентоса каменистой литорали, сопровождавшиеся увеличением его биомассы и численности [17]. Эти изменения – лишь часть серьезных перестроек, которые наблюдаются в прибрежной зоне

Байкала с 2012 г. и, по всей видимости, связаны с ее эвтрофированием [1, 18]. И отмеченный в 2013 г. рост количественных показателей макрозообентоса, несомненно, был обусловлен комплексным воздействием целого ряда факторов.

**Вывод.** На данный момент отсутствуют однозначные зависимости изменения структуры, численности и биомассы макрозообентоса прибрежной зоны от внутригодовых колебаний уровня оз. Байкал.

### **1.3.5.2 Таксономический состав, численность и биомасса зообентоса прибрежно-соровых участков озера Байкал, в том числе результаты весенних и летних натурных исследований 2022 г.**

В зообентосе Посольского сора в 1972 г. [19] почти не было моллюсков, уменьшилось количество амфипод в сравнении с годами до зарегулирования Байкала, не было обнаружено полихет, многочисленных в 1962 г. у Прорвы, на илах увеличилось количество хирономид (Приложение Б5). В 2015 г. [7] по численности доминировали амфиподы, по биомассе – амфиподы и моллюски; в 2016 г. [7] по численности – амфиподы, олигохеты и личинки хирономид, по биомассе – личинки хирономид. В 2017 г. [7] основу численности составляли амфиподы, биомассы – моллюски и амфиподы. В мае 2019 г. по численности доминировали олигохеты, амфиподы и двустворки, по биомассе – амфиподы, двустворки, олигохеты и пиявки. В июне 2021 г. в численности наиболее высокой была доля амфипод и олигохет, в биомассе – амфипод. В мае 2022 г. по численности доминировали олигохеты, амфиподы и двустворки, по биомассе – амфиподы, хирономиды, олигохеты и двустворки (данные БайкалНИРО).

В заливе Черкалов сор в 1972 г. по биомассе доминировали амфиподы, олигохеты и моллюски [8]. В 2015 г. [7] по численности доминировали моллюски и амфиподы, по биомассе – моллюски; в 2016 г. – амфиподы; в 2017 г. по численности – амфиподы, по биомассе – амфиподы и моллюски. В мае 2022 г. в численности наиболее высокой была доля олигохет, в биомассе – олигохет, двустворок и амфипод (данные БайкалНИРО).

В зообентосе залива Провал состав доминантов был следующим. В 2015 г. по численности доминировали амфиподы и личинки хирономид, по биомассе – личинки хирономид и амфиподы; в 2016 г. по численности – амфиподы, по биомассе – моллюски и амфиподы; в 2017 г. по численности – амфиподы и олигохеты, по биомассе – амфиподы [7]. В мае 2022 г. вклад в численность вносили главным образом олигохеты и амфиподы, биомассу – олигохеты, амфиподы и двустворки (данные БайкалНИРО).

В дельте Селенги в июне 1971 г. [8] в июне и в среднем за сезон по численности доминировали амфиподы, по биомассе в июне – амфиподы, в среднем за сезон –

амфиподы и моллюски. В 1972 г. в июне по численности доминировали амфиподы и олигохеты; в среднем за сезон – олигохеты, амфиподы и моллюски; по биомассе – амфиподы, в среднем за сезон – моллюски и амфиподы. В мае 2022 г. на участках дельты, прилегающих к песчаным косам, в численности наиболее высокой была доля олигохет, в биомассе – амфипод, олигохет и двустворок (данные БайкалНИРО).

В Ангарском соре состав доминантов в разные годы был следующим. В 1963 г. [8] в июне-июле 1963 г. доминировали пиявки. В июле 1973 г. по биомассе доминировали моллюски и олигохеты. В июле 2020 г. основной вклад в численность вносили хирономиды, биомассы – хирономиды, олигохеты и двустворки; в июне 2022 г. по численности доминировали хирономиды, олигохеты и двустворки, по биомассе – двустворки (данные БайкалНИРО).

### **1.3.5.3 Динамика количественных показателей макрозообентоса в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал**

В составе зообентоса пролива Малое Море встречены представители фауны донных беспозвоночных следующих групп: Hydroidea, Turbellaria, Nematoda, Hirudinea, Polychaeta, Oligochaeta, Isopoda, Amphipoda, Gastropoda, Bivalvia, Chironomidae, Trichoptera, Ostracoda, Bathynellidae и Acariformes. Это обычные для исследуемого района и для всего Байкала представители зообентоса [20–22, 10].

Отбор проб зообентоса в акватории пролива Малое Море осуществлялся в период с 1 по 7 августа 2022 г. на сетке станций по пяти перпендикулярным главной оси пролива разрезам, отличающихся друг от друга экологическими условиями (рис. 1.3.12). Разрез 1 – горловинная часть залива Мухор от устья р. Сармы до бухты южнее мыса Улан; разрез 2 – от бухты Мухор-Халэ до бухты Тутырхейской; разрез 3 – от устья р. Курмы до бухты Семисосенной; разрез 4 – от мыса Улан-Хын до бухты Елгай (Тагай); разрез 5 – от мыса Ядыртуй до бухты Малый Хужир (Харгит, Сергит). Глубины отбора проб – от 0,5 до 90 м.

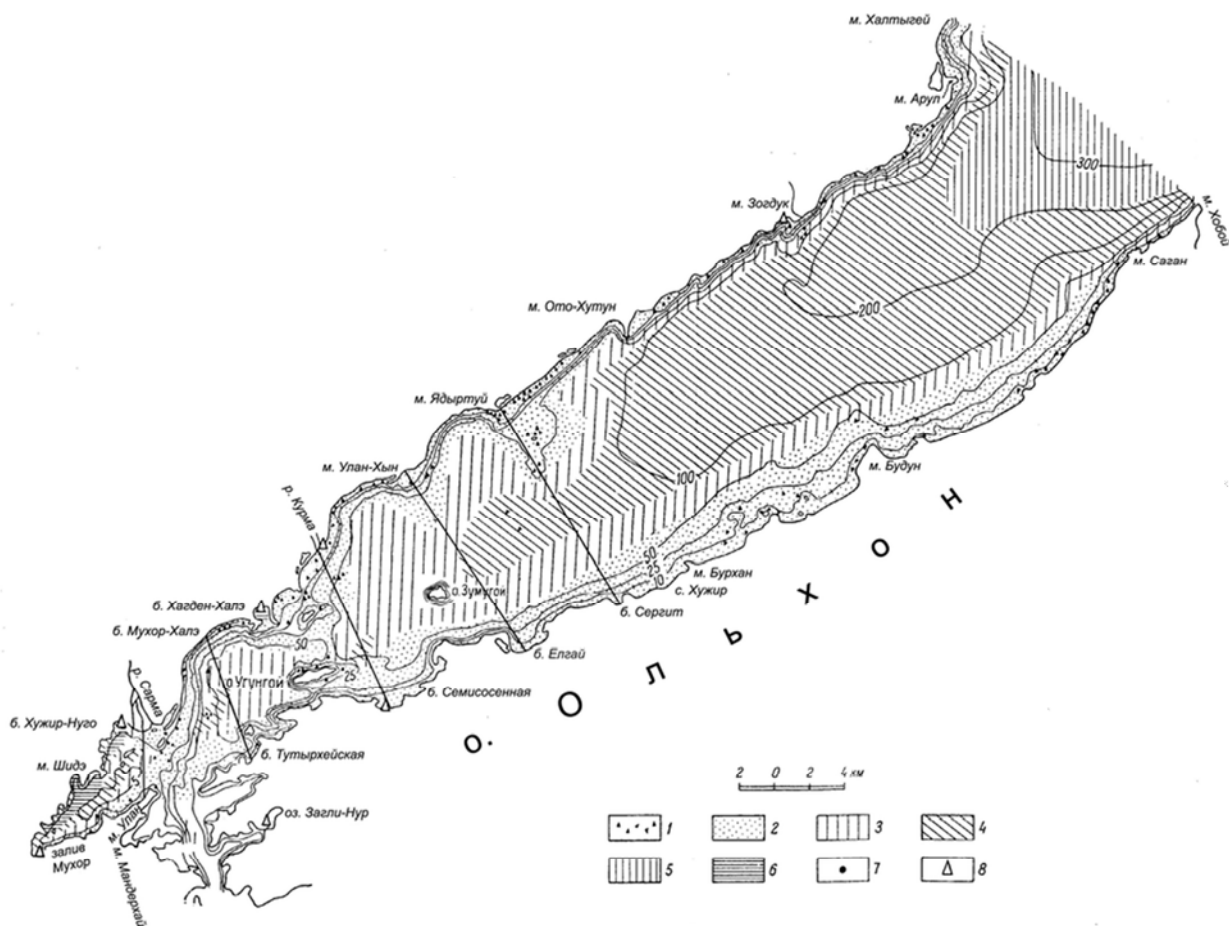


Рисунок 1.3.12 – Карта отбора проб зообентоса в акватории пролива Малое море.  
 Условные обозначения: 1 – крупный камень; 2 – песок; 3 – илистый песок; 4 – песчаный ил; 5 – ил диатомовый; 6 – ил прибрежный с растительными остатками; 7 – дополнительные сборы дночерпателем; 8 – не водные участки (скальники)

В зависимости от длины разреза и распределения глубин на нем располагалось от 7 до 20 станций. Для каждой станции установлено точное местонахождение с помощью GPS-навигатора приемника Dakota 20 (Garmin, США). Всего отобрано 80 количественных проб зообентоса. В разделе представлены результаты по изучению таксономического состава и продукционных показателей зообентоса верхней литорали (0–10 м) трёх первых разрезов Малого моря (рис. 1.3.12). Разрез 1 – данные по всем станциям разреза. Разрез 2 и разрез 3 данные только станциям, которые расположены вдоль материкового берега пролива Малое море.



При анализе полученных данных за 2022 г. по каждому разрезу были выявлены различия в распределении численности и биомассы основных таксономических групп зообентоса на разных глубинах.

Средняя биомасса зообентоса на Разрезе 1 (устье р. Сармы – бухта южнее м. Улан) на глубине 1–2 м равна 3,60 г/м<sup>2</sup> (таблица 1.3.5). Доминируют в биомассе амфиподы (72 % от общей биомассы) и моллюски (16 %). Средняя численность донного населения составляет 4680 экз./м<sup>2</sup>, наиболее многочисленны амфиподы (94 % от общей численности). На глубине 2–3 м средняя биомасса резко возрастает до 18,25 г/м<sup>2</sup> за счет олигохет, которые составляют 58 % от общей биомассы. Вместе с тем возросла биомасса моллюсков. Плотность населения, по сравнению с глубиной 1–2 м, особо не увеличилась и составила 4907 экз./м<sup>2</sup>. Основу общей численности создают олигохеты (59 % от общей численности), моллюски (14 %) и амфиподы (10 %). На глубине 3–5 м средняя биомасса по сравнению с предыдущей зоной увеличивается до 27,73 г/м<sup>2</sup>. Доминируют моллюски (46 % от общей биомассы) и олигохеты (32 %). Средняя численность достигает 8347 экз./м<sup>2</sup>. На глубинах 5–7 м средняя биомасса возрастает в 5,5 раз и составляет 164,72 г/м<sup>2</sup>. Продолжают доминировать моллюски (46 % от общей биомассы) и олигохеты (44 %). Средняя численность на глубине 5–7 м достигает своего максимума для разреза и равна 20 133 экз./м<sup>2</sup>.

Таблица 1.3.5 – Биомасса (в г/м<sup>2</sup>) и численность (в экз./м<sup>2</sup>) групп зообентоса в разных глубинных зонах Разреза 1: устье р. Сармы – бухта южнее м. Улан

Группы организмов	Глубина, м			
	1-2	2-3	3-5	5-7 м
	2014 г.			
Амфиподы	$\frac{2,08}{4920}$	$\frac{10,32}{4280}$	$\frac{8,64}{2120}$	$\frac{16,64}{10240}$
Олигохеты	$\frac{0,02}{80}$	$\frac{3,48}{3960}$	$\frac{16,84}{9520}$	$\frac{43,28}{15480}$
Моллюски	$\frac{0,04}{40}$	0 0	$\frac{8,52}{1600}$	$\frac{23,28}{3920}$
Прочие	$\frac{0,14}{520}$	$\frac{0,30}{960}$	$\frac{2,08}{680}$	$\frac{3,64}{4080}$
Всего	$\frac{2,28}{5560}$	$\frac{14,10}{9200}$	$\frac{36,08}{13920}$	$\frac{86,84}{33720}$
	2022 г.			
Амфиподы	$\frac{2,58}{4387}$	$\frac{0,46}{467}$	$\frac{2,57}{1560}$	$\frac{9,01}{2427}$
Олигохеты	$\frac{0,08}{80}$	$\frac{10,59}{2893}$	$\frac{10,68}{2733}$	$\frac{76,32}{9893}$
Моллюски	$\frac{1,00}{13}$	$\frac{6,92}{707}$	$\frac{13,87}{1654}$	$\frac{73,88}{4893}$
Прочие	$\frac{0,06}{200}$	$\frac{0,28}{840}$	$\frac{0,61}{2400}$	$\frac{5,51}{2920}$
Всего	$\frac{3,60}{4680}$	$\frac{18,25}{4907}$	$\frac{27,73}{8347}$	$\frac{164,72}{20133}$

Примечание: в числителе – биомасса, в знаменателе – численность.

Отмечается снижение численности в основных таксономических группах зообентоса в 2022 г. и увеличение (кроме глубин 3–5 м) биомассы по сравнению с 2014 г.

Средняя биомасса зообентоса на Разрезе 2 (бух. Мухор-Халэ – бух. Тутырхейская) на глубине 1–2 м равна 18,66 г/м<sup>2</sup> (таблица 1.3.6). Доминируют в биомассе олигохеты (54 % от общей биомассы) и амфиподы (40 %). Средняя численность донного населения составляет 6173 экз./м<sup>2</sup>, наиболее многочисленны олигохеты (60 % от общей численности). На глубине 2–3 м средняя биомасса резко возрастает до 100,13 г/м<sup>2</sup> за счет увеличения численности всех таксономических групп зообентоса, например, биомасса моллюсков возросла в 50 раз. Плотность населения, по сравнению с глубиной 1–2 м, увеличилась в 3,5 раза и составила 20093 экз./м<sup>2</sup>. Основу общей численности создают олигохеты (48 % от общей численности) и моллюски (31 %). На глубине 3–5 м средняя биомасса по сравнению с предыдущей зоной снизилась до 66,77 г/м<sup>2</sup>. Доминируют олигохеты (52 % от общей биомассы) и моллюски (40%). Средняя численность снизилась и достигает 10347 экз./м<sup>2</sup>. На глубинах 7–9 м средняя биомасса возрастает и составляет

83,14 г/м<sup>2</sup>. Продолжают доминировать моллюски (47 % от общей биомассы) и олигохеты (35 %). Средняя численность на глубине 7–9 м снижается и равна 7653 экз./м<sup>2</sup>.

Таблица 1.3.6 – Биомасса (в г/м<sup>2</sup>) и численность (в экз./ м<sup>2</sup>) групп зообентоса в разных глубинных зонах Разреза 2: бух. Мухор-Халэ – бух. Тутырхейская, вдоль материкового берега прол. Малое Море

Группы организмов	Глубина, м			
	1-2	2-3	3-5	7-9 м
2014 г.				
Амфиподы	-	<u>16,48</u> 8240	<u>18,16</u> 7360	<u>1,80</u> 2800
Олигохеты	-	<u>47,88</u> 53480	<u>10,48</u> 8840	<u>1,00</u> 1480
Моллюски	-	<u>117,36</u> 9440	<u>33,32</u> 4040	<u>35,64</u> 1520
Прочие	-	<u>1,04</u> 2800	<u>3,88</u> 4000	<u>0,06</u> 160
Всего	-	<u>182,76</u> 73960	<u>65,84</u> 24240	<u>38,50</u> 5960
2022 г.				
Амфиподы	7,48 1427	21,05 5613	3,09 1267	12,80 1507
Олигохеты	10,05 3720	12,53 5133	34,78 2440	29,10 3280
Моллюски	1,00 94	55,98 6453	27,03 2546	38,86 1600
Прочие	0,13 932	10,57 2894	1,87 4094	2,37 1266
Всего	18,66 6173	100,13 20093	66,77 10347	83,14 7653

Примечание: в числителе – биомасса, в знаменателе – численность.

Отмечается снижение численности в основных таксономических группах зообентоса в 2022 г. на глубинах 2–3 м и 3–5 м, снижение биомассы на глубине 2–3 м по сравнению с 2014 г.

Средняя биомасса зообентоса на Разрезе 3 (устье р. Курмы – бух. Семисосенная) на глубине 1–2 м равна 9,29 г/м<sup>2</sup> (таблица 1.3.7). Доминируют в биомассе амфиподы (61 % от общей биомассы) и олигохеты (37 %). Средняя численность составляет 8907 экз./м<sup>2</sup>, наиболее многочисленны амфиподы (70 % от общей численности). На глубине 2–3 м средняя биомасса незначительно возрастает до 12,28 г/м<sup>2</sup> за счет увеличения биомассы олигохет и моллюсков. Численность, по сравнению с глубиной 1–2 м, снизилась и составила 4520 экз./м<sup>2</sup>. Основу общей численности создают олигохеты (47 % от общей численности) и амфиподы (28 %).

Таблица 1.3.7 – Биомасса (в г/м<sup>2</sup>) и численность (в экз./ м<sup>2</sup>) в разных глубинных зонах Разреза 3: устье р. Курмы – бух. Семисосенная, вдоль материкового берега прол. Малое Море

Группы организмов	Глубина, м	
	1-2	2-3
2014 г.		
Амфиподы	11,84 35600	3,96 6480
Олигохеты	14,52 22480	6,64 5400
Моллюски	0,04 40	16,24 400
Прочие	0,18 520	0,26 640
Всего	26,58 58640	27,10 12920
2022 г.		
Амфиподы	5,66 6213	3,77 1253
Олигохеты	3,48 2400	6,74 2147
Моллюски	0,02 27	1,33 200
Прочие	0,13 267	0,44 920
Всего	9,29 8907	12,28 4520

Примечание: в числителе – биомасса, в знаменателе – численность.

Отмечается снижение численности и биомассы зообентоса в 2022 г. по сравнению с 2014 г. С увеличением глубины прослеживается снижение численности организмов как в 2014 г., так и в 2022 г.

Для определения изменений состава и продукционных показателей макрозообентоса в литоральной зоне пролива Малое Море в зависимости от изменений уровня воды была определена категория водности в 2014 и 2022 гг. В 2014 г. категория водности в озере Байкал была экстремально низкой, в 2022 г. – средняя водность.

По данным исследований в Разрезе 1 в 2014 и 2022 гг. с увеличением глубины отмечается увеличение численности и биомассы зообентоса. В 2022 г. показатели численности основных групп зообентоса ниже, чем в 2014 г. Биомасса зообентоса в 2022 г., кроме глубины 3–5 м выше, чем в 2014 г. (таблица 1.3.6).

На Разрезе 2 в 2014 г. численность основных групп зообентоса выше, чем в 2022 г. В показателях биомассы четкой картины не прослеживается (таблица 1.3.7).

На Разрезе 3 численность и биомасса основных групп зообентоса в 2014 и 2022 гг. с увеличением глубины увеличивается. Но в 2022 г. при средней водности озера Байкал показатели численности и биомассы ниже, чем в 2014 г. в период экстремально низкой водности (таблица 1.3.6).

По данным Л.С. Кравцовой с соавторами [23], которые изучали в 2008 г. хорологическую структуру населения беспозвоночных животных в зарослях высших водных растений в бухтах Хужир-Нуго (залив Мухор) и Куркутской (пролив Ольхонские Ворота) при амплитуде колебания уровня 0,85 м, средняя биомасса зообентоса была наибольшей по сравнению с данными 2014 г. В связи с этим, нами было сделано предположение, что с повышением уровня оз. Байкал наблюдается увеличение биомассы зообентоса.

По полученным предварительным данным для пролива Малое море при высокой водности численность и биомасса основных групп зообентоса ниже, чем при низкой.

#### **1.3.5.4 Влияние колебаний уровня воды на амфибиотических насекомых (Trichoptera)**

Ручейники (Trichoptera) – один из основных компонентов пищевого комка прибрежных рыб (рис. 1.3.13) [24]. Воздействие колебаний уровня воды на разные стадии жизненного цикла этих амфибиотических насекомых неоднозначно. На урезе воды разных участков каменистого побережья озера средняя плотность кладок ручейников колеблется от 469 до 4794 на 1 м<sup>2</sup>, в отдельных агрегациях превышает 35 000 кладок/м<sup>2</sup>. С увеличением глубины количество кладок уменьшается и на глубине 3 метра составляет всего 9–100 кладок/м<sup>2</sup> [25]. Кладки, отложенные над урезом воды, либо смываются прибрежной волной, либо постепенно погружаются под воду при повышении уровня (в июне–июле). Кратковременный безводный период для них не является губительным: желеобразный матрикс, в который заключены яйца, на воздухе способен уплотняться, а при повторном смачивании – набухать и увеличиваться в размерах. При понижении уровня воды кладки могут сохранять жизнеспособность в течение нескольких дней.



*Верхние фото – кладки на камне (слева) и личинка, извлеченная из домика; нижние фото – куколки (слева) и имаго на камнях*

Рисунок 1.3.13 – Стадии жизненного цикла ручейников

Личинки – подвижная стадия жизненного цикла; они способны перемещаться со скоростью около 25 см/ч. Как при подъеме уровня воды (в среднем, на 7–18 см за 10 дней с мая по сентябрь в рамках естественных КУВ), так и при его понижении (на 3 см за 10 дней с октября по апрель) личинки успевают мигрировать на комфортные для них глубины. На примере главного притока оз. Байкал – реки Селенги – показано [26], что численность и биомасса личинок ручейников по всему руслу реки в маловодные (1995–2005) годы в 1,4–2 раза больше, чем в многоводные (1987–1999).

В отличие от личинок, куколки ручейников не способны к активному перемещению по дну: их домики с запечатанными входными отверстиями прочно прикреплены к твердому субстрату. В феврале куколки эндемичных видов могут составлять до 42 % от общей численности Trichoptera в литорали Байкала. Их наиболее высокая численность зарегистрирована на глубинах 2–5 м, т.е. за пределами естественных колебаний уровня. В меньшем количестве домики куколок можно обнаружить и в непосредственной близости от уреза, где они оказываются наиболее уязвимыми: даже короткие безводные периоды неизбежно приводят к их гибели.

### **1.3.5.5 Определение влияния изменения уровня режима оз. Байкал на успешность размножения, структуру и численность майской популяции бычка желтокрылки**

Желтокрылая широколобка, наряду с голомянками, омулем и длиннокрылкой является одним из наиболее многочисленных видов рыб оз. Байкал и важным компонентом трофической структуры прибрежно-склоновой области. Молодь и взрослые особи желтокрылки в 30-е – 50-е годы играли значительную роль в питании омуля [27–31], белого хариуса [21, 32], байкальских донных сигов и налима [33, 34], крупных донных бычков [35] и нерпы [36–38]. По расчетам Е.А. Корякова [39] за год рыбами выедалось от 800 до 1000 т желтокрылки. В свою очередь нерпа выедала около 1800 т этого вида, что составляло 16% от его продукции [38]. Это свидетельствует о важной роли желтокрылки в трофической структуре литорали и прибрежно-склоновой зоне пелагиали, наиболее продуктивных зонах озера, где происходит нагул практически всех промысловых рыб озера и осуществляется их промысел.

С 1942 г. по конец 60-х годов XX века существовал промысловый лов желтокрылки, уловы которой достигали 1,8 тыс. т. в год [39]. Со второй половины 60-х годов началось катастрофическое снижение численности вида, обусловленное, по мнению ряда авторов [39–41], изменением уровня режима Байкала после строительства плотины Иркутской ГЭС, интенсивным размывом берегов в результате этого и засыпанием нерестилищ песком и галькой. В тоже время некоторые авторы [42] склонны считать главной причиной депрессии численности перелов желтокрылки. На протяжении более чем 25 лет около 70% нерестового стада мартовской и майской популяций этого вида изымались в период их вдольбереговых перемещений к нерестилищам. Биомасса желтокрылки в начале 80-х годов определена в 5 тыс. т. [43]. К сожалению, объективные данные по количеству нерестовых стад и плотности кладок икры желтокрылки, как в период ее оптимальной численности, так и в период депрессии практически отсутствуют. Тем не менее можно предполагать, что различия между максимальной и минимальной численностью составляют десятки раз.

Желтокрылая широколобка образует три экологические расы, локальных стада или популяции, различающиеся сроками нереста, местами расположения нерестилищ и их глубиной, средними размерами производителей, плодовитостью и особенностями протекания процессов гаметогенеза, продолжительностью эмбрионального развития [33, 39, 44–49]. Популяции получили название по времени размножения: мартовская, майская и августовская.



Наиболее уязвима, как для влияния естественных факторов, так и вызванных хозяйственной деятельностью является майская популяция, размножающаяся в верхней части литорали на глубинах от уреза воды до 1,5 м.

К факторам первой группы, влияющим на нее, следует отнести циклические изменения уровня озера Байкал в определенные периоды имеющие критически низкие или высокие значения и особенности изменения температуры воды в местах размножения. Экспериментальным подтверждением значимости влияния фактора уровня режима является поднятие уровня озера в начале 60-х годов XX века в результате строительства плотины Иркутской ГЭС приведшее к повышению уровня озера на 0,8–1 метр и обусловившее по мнению ряда исследователей, катастрофическое понижение численности желтокрылого бычка. К факторам второй группы следует отнести загрязнение прибрежной зоны озера в результате хозяйственной деятельности приводящее к интенсивному развитию в этой зоне сине-зеленых водорослей и сбор икры желтокрылки человеком.

Следует сразу оговориться, что в период размножения майской популяции желтокрылки интенсивного развития спирогиры на всех исследованных нами участках отмечено не было. В свою очередь интенсивный сбор икры желтокрылки был отмечен нами на нерестилищах в районе Южного Байкала в местах, непосредственно прилегающих к населенным пунктам (Слюдянка, Муравей, Солзан), который приводил практически полному истреблению отложенной икры к концу периода ее эмбрионального развития.

Таким образом, в местах, исключая влияние на размножение факторов второй группы, основными лимитирующими факторами могут быть воздействие изменения уровня и температурный режим.

Достижение пороговых значений температуры в 1,5–2°С у самого уреза воды, в период образования заберегов, служит стимулом к началу нереста. Именно в зоне глубин 0–0,2 м первые кладки желтокрылки начинают отмечаться в конце апреля – первых числах мая. По мере распаления льда и прогрева воды зона оптимальной для нереста температуры перемещается в большие глубинные горизонты, что приводит к увеличению площади дна прибрежной зоны оптимальной для нереста. Наиболее глубокие участки дна пригодные для нереста (зона неплотно упакованных крупных камней и валунов, простирающаяся в большинстве участков до глубин 1,5–2 м) осваиваются желтокрылкой последними во второй – третьей декадах мая.

Несмотря на то, что размах колебаний уровня между минимальными значениями маловодных лет и максимальными многоводных может достигать двух и более метров,

различия этих лет по показателям уровня режима в весенний период (май) обычно не превышают 0,2–0,4 м, о чем свидетельствуют данные ежедневных изменений уровня озера в годы различающиеся по уровню водности.

В связи с размножением майской популяции желтокрылки в весенний период, период минимальных значений уровня режима, негативное воздействие экстремально высоких и высоких значений уровня озера не отмечается. В то время как в экстремально маловодные и маловодные годы отклонение от принятого нормального диапазона 457–456 м может достигать 0,5–0,6 м.

В связи с этим, при проведении исследования размножения бычка желтокрылки в 2022 г. основное внимание нами было уделено оценке распределения кладок этого вида на его нерестилищах вдоль восточного побережья Южного Байкала и Малого Моря на глубинах от уреза воды до 0,6–0,8 м. Исследования проводились в период с 10 мая по 1 июня на 8 разрезах. На Южном Байкале 4 разреза были равномерно расположены на участке от п. Сухой ручей до р. Солзан, в районе Малого Моря разрезы были расположены от м. Курма до м. Ядыртуй.

Учет кладок желтокрылки осуществлялся методом визуального подсчета кладок. На каждом глубинном горизонте устанавливалась металлическая рамка площадью 4 м<sup>2</sup> внутри которой операторами обследовались все потенциально пригодные для нереста камни (не плотно упакованные, под которыми имелось свободное пространство размером не менее 2–4 см). При этом осуществлялся подсчет потенциально пригодных для нереста камней на каждой площадке, камней, содержащих кладки рогатковидных рыб, количество кладок на 1 камень. В ходе проведения работ осуществлялась фото фиксация каждого камня, содержащего кладки. На каждой площадке изымалось от 10 до 20 кладок в которых проводился подсчет общего количества икринок, икринок погибших от выедания беспозвоночными (икринки с прогрызенными отверстиями) и икринок, погибших от других не выясненных причин. В дальнейшем проводился пересчет полученных показателей на 1 м<sup>2</sup> для каждого глубинного горизонта с шагом 0,1 м. Для расчета ущерба использовались показатели плотности кладок и количества отложенной икры, полученные в период их максимальных значений (пика нереста), в связи с тем, что в дальнейшем отмечалось начало выклева личинок от наиболее рано отложенной икры и, как следствие, снижение значений плотности отложенной икры.

Для оценки площади дна береговой зоны используемой желтокрылкой для нереста предварительно был проведен визуальный осмотр с моторной лодки всей береговой линии на участках п. Сухой ручей – Танхой на Южном Байкале и м. Курма – м. Арул на Малом

Море. Пригодные площади на Южном Байкале составили 57%, а на Малом Море 48% площади береговой зоны этих участков.

Первые единичные кладки икры желтокрылки в 2022 г. были отмечены нами на нерестилищах в районе поселков Сухой ручей, Муравей и Мангутай 10 мая 2022 г. Максимальное количество кладок на этих участках отмечалось 21 мая (таблицы 1.3.8–1.3.10).

Проведенные в 2022 г. работы в р-не п. Сухой ручей (таблица 1.3.8) свидетельствуют о том, что на этом участке сохраняются основные структурные характеристики нерестилищ желтокрылки, отмеченные нами [50] ранее. Так в 2003 г. среднее количество кладок, приходящееся на 1 камень, составило 1,3, в 2005 – 1,75, а в 2022 – 1,6 кладки. Количество кладок на 1 м<sup>2</sup> в 2003 г. составляло 7,2, в 2005 г. – 9,9, а в 2022 г. – 7,6 кладки.

Таблица 1.3.8 – Характеристика нерестилищ желтокрылки на юго-восточном побережье оз. Байкал в р-не п. Сухой ручей 21 мая 2022 г.

Показатель	Зона глубин, м			
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
Кол-во камней пригодных для кладки	6,3	5,3	5,2	4,3
Кол-во камней с кладками	1,2	1,75	1,8	1,2
Кол-во кладок на 1 м <sup>2</sup>	4,4	8,1	10,4	2,4
Среднее количество икринок в кладке	1526,7	1502,7	1484,0	1410,0
Кол-во икринок на м <sup>2</sup>	6756,3	12218,6	15478,3	3553,2
% погибших икринок на м <sup>2</sup>	11,3	17,3	24,0	26,1
Кол-во живых икринок на м <sup>2</sup>	5995,5	10061,3	11704,2	2625,8

В ходе проводимых ранее исследований [50–52] не были отражены особенности распределения кладок желтокрылки по горизонтам глубин прибрежной зоны. В работах 2022 г. в связи с их целями этому было уделено особое внимание. Как видно из таблицы 1.3.8, несмотря на наибольшее количество камней пригодных для нереста в зоне наименьших глубин, как количество камней с кладками, так и их количество увеличивается по мере возрастания глубины нерестилищ и достигает максимума на горизонте 0,4–0,6 м. В тоже время на глубинах свыше 0,8 м кладки отмечаются единично.

В районе п. Муравей количественные характеристики нереста имели 2–4,6 раза меньшие величины (таблица 1.3.9), что отмечалось и в ходе предыдущих исследований нерестилищ на Южном Байкале. Следует отметить, как и в районе п. Сухого ручья, наибольшие значения всех показателей также отмечались в диапазоне глубин от 0,4 до 0,6 м, вместе с тем распределение по зонам глубин было более равномерным.

Таблица 1.3.9 – Характеристика нерестилищ желтокрылки на юго-восточном побережье оз. Байкал в р-не п. Муравей 21 мая 2022 г.

Показатель	Зона глубин, м			
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
Кол-во камней пригодных для кладки	4,3	6,0	4,7	3,8
Кол-во камней с кладками	0,5	0,17	0,5	0,25
Кол-во кладок на 1 м <sup>2</sup>	1,8	1,4	2,3	1,4
Среднее количество икринок в кладке	1531,0	1504,0	1488,0	1280,0
Кол-во икринок на м <sup>2</sup>	2805,0	2126,2	3475,0	2074,0
% погибших икринок на м <sup>2</sup>	10,7	17,0	22,5	25,4
Кол-во живых икринок на м <sup>2</sup>	2501	1753,5	2694,6	1547,2

В ходе отбора проб на этих же участках 28 мая 2022 г. было установлено практически полное уничтожение кладок в результате их сбора человеком, для дальнейшего использования в качестве наживки при ловле хариуса.

Проведенными нами ранее, в 2014 г. исследованиями, в районе Малого моря были установлены критически низкие величины плотности кладок желтокрылки. В районе Улан-Хана, Ядыртуя и Отто-Хушуна на 1 м<sup>2</sup> дна они соответственно составляли 0,05, 0,08 и 0,1 кладки, что практически в 3 раза ниже чем в 2004 г. [50].

21 мая 2022 г. плотность кладок желтокрылки была практически в сто раз выше по сравнению с 2014 г. (таблица 1.3.10). При этом, в отличие от нерестилищ, расположенных на Южном Байкале, наибольшее количество камней с кладками и их плотность на 1 м<sup>2</sup> были выше, в зонах глубин 0–0,2 и 0,2–0,4 м.

Таблица 1.3.10 – Характеристика нерестилищ желтокрылки в районе Малого моря 21 мая 2022 г.

Показатель	Зона глубин, м			
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
Кол-во камней пригодных для кладки	6,3	7,1	3,8	3,4
Кол-во камней с кладками	2,1	4,4	0,1	0,1
Кол-во кладок на 1 м <sup>2</sup>	7,7	7,9	0,1	0,1
Среднее количество икринок в кладке	1549,3	1501,7	1507,5	1413,0
Кол-во икринок на м <sup>2</sup>	11994,4	11989,7	188,45	179,0
% погибших икринок на м <sup>2</sup>	12,3	17	23,5	25,5
Кол-во живых икринок на м <sup>2</sup>	10581,4	9788,0	144,2	133,3

В ходе работ, проведенных 28 мая 2022 г. (таблица 1.3.11) установлено некоторое повышение показателей плотности кладок и количества отложенной икры, что обусловлено продолжающимся подходом производителей и продолжением процесса нереста.

Таблица 1.3.11 – Характеристика нерестилищ желтокрылки в районе Малого моря 28 мая 2022 г.

Показатель	Зона глубин, м			
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
Кол-во камней пригодных для кладки	4,5	4,4	3,0	3
Кол-во камней с кладками	2	1,3	0,4	0,4
Кол-во кладок на 1 м <sup>2</sup>	9,15	5,9	0,9	0,9
Среднее количество икринок в кладке	1515,5	1498	1520	1410
Кол-во икринок на м <sup>2</sup>	13872	8807,5	1330	1330
% погибших икринок на м <sup>2</sup>	11,5	16,5	25,0	25,5
Кол-во живых икринок на м <sup>2</sup>	12146,9	7328,9	997,5	1922,8

Так в глубинном горизонте 0–0,2 м количество икры, отложенной на 1 м<sup>2</sup> дна незначительно увеличилось, а в зоне глубин 0,2–0,4 м уменьшилось (таблицы 1.3.10, 1.3.11). В тоже время в зонах глубин 0,4–0,6 и 0,6–0,8 м произошло увеличение фонда отложенной икры в 7,0 и 7,4 раза соответственно. Увеличение количества отложенной икры в этих зонах глубин обусловлено смещением зоны оптимальных для размножения температур на большие глубины и нерестом именно там позднее подходящих производителей. Так 21 мая 2022 г. температура воды на глубине 0,2 м составляла 5,9 °С, а 28 мая здесь температура уже достигала 8,4 °С, тогда как на глубине 0,6 м 21 мая она была 3,9 °С, а 28 мая уже достигла 5,6 °С.

Повышение эффективности размножения майской популяции желтокрылки на нерестилищах в Малом море в 2022 г. по-видимому обусловлено как улучшением общей экологической обстановки на этом участке Байкала, так и снижением пресса выедания личинок и взрослой желтокрылки омулем в связи со снижением его численности в последние годы и отсутствием его массового захода для нагула в пролив Малое море.

Таким образом, зона нерестилищ майской популяции желтокрылки ограничивается с одной стороны урезом воды, выше которого ориентировочно еще на 0,5 м располагается полоса неплотно упакованных камней, которые потенциально, при повышении уровня могут использоваться желтокрылкой для нереста. С другой стороны, зона нерестилищ ограничивается полосой песчаных, и песчано-каменистых грунтов, расположенных на глубинах свыше 1,5–2 м.

**Вывод.** В связи с этим умеренное повышение уровня воды весной в период размножения желтокрылки увеличивает потенциальные площади пригодные для нереста.

Оптимальным в период размножения желтокрылки (с начала мая по конец первой декады июня) является постепенное повышение уровня, составляющее 3–5 см за декаду, т.е. 12–20 см за весь период. В свою очередь пониженные значения уровня в маловодные годы снижают потенциальные площади нерестилищ, тем самым негативно воздействуя на воспроизводство бычка желтокрылки. Однако следует отметить, что указанное негативное воздействие будет иметь место лишь при условии оптимального состояния популяции вида, когда площади нерестилищ будут полностью осваиваться размножающейся частью популяции (нерестовым стадом). Непосредственное негативное воздействие будет иметь место в случае понижения уровня озера в период нереста желтокрылки с начала мая по конец первой декады июня.

Поученные показатели плотности икры на нерестилищах желтокрылки по зонам глубин дают возможность оценить негативное воздействие изменения уровня на ее численность и обеспеченность пищей омуля как основного потребителя молоди и взрослых особей желтокрылки.

#### **1.3.5.6 Анализ влияния уровня режима Байкала на нерестилища *Cottomephorus grewinkii* в литоральной зоне в июне и августе 2021–2022 гг.**

Для количественного учета кладок майского и августовского нерестовых стад желтокрылки *Cottomephorus grewinkii* в южной части Байкала в июне 2021 г. нами было заложено 16 опытных площадок в районах пос. Култук, г. Слюдянка, пос. Сухой ручей и г. Байкальск. От уреза перпендикулярно береговой линии под водой по дну озера протягивались размеченные 50-ти метровые рулетки. Предварительно во время прохода на моторной лодке вдоль береговой линии для площадок выбирались участки мелководий с наиболее широкими полосами с выраженным галечно-валунным многоярусным материалом. Такие полосы многоярусного галечно-валунного материала являются предпочтительным субстратом для строительства гнезд у самцов желтокрылки в период нереста [33, 53]. Расположение площадок от уреза до глубин 3–4 м. Учет кладок мартовского нерестового стада не осуществлялся (подледный период). Координаты точек уреза напротив трансект, где проводились водолазные работы по нахождению гнезд и подсчету в них кладок, приводятся в таблице 1.3.12.

Таблица 1.3.12 – Координаты точек уреза напротив площадок, где проводились водолазные работы по учету кладок икры желтокрылки

Район работ	Координаты уреза	Номера трансект
г. Слюдянка	51°40'00,1''N; 103°42'55,5''E.	1, 2
	51°40'00,4''N; 103°42'55,2''E.	3, 4
	51°39'33,7''N; 103°43'52,3''E.	5, 6, 7, 8
пос. Култук	51°43'43,1''N; 103°44'06,2''E.	9,10
пос. Сухой ручей	51°38'21,7''N; 103°46'25,0''E.	11, 12
г. Байкальск	51°30'35,6''N; 104°12'07,8''E.	13, 14
	51°31'26,3''N; 104°10'52,0''E.	15, 16

Водолазы по очереди проходили с металлической рамкой площадью 1 м<sup>2</sup> с обеих сторон растянутой по дну рулетки и, метр за метром, переворачивали все возможные камни в поисках гнезд и кладок икры желтокрылки. В случае обнаружения гнезда проводился подсчет в нем кладок, в случае обнаружения самца визуально определяли его состояние и активность, с помощью водолазного компьютера измерялась глубина, а при помощи вытянутой рулетки фиксировалось расстояние удаленности гнезда от уреза. Вся информация записывалась на подводный слейв. За одно погружение водолазом обследовалось дно площадью 50 м<sup>2</sup>.

Учетные работы проводились на протяжении двух лет: июнь 2021 и 2022 гг., начало сентября 2021 г. и конец августа 2022 г. (таблицы 1.3.13–1.3.18). Ниже приводим данные по учету кладок икры майского и августовского нерестовых стад желтокрылки по районам и сезонам за 2021 и 2022 гг.:

**Район г. Слюдянка:**

1) 13 июня 2021 г. майское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам (трансектам), в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,1/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,58 м<sup>2</sup>, среднее значение по шести площадкам общей площадью 300 м<sup>2</sup> – 0,25/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 4, минимальная глубина залегания кладок 0,4 м с удаленностью от уреза на 11 м.

2) 03 сентября 2021 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,06/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,26/м<sup>2</sup>, среднее значение по шести площадкам общей площадью 300 м<sup>2</sup> – 0,13/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 4, минимальная глубина залегания кладок 1,2 м с удаленностью от уреза на 14 м.

3) 12 июня 2022 г. майское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,08/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,24/м<sup>2</sup>, среднее значение по шести площадкам общей площадью 300 м<sup>2</sup> – 0,17/м<sup>2</sup>.



Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 4, минимальная глубина залегания кладок 0,7 м с удаленностью от уреза на 19 м.

4) 29 августа 2022 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,02/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,06/м<sup>2</sup>, среднее значение по восьми площадкам общей площадью 400 м<sup>2</sup> – 0,02/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 2, минимальная глубина залегания кладок 1,5 м с удаленностью от уреза на 40 м.

Таблица 1.3.13 – Количественные показатели учета кладок икры желтокрылки по трансектам в зависимости от глубины и удаленности от берега на мелководье южного Байкала в районах г. Слюдянка и пос. Култук 13–14 июня 2021 г. (456,38 м ТО)

г. Слюдянка, трансекты №№ 1, 2				г. Слюдянка, трансекты №№ 3, 4			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 1	Кол-во кладок, тр. 2	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 3	Кол-во кладок, тр. 4
3	0,5	2	-	4	0,8		1
5	0,7	2	-	8	0,9	1	-
8	0,7	1	-	9	0,9	2	-
9	0,7	1	-	10	0,9	-	1
10	0,8	3	-	11	0,9	1	2
14	0,9	3	-	15	1,1	-	1
16	1,0	3	2	19	1,4	1	-
20	1,0	2	-				
21	1,0	3	2	Пос. Сухой ручей №№ 11, 12			
23	1,1	4	2	10	1,5	-	1
24	1,1	3	4	18	1,6	-	1
26	1,2	1	2				
28	1,4	1	-				

г. Слюдянка, трансекты №№ 5, 6				Севернее пос. Култук, тр. №№ 9, 10			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 5	Кол-во кладок, тр. 6	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 9	Кол-во кладок, тр. 10
11	0,4	1	-	8	1,2	1	-
16	0,8	-	3	13	1,8	1	-
20	0,9	2	-	18	2,0	0	2
21	0,9	1	-	22	2,2	1	-
24	1,0	-	2	24	2,3	-	1
27	1,2	-	3				
29	1,2	-	2				
32	1,2	3	-				
36	1,3	2	1				
42	1,4	2	-				
45	1,8	2	-				

Таблица 1.3.14 – Количественные показатели кладок икры желтокрылки в зависимости от глубины и удаленности от берега на трансектах южного Байкала в районах г. Байкальска 05 сентября 2021 г. (457,17 м ТО)

г. Байкальск, севернее главного цеха БЦБК, трансекты №№ 13, 14				г. Байкальск, напротив центральной проходной БЦБК, трансекты №№ 15, 16			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 13	Кол-во кладок, тр. 14	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 15	Кол-во кладок тр. 16
26	1,6	1	-				
28	1,7	-	1	Кладок желтокрылки нет			
35	2,1	1	1				

Таблица 1.3.15 – Количественные показатели учета кладок икры желтокрылки по трансектам в зависимости от глубины и удаленности от берега на мелководье южного Байкала в районах г. Слюдянка, пос. Сухой ручей и пос. Култук 03–04 сентября 2021 г. (457,17 м ТО)

г. Слюдянка, трансекты №№ 1, 2				г. Слюдянка, трансекты №№ 3, 4			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 1	Кол-во кладок, тр. 2	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 3	Кол-во кладок, тр. 4
9	1,7	-	2	10	1,7	1	-
14	1,9	2	-	12	1,8	2	-
23	2,1	2	-	19	2,0	-	1
29	2,0	1	-	32	2,1	-	2
31	2,1	3	-				
				Пос. Сухой ручей №№ 11,12			
				11	1,8	0	2
г. Слюдянка, трансекты №№ 5, 6				Севернее пос. Култук, тр. №№ 9, 10			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 5	Кол-во кладок тр. 6	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 9	Кол-во кладок тр. 10
14	1,2	-	1	6	1,0	1	-
17	1,3	2	-	9	1,3	-	2
31	1,8	-	1	15	1,9	1	-
39	2,1	1	-	16	1,9	0	2
44	2,1	-	2	20	2,2	1	-
45	2,1	-	2				
47	2,1	2	1				
48	2,2	4	2				
49	2,3	4	2				
50	2,3	-	2				

Таблица 1.3.16 – Количественные показатели учета кладок икры желтокрылки по трансектам в зависимости от глубины и удаленности от берега на мелководье южного Байкала в районах г. Слюдянка, пос. Сухой ручей и пос. Култук 12–13 июня 2022 г. (456,46 м ТО)

г. Слюдянка, трансекты №№ 1, 2				г. Слюдянка, трансекты №№ 3, 4			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 1	Кол-во кладок, тр. 2	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 3	Кол-во кладок, тр. 4
5,5	0,8	1	-	11,5	1,0	1	-
5,7	0,8	1	-	21	1,3	1	-
6,5	0,9	-	1	24	1,4	-	1
8,8	0,9	1	-	26	1,5	1	1
18,5	1,4	-	1	27	1,4	-	1
20,2	1,5	-	2	28	1,5	1	-
21,0	1,5	1	-	29	1,5	-	2
23,5	1,5	-	1				
24,2	1,5	1	-	Пос. Сухой ручей №№ 11, 12			
26,6	1,4	1	-	6,3	1,0	1	-
27,0	1,4	-	4	9,0	1,3	-	2
29,5	1,5	2	2	15	1,9	1	0
31,0	1,4	1	-	16	1,9	0	2
				20	2,2	1	-
г. Слюдянка, трансекты №№ 5, 6				Севернее пос. Култук, тр. №№ 9, 10			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 5	Кол-во кладок, тр. 6	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 9	Кол-во кладок, тр. 10
19	0,7	4	2	10	1,1	1	-
20	0,7	1	-	17	1,7	-	1
21	0,7	1	1	42	3,0	0	1
27	0,9	-	2				
29	1,0	1	-				
37	1,1	-	1				
44	1,4	0	3				
47	1,4	3	0				
48	1,4	2	0				

Таблица 1.3.17 – Количественные показатели кладок икры желтокрылки в зависимости от глубины и удаленности от берега на трансектах южного Байкала в районах г. Байкальска 13 июня 2022 г. (456,46 м ТО)

г. Байкальск, севернее главного цеха БЦБК, трансекты №№ 13, 14				г. Байкальск, напротив центральной проходной БЦБК, трансекты №№ 15, 16			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 13	Кол-во кладок, тр. 14	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 15	Кол-во кладок, тр. 16
32	1,4	-	2	13	0,5	-	3
35	1,6	3	-	21	0,8	1	-
36	1,7	2	-				
37	1,7	-	2				
38	1,7	4	-				
44	2,0	4	-				
50	2,2	-	2				

Таблица 1.3.18 – Количественные показатели учета кладок икры желтокрылки по трансектам в зависимости от глубины и удаленности от берега на мелководье южного Байкала в районах г. Слюдянка и пос. Култук 29–30 августа 2022 г. (456,83 м ТО)

г. Слюдянка, трансекты №№ 1, 2				г. Слюдянка, трансекты №№ 3, 4			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 1	Кол-во кладок, тр. 2	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 3	Кол-во кладок, тр. 4
34	2,0	2	-	Кладок желтокрылки не обнаружено			
г. Слюдянка, трансекты №№ 5, 6				г. Слюдянка, трансекты №№ 7, 8			
Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 5	Кол-во кладок, тр. 6	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 7	Кол-во кладок, тр. 8
44	1,6	-	1	40	1,5	2	-
45	1,7	-	1	47	1,8	-	1
				48	1,8	1	-
Пос. Сухой ручей №№ 11, 12				г. Байкальск, севернее главного цеха БЦБК, трансекты №№ 13, 14			
21	2,6	-	6/4	Кладок желтокрылки не обнаружено			
22	2,6	-	1				
27	2,8	-	4				
28	2,8	-	3	г. Байкальск, напротив центральной проходной БЦБК, трансекты №№ 15, 16			
32	3,0	-	8	Кладок желтокрылки не обнаружено			
33	3,0	4	2				
35	3,1	3	-				
36	3,3	1	3	Севернее пос. Култук, тр. №№ 9, 10			
37	3,3	2	2	Удаленность от уреза, м	Глубина, м	Кол-во кладок, тр. 9	Кол-во кладок, тр. 10
39	3,4	1	0	8	1,2	-	2
40	3,4	2	-	36	3,0	-	2
46	3,7	3	-	45	3,6	2	-
50	4,0	-	2	49	3,9	-	3
11	0,4	1	-				
16	0,8	-	3				
20	0,9	2	-				
21	0,9	1	-				
24	1,0	-	2				
27	1,2	-	3				
29	1,2	-	2				
32	1,2	3	-				
36	1,3	2	1				
42	1,4	2	-				
45	1,8	2	-				

#### Район пос. Култук:

1) 13 июня 2021 г. майское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное и максимальное значения по площадкам равны и составили – 0,06/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 2, минимальная глубина залегания кладок 1,2 м с удаленностью от уреза на 8 м.

2) 03 сентября 2021 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь; минимальное – 0,06/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,08 м<sup>2</sup>, среднее значение по двум площадкам общей площадью 100 м<sup>2</sup> – 0,07/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 2, минимальная глубина залегания кладок 1,0 м с удаленностью от уреза на 6 м.

3) 13 июня 2022 г. майское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,02/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,04/м<sup>2</sup>, среднее значение по двум площадкам общей площадью 100 м<sup>2</sup> – 0,03/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 1, минимальная глубина залегания кладок 1,1 м с удаленностью от уреза на 10 м.

4) 29 августа 2022 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,02/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,14/м<sup>2</sup>, среднее значение по двум площадкам общей площадью 100 м<sup>2</sup> – 0,09/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 2, минимальная глубина залегания кладок 1,2 м с удаленностью от уреза на 8 м.

#### **Район пос. Сухой ручей:**

1) 14 июня 2021 г. майское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – кладки не обнаружены, максимальное – 0,04/м<sup>2</sup>, среднее значение по двум площадкам общей площадью 100 м<sup>2</sup> – 0,02 м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 1, минимальная глубина залегания кладок 1,5 м с удаленностью от уреза на 10 м.

2) 04 сентября 2021 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – кладки не обнаружены, максимальное – 0,04/м<sup>2</sup>, среднее значение по двум площадкам общей площадью 100 м<sup>2</sup> – 0,02/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 2, минимальная глубина залегания кладок 1,8 м с удаленностью от уреза на 11 м.

3) 12 июня 2022 г. майское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,06/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,08/м<sup>2</sup>, среднее значение по двум площадкам общей площадью 100 м<sup>2</sup> – 0,07/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 2, минимальная глубина залегания кладок 10 м с удаленностью от уреза на 6,5 м.

4) 30 августа 2022 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,58/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,92/м<sup>2</sup>, среднее значение по двум площадкам общей площадью 100 м<sup>2</sup> –

0,75/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 10, минимальная глубина залегания кладок 2,6 м с удаленностью от уреза на 21 м.

#### **Район г. Байкальск:**

1) 04 сентября 2021 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – кладок не обнаружено, максимальное – 0,04/м<sup>2</sup>, среднее значение по четырем площадкам общей площадью 200 м<sup>2</sup> – 0,02 м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 1, минимальная глубина залегания кладок 1,6 м с удаленностью от уреза на 26 м.

2) 13 июня 2022 г. майское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; минимальное – 0,02/м<sup>2</sup>, максимальное – 0,26/м<sup>2</sup>, среднее значение по шести площадкам общей площадью 200 м<sup>2</sup> – 0,12/м<sup>2</sup>. Максимальное количество кладок на 1 м<sup>2</sup> – 4, минимальная глубина залегания кладок 0,5 м с удаленностью от уреза на 13 м.

3) 30 августа 2022 г. августовское нерестовое стадо средние по количеству значения кладок по площадкам, в пересчете на площадь 50 м<sup>2</sup>; на всех четырех опытных площадках, а также за их пределами нами не было обнаружено гнезд и кладок икры желтокрылки.

Следует отметить, что весь каменистый субстрат на мелководье в районе г. Байкальска на момент проведения работ повсеместно и интенсивно зарос нитчатыми водорослями. Большие объемы оторванных талломов заполнили все свободное пространство в углублениях дна. Толщина отмирающих водорослей в отдельных местах достигала 7-10 см. При 100 % проективном покрытии дна и высокой плотности зарослей зелёных нитчатых водорослей каменистый субстрат на обширных территориях мелководья озера становится недоступным для нереста желтокрылки [54, 55].

Для того чтобы разобраться, как напрямую, и на какую величину может повлиять падение уровня в Байкале на кладки желтокрылки в исследованных районах, мы приводим графики распределения кладок по глубине с привязкой уровня озера на момент проведения работ (рис. 1.3.14). Можно принять во внимание, что к моменту начала проводимых исследований (середина июня) из подавляющего большинства кладок уже произошло вылупление личинок, таким образом учету были подвергнуты только кладки запоздавших с нерестом производителей.

Однако, даже если это предположение верно, то основная плотность кладок майского стада приходится на 0,8–2,4 м интервал глубин.

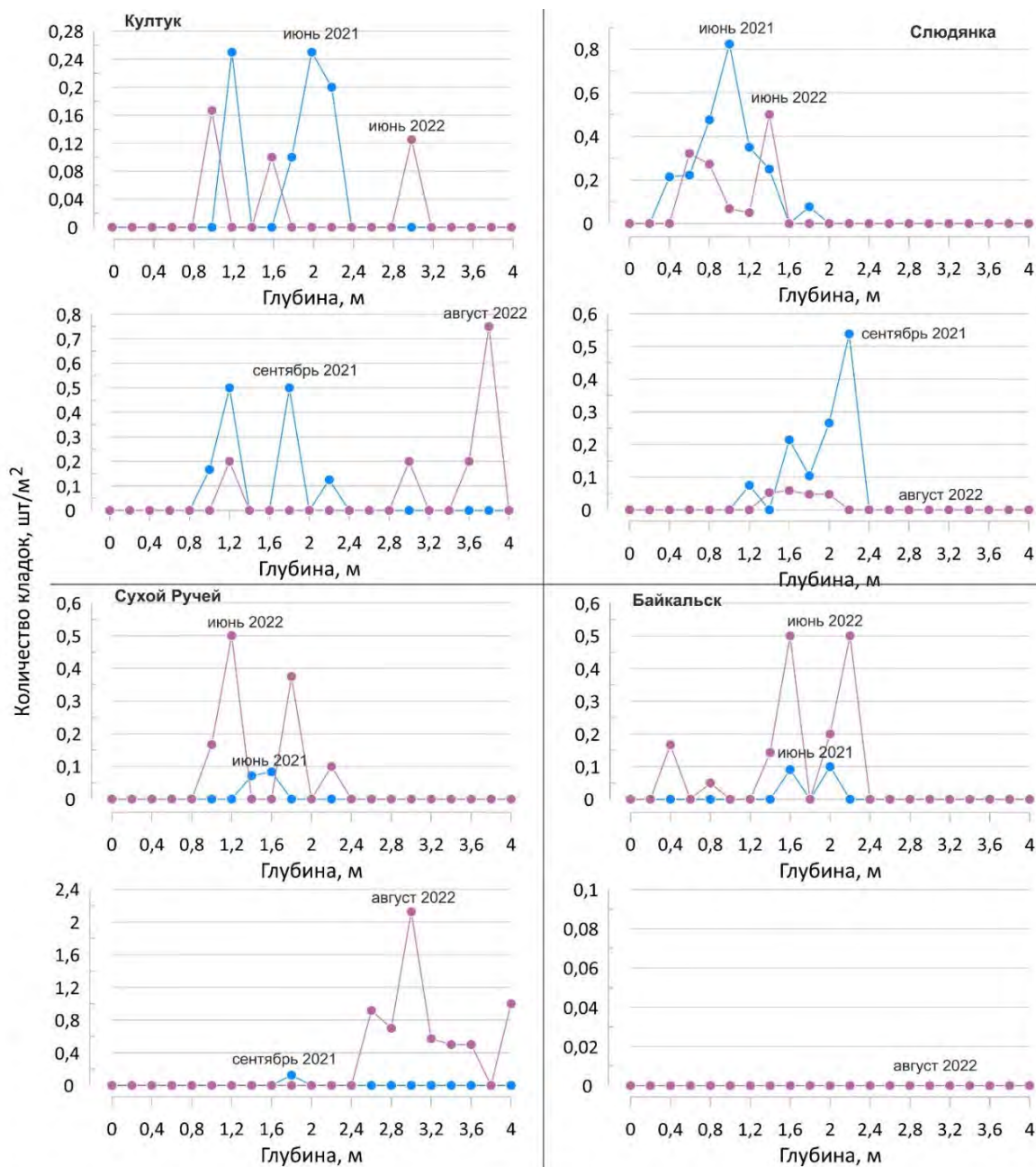


Рисунок 1.3.14 – Суммарные распределения кладок желтокрылки майского и августовского нерестового стада

Таким образом, снижение уровня Байкала на 0,8 м от 456,38 м ТО (13 июня 2021 г.) может быть критичным для выживания кладок икры не только майского стада, но мартовского (инкубация икры до 90 суток). На динамику развития кладок августовского стада, вероятно, большее влияние оказывает не уровень, а зарастание дна нитчатými водорослями, в результате чего происходит снижение площадей, пригодных для отложения кладок.



### 1.3.5.7 Видовой состав, численность и биомасса, места нереста, нагула, плотность заполнения нерестилищ и продуктивность основных промысловых видов рыб

Ихтиофауна озера Байкал включает 53 вида и подвида рыб (вместе с акклиматизантами), относящихся к 13 семействам, к числу промысловых видов относятся 15 (Приложение Б3). Базируется промысел рыбы на Байкале на добыче байкальского омуля и т.н. частичковых видах рыб (плотва, окунь, щука, елец, язь, сазан, лещ, карась). В уловах встречаются также сом, сиг, хариус, налим, и бычок-желтокрылка.

Рыбохозяйственный водный фонд озера включает оз. Байкал с его озерно-соровой системой. На открытый Байкал приходится 3150 тыс. га. Промысловое значение имеет лишь мелководная часть Байкала, где ведется в основном промысел омуля (378 тыс. га).

Промысел частичковой группы рыб осуществляется в озерно-соровой системе Байкала: в Селенгинском промысловом районе это залив Провал (22 тыс. га), Посольский сор (3,5 тыс. га), Истокский сор (2,5 тыс. га), а также ряд озер и проток в дельте р. Селенги; в Баргузинском промысловом районе – оз. Арангатуй (6,0 тыс. га), мелководные участки Чивыркуйского и Баргузинского заливов, в Северобайкальском промысловом районе – Северобайкальский сор (2,3 тыс. га); в Маломорском промысловом районе – отдельные заливы Малого моря. Прибайкальский и Южнобайкальский промрайоны мелководными зонами промысла частичковых видов рыб не обладают.

Омуль – главная промысловая рыба озера Байкал. В последние предзапретные по омулю годы вылов эндемика составлял 50 % общего вылова рыбы. С 2018 г. в отсутствии промышленного лова байкальского омуля соотношение вылавливаемых видов рыб составило (таблица 1.3.19).

Таблица 1.3.19 – Соотношение видов рыб в промысловых уловах после 2017 г.

Виды	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2018-2021
Плотва	51,1%	37,6%	40,9%	33,4%	41,4%
Омуль*	10,0%	16,7%	19,3%	22,8%	16,7%
Окунь	12,9%	13,5%	9,9%	10,7%	11,8%
Елец	7,6%	7,3%	6,5%	5,4%	6,8%
Щука	3,5%	5,6%	5,8%	6,7%	5,3%
Карась	3,4%	4,8%	3,0%	4,3%	3,9%
Налим	3,1%	4,1%	4,4%	3,9%	3,8%
Язь	2,3%	2,1%	2,4%	2,9%	2,4%
Сазан	2,2%	4,1%	3,6%	3,3%	3,3%
Сиг	1,6%	2,0%	1,6%	2,6%	1,9%
Хариус	1,4%	1,5%	1,5%	2,1%	1,6%

Виды	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2018-2021
Лещ	0,9%	0,5%	1,0%	1,6%	1,0%
Сом	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%
Всего	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

\* - Вылов омуля коренными малочисленными народами, в научных целях и целях искусственного воспроизводства

После введения запрета на промышленный лов байкальского омуля основными промысловыми видами в Байкале стали плотва, окунь и елец, дающие свыше 60 % общих уловов.

### Рыбопродуктивность и биомасса основных промысловых видов рыб

В данном разделе рассматривается промысловая рыбопродуктивность (годовой объем добычи (вылова) водных биоресурсов, осуществленный без вреда для их воспроизводства) видов рыб оз. Байкал, для которых БайкалНИРО разрабатываются общие допустимые уловы (ОДУ) и рекомендованный вылов (РВ). Для основных видов приводится численность и биомасса промыслового запаса (часть общего запаса вида, используемого промыслом). Для основного промыслового вида – байкальского омуля приводится общая биомасса.

**Байкальский омуль.** На рис. 1.3.15 показан объем вылова омуля в целом по Байкалу с 1938 г., то есть с момента организации сбора статистических сведений о промысле, отмечены периоды запрета на лов (1969–1975, 2017–н.в.), периоды научной разведки запасов и промышленного лова. После 2017 г. по настоящее время сохраняется небольшой вылов байкальского омуля порядка 200 т в год о спецлимитах для коренных малочисленных народов Севера, в целях искусственного воспроизводства, а также в научных целях.

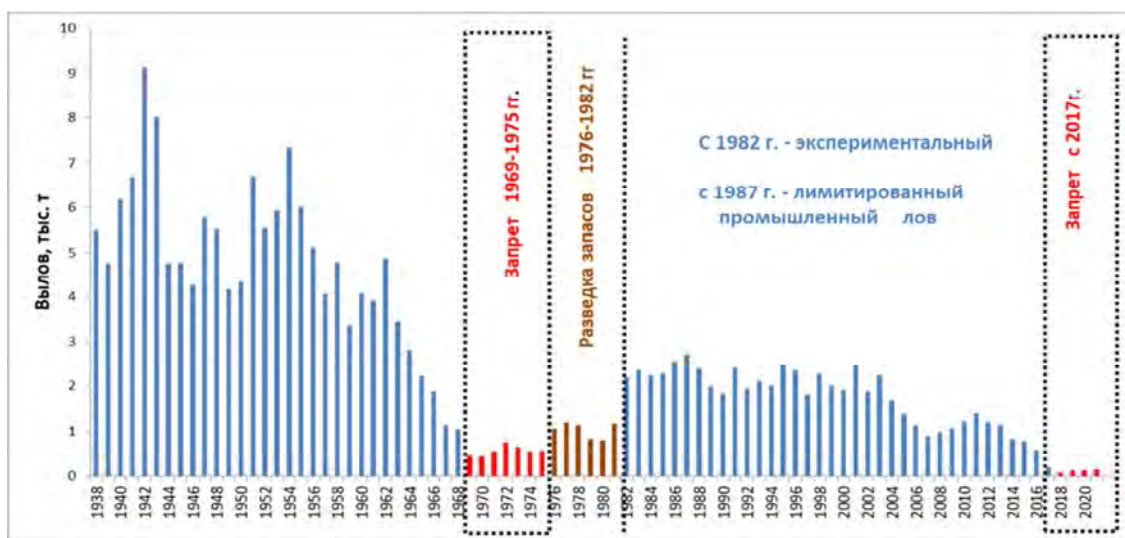


Рисунок 1.3.15 – Вылов омуля в Байкале с 1938 г.

Вылов омуля за последние 10 лет перед введением моратория на промышленный лов по районам промысла распределялся следующим образом: три района – Баргузинский, Северобайкальский и Селенгинский давали свыше 80 % общего вылова в примерно равных долях.

**Сиг.** Состояние запасов озерного сига достаточно стабильно, основными местами его обитания являются Чивыркуйский залив и Малое Море, в качестве прилова сиг обычен в Баргузинском заливе, на Северобайкальском и Селенгинском мелководьях. В последние 10 лет официальный вылов сига был минимальным в 2012 гг. – 3,7 т. С 2013 г. наблюдается устойчивый тренд увеличения уловов сига с максимумом 15,8 т в 2021 г. В 2012 г. численность сига составила 601 тыс. экз. при биомассе 389 т. Больше всего сига в качестве прилова в промысловые орудия лова добывается в Северобайкальском рыбопромысловом районе (свыше половины общего улова сига за последние 10 лет). Численность маломорского сига находится в состоянии депрессии, что отражается в снижении вылова сига в этом районе.

**Хариус.** При ведении промысловой статистики органами рыбоохраны оба подвида байкальского хариуса – *белый и черный* не разделяются и идут под общим наименованием «хариус». В 2021 г. официально представленная величина улова – 13,3 т. Численность хариуса в 2021 г. составила 491 тыс. экз., биомасса 156 т. Ведущую роль при вылове хариуса играет Северобайкальский промрайон (в среднем 70 % за последние 10 лет промысла).

**Плотва.** В 1980-х годах в период интенсивного промысла вылов плотвы находился в среднем на уровне 1270 т. В 2021 г., по официальным данным, всего по Байкалу добыто 201,7 т. В 2021 г. численность плотвы составляла 75145 тыс. шт., биомасса 2588 т.

Промысел плотвы, равно как и остальных видов частичковых осуществляется в озерно-соровой системе Байкала: в Селенгинском промысловом районе - в заливе Провал, Посольском и Истоком сорах, а также ряде озер и проток в дельте р. Селенги; в Баргузинском промысловом районе - в оз. Арангатуй, на мелководных участках Чивыркуйского и Баргузинского заливов, в Северобайкальском промысловом районе - Северобайкальском соре. Ведущую роль в промысле плотвы занимает Селенгинский промрайон (43 % общего вылова).

**Окунь.** По сравнению с 1980-ми годами уловы окуня значительно снизились, однако это снижение напрямую не связано с состоянием его запасов. Средний улов окуня за последние 10 лет стабилизировался на уровне 85 т. В 2021 г. добыто официально 64,6 т. В 2021 г. численность окуня составила 15270 тыс. шт., биомасса 1029 т. Ведущую роль в промысле плотвы занимает Баргузинский рыбопромысловый район.

**Щука.** Уловы щуки после пика во второй половине 80-х годов (максимум 177 т), неуклонно снижались и достигли минимума в 2007 г. (6,4 т). В 2021 г. официальной статистикой зафиксирован вылов щуки 40,3 т. В 2021 г. численность щуки составила 296 тыс. шт., биомасса 372 т. Ведущую роль в промысле щуки всегда занимал Северобайкальский рыбопромысловый район, где вылавливалось в отдельные годы до 60 % щуки оз. Байкал.

**Елец.** Среднегодовой вылов ельца резко снизился к началу 2000-х годов и в 2002 г. достиг абсолютного минимума – 32,1 т. С 2010 г. наблюдается стабилизация уловов ельца на уровне 55–68 т. В 2021 г. вылов составил 32,5 т. В 2021 г. численность ельца составила 10143 тыс. шт., биомасса 537 т. Добыча ельца ведётся в двух рыбопромысловых районах: Северобайкальском и Баргузинском. На долю Баргузинского района приходилось в среднем 77 % уловов этого вида. Наблюдается снижение вылова ельца в Баргузинском районе при одновременном незначительном увеличении уловов на Северном Байкале.

**Язь.** Не относится к основным промысловым видам рыб оз. Байкал. Максимальные уловы язя достигали 81 т (1987 г.). В 2013–2020 гг. наблюдалась стабилизация улова на уровне 15–18 т. В 2021 г. было поймано 17,2 т. Основная часть язя (80 %) последние 10 лет добывается на Северном Байкале.

**Сазан.** Сазан амурский является натурализованным видом в бассейне озера Байкал. Места обитания сазана приурочены в основном к бассейну р. Баргузин и в меньшей степени р. Селенги. Вылов сазана в оз. Байкал достигал 104 т (1976 г.). Однако, как в прошлом, так и в настоящем сразу после высоких уловов сазана, следовал их спад. В 2019 г. его вылов возрос до максимальной величины за последние 20 лет – 30,7 т, в 2021 г. вылов составил 20,0 т. Запасы сазана наиболее стабильны в Баргузинском промысловом районе Байкала, что связано с особенностями гидрологического режима р. Баргузин, благоприятными для воспроизводства данного вида. В Селенгинском промысловом районе запасы сазана подвержены значительным колебаниям, что обуславливает неежегодность присутствия данного вида в уловах.

**Лещ.** Регистрируется в уловах с 1996 г. В 2001–2004 гг., при средней величине – 2,8 т, уловы леща колебались в пределах 1,1–6,4 т. Начиная с 2014 г., несмотря на значительные колебания, уловы стали расти, достигнув в 2021 г. максимума в 9,5 т. С 1996 г. регистрируется в уловах Селенгинского промрайона Байкала. В 2009 г. отмечен факт поимки леща в Северобайкальском соре, в 2010 г. лещ зарегистрирован в промысловых уловах Баргузинского промрайона, отмечен лещ и в Маломорском промысловом районе.

**Карась.** Если в 90-х годах велся специализированный лов карася в малых водоёмах дельты р. Селенги, то в последующем карась стал сопутствующим видом при ведении промысла в прилегающих к дельте заливах и сорах. Средний вылов карася в 2001–2021 гг. составил 21,3 т. В 2021 г. поймано 25,8 т карася. Селенгинский промысловый район всегда был главным районом по вылову этого вида. В соровой системе района в отдельные годы добывается до 90 % карася

**Сом.** Вид стал фиксироваться промысловой статистикой с 1990 г. Средний вылов сома в Байкале в 1991–2021 гг. составил 2,1 т. Максимальный улов отмечен в 2002 г. (16,8 т). В 2021 г. вылов сома составил 1,2 т. Вылов сома приурочен к крупным рекам Байкала, бассейн которых вместе с соровой системой является местообитанием этого вида. Больше всего сома вылавливается в Баргузинском и Селенгинском промысловых районах (реки Баргузин и Селенга).

**Налим.** Запасы налима осваиваются специализированным коммерческим ловом в настоящее время только на Северном Байкале, в прочих промысловых районах он встречается только в качестве прилова. В 2021 г. вылов налима по данным официальной статистики составил 23,8 т. Как указывалось выше, практически весь промысел налима на оз. Байкал сосредоточен в Северобайкальском промрайоне.

**Бычок-желтокрылка.** В настоящее время вид не является единицей запаса. Численность, биомасса, допустимый улов Байкальским отделением ВНИРО не разрабатываются. Однако, в прошлом на Байкале существовал специализированный промысел (вентерный лов) бычка в Маломорском и Южно-Байкальском промысловых районах. В 1940–50 гг. бычки по объему вылова были на третьем месте после омуля и плотвы. Максимальный вылов составил 1724 т в 1954 г. С постройкой плотины Иркутской ГЭС, началась депрессия численности бычка и в 1972 г. вылов бычка был запрещен. В настоящее время фиксируется в качестве прилова в сетных орудиях лова.

Исходя из вышеизложенного, рассчитана рыбопродуктивность на единицу площади основных частичковых видов рыб по отдельным районам промысла за ряд лет, включающих как годы с высоким уровнем, так и с низким. Нами рассматривались различные варианты зависимостей рыбопродуктивности от максимальных, минимальных и средних уровней Байкала, уровни воды в разные месяцы года. Особенно пристальное внимание уделялось периоду воспроизводства – весенне-летним месяцам. Какой-либо значимой зависимости рыбопродуктивности от уровня воды в озере не выявлено.

Осредненные показатели за весь исследуемый период приведены в таблица 1.3.20.

Таблица 1.3.20 – Средний показатель рыбопродуктивности основных видов водных биоресурсов прибрежно-соровой системы оз. Байкал в годы с различным уровнем (кг/га)

Промрайон (акватории)	Уровень	Виды			
		елец	окунь	плотва	щука
Баргузинский (озеро Арангатуй, мелководные участки Чивыркуйского и Баргузинского заливов)	Низкий	138,8	83,3	237,1	14,6
	Высокий	61,9	101,2	129,9	18,7
	Средний	99,7	83,2	284,6	11,5
Северобайкальский (Северобайкальский сор)	Низкий	95,3	101,4	564,7	57,4
	Высокий	42,6	123,2	309,4	73,7
	Средний	68,5	101,3	677,9	45,1
Селенгинский (залив Провал, Посольский сор, Истокский сор, ряд озер и проток в дельте р. Селенги)	Низкий	0,4	7,4	78,2	1,7
	Высокий	0,2	9,0	42,8	2,1
	Средний	0,3	7,4	93,9	1,3

**Выживаемость молоди омуля большереченской популяции во время нагула Посольском соре.**

С 2018 по 2021 гг. БайкалНИРО проводило работы по выживаемости заводских личинок в первый месяц жизни после выклева на Большереченском рыбоводном заводе. С этой целью в середине июня проводились траловые съемки Посольского сора по фиксированным точкам с целью подсчета численности нагуливающейся молоди омуля (таблица 1.3.21).

Таким образом, выживаемость молоди омуля оказалась максимальной весной 2021 г. Это может быть связано с высоким уровнем Байкала (предыдущие годы были маловодными).

Таблица 1.3.21 – Сравнительные результаты траловых съемок Большого Посольского сора в 2018-2021 гг.

Год	Дата	Средний возраст личинок, сут.	Выпуск БРЗ, млн	Средняя плотность, шт/м <sup>2</sup>	Количество, млн	% от выпуска (выживаемость)
2021	8 июня	около 24	720	2,81	382	53,06
2020	13 июня	32	473	0,64	77	16,28
2019	13 июня	36	389	0,48	57	14,65
2018	6 июня	21	70	0,12	18	25,71

### 1.3.5.8 Определение степени влияния изменения уровня Байкала на паразитофауну рыб озера Байкал и анализ воздействия паразитов на популяции рыб Байкала

Работы по многолетнему ряду наблюдений за видовым составом и показателями зараженности паразитов рыб в водоемах единичны. С 1976 г. в лаборатории паразитологии и экологии гидробионтов Института общей и экспериментальной биологии (ИОЭБ) СО РАН проводятся исследования паразитов рыб, отлавливаемых в конце июня каждого года на постоянных станциях в Чивыркуйском заливе.

**Байкальский омуль.** Доминирование в структуре ихтиоценоза оз. Байкал создает предпосылки для существенного значения байкальского омуля в функционировании жизненных циклов ряда видов паразитов. Анализ многолетних изменений зараженности байкальского омуля паразитами в Чивыркуйском заливе оз. Байкал проведен по результатам исследований в летний сезон 1976–2018 гг. с отдельными разрывами между годами. Пробы байкальского омуля (15–25 экз.) брались из сетных уловов, в которых преобладали особи в возрасте от 4+ до 6+.

В фауне паразитов байкальского омуля из Чивыркуйского залива оз. Байкал насчитывается 33 вида из восьми классов. Большинство видов (23) являются эндопаразитами со сложным циклом развития, включающим промежуточных хозяев (микроспоридии, цестоды, трематоды, нематоды и скребни); восемь видов – эктопаразиты с прямым циклом развития (сосущие инфузории, кругоресничные инфузории, паразитические ракообразные). Среди паразитов байкальского омуля преобладали автогенные виды – 25; аллогенных – шесть видов. Генералисты составляют большую часть видов паразитов – 25, к специалистам относятся шесть видов.

Отмеченный 31 вид паразитов байкальского омуля (микроспоридии *Muxidium omuli* и *Leptotheca subsphaerica* нами не регистрировались) разделен на две группы: ядро (7 видов) и сателлитные (24), среди которых выделены редкие (15).

Среди семи видов ядра паразитофауны байкальского омуля в Чивыркуйском заливе доминирует *Proteocephalus longicollis*. Окончательными хозяевами *P. longicollis*, помимо омуля, являются и другие лососевидные рыбы (байкальский сиг *Coregonus baicalensis*, Dybowski, 1874; ленок *Brachymystax lenok*, Pallas, 1773, таймень *Hucho taimen*, Pallas, 1773 из оз. Байкал [56]. Основной же дефинитивный хозяин этой цестоды в оз. Байкал – омуль, принимая во внимание и высокую зараженность этим гельминтом, и значительную численность его в Байкале. Кроме лососевидных рыб, *P. longicollis* зарегистрирован также у 12 видов рогатковых рыб оз. Байкал: желтокрылки *Cottomephorus grewingkii* (Dybowski, 1874), длиннокрылой широколобки *Cottomephorus inermis*, Jakowlew, 1890,



малой голомянки *Comephorus dybowski*, Korotneff, 1904; большой голомянки *C. baicalensis*, Pallas, 1776, песчаной широколобки *Leocottus kesslerii*, Dybowski, 1874, байкальской большеголовой широколобки *Batrachocottus baicalensis*, Dybowski, 1874, пестрокрылой широколобки *B. multiradiatus*, Berg, 1907; жирной широколобки *B. nikolskii*, Berg, 1900; плоской широколобки *Limnocottus bergianus*, Taliev, 1935; красной широколобки *Procottus jeittelesii*, Dybowski, 1874, шершавой широколобки *Asprocottus herzensteini*, Berg, 1906; горбатой широколобки *Cyphocottus megalops*, Gratzianow, 1902, узкой широколобки *Limnocottus pallidus*, Taliev, 1955 [57]. Показано, что гемипопуляция *P. longicollis* у желтокрылки в течение всего года состоит только из нестробилированных червей, последующего развития цестоды в этом хозяине не происходит, то есть желтокрылка является в жизненном цикле этой цестоды в оз. Байкал паратеническим хозяином [56]. Другие виды широколобок и голомянки также могут быть паратеническими хозяевами *P. longicollis* в оз. Байкал.

Установлена отрицательная корреляция между индексом обилия *P. longicollis* у байкальского омуля в Чивыркуйском заливе и среднегодовым уровнем воды в Байкале ( $p < 0,01$ ) (рис. 1.3.16). Наличие такой связи способствует ряд факторов. Во-первых, байкальская эпишура *Epishura baicalensis*, Sars, 1900, самый массовый вид зоопланктона в оз. Байкал, является первым промежуточным хозяином *P. longicollis*. Во-вторых, эпишура обитает от поверхности до самых глубин в Байкале. В-третьих, эпишура является массовым объектом питания как омуля, так и желтокрылки, длиннокрылой широколобки, пелагической амфиподы *Macrohectopus branickii*, Dybowski 1874 и планктонного ракообразного *Cyclops kolensis*, Lilljeborg, 1901, в свою очередь входящих в основу питания омуля [58]. В-четвертых, и омуль, и эпишура избегают повышенных температур воды (13–17°C) [59]. В северной части Чивыркуйского залива, примыкающей к створу, эпишура – постоянный и один из доминирующих компонентов зоопланктона [60]. В центральной и южной частях Чивыркуйского залива эпишура размножается в подледный период; летом с прогревом воды ее численность уменьшается до минимума [61], а омуль мигрирует в северную часть залива и в открытый Байкал.

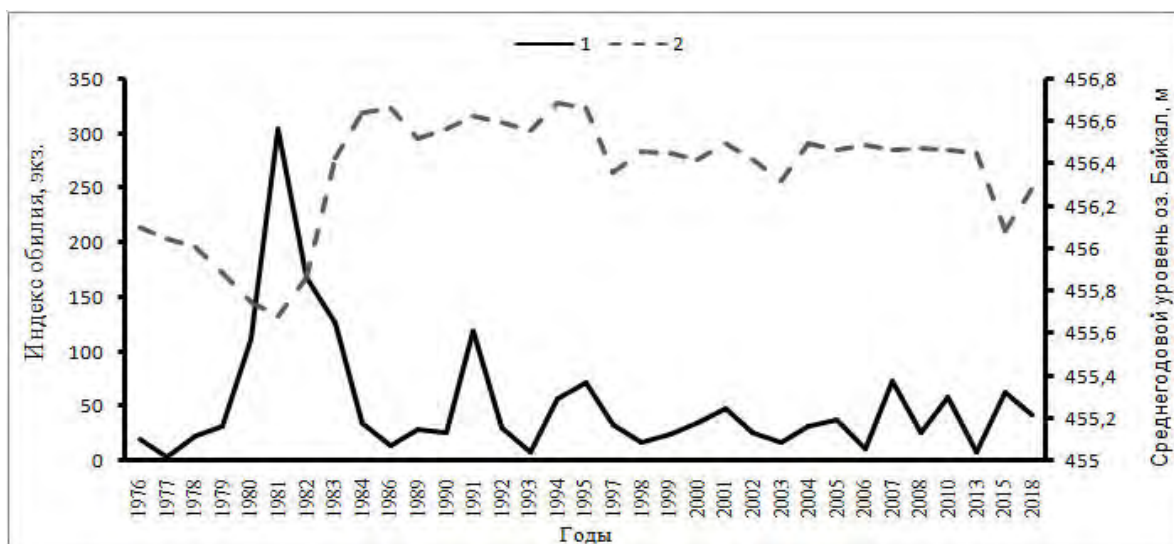


Рисунок 1.3.16 – Динамика зараженности байкальского омуля в Чивыркуйском заливе цестодой *Proteocephalus longicollis* (индекс обилия, экз.) и изменения среднегодового уровня воды в оз. Байкал на протяжении 1976–2018 гг. (1 – индекс обилия, экз.; 2 – среднегодовой уровень оз. Байкал, м)

Окончательными хозяевами цестоды *Syatocephalus truncatus* в оз. Байкал являются лососевидные виды рыб: таймень, ленок, байкальский сиг, байкальские хариусы *Thymallus baicalensis*, Dybowski, 1874, и *Thymallus brevipinnis*, Svetovidov, 1931; байкальский омуль. Промежуточные хозяева *S. truncatus* – амфиподы *Poekilogammarus pictus* (Dybowsky, 1874), *Eulimnogammarus fuscus* (Dybowsky, 1874), *Pallasea cancellus* (Pallas, 1772) в Чивыркуйском заливе оз. Байкал и *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) [62]. Зараженность омуля *S. truncatus* меньше, чем *D. dendriticum* и *P. longicollis*. Это связано с существенно меньшим значением литоральных и сублиторальных амфипод родов *Poekilogammarus*, *Eulimnogammarus*, *Pallasea* (промежуточных хозяев *S. truncatus*) в питании омуля по сравнению с планктонными ракообразными и молодью рыб (промежуточных и паратенических хозяев *D. dendriticum* и *P. longicollis*).

Вопрос о жизненном цикле *Contracaecum osculatum baicalensis* в оз. Байкал остается дискуссионным. В результате обстоятельного экспериментального исследования было установлено, что жизненный цикл *C. osculatum* в Балтийском море (контрацекум в Байкале является его подвидом) является поликсенным: дефинитивный хозяин (серый тюлень *Halichoerus grypus grypus* Fabricius, 1791) – паратенические хозяева (ракообразные) – первые промежуточные хозяева (колюшки и другие мелкие рыбы) – вторые промежуточные хозяева (треска *Gadus morhua callarias* Linnaeus, 1758 и другие крупные рыбы) [63]. Из ракообразных на зараженность личинками контрацекума были исследованы гаммариды (тысячи экземпляров придонных и донных амфипод 53 видов, а также пелагического бокоплава *Macrohectopus branickii* из Чивыркуйского залива и

других участков Байкала – личинки контрацекума *C. o. baicalensis* не были отмечены [62]. Среди рыб личинки *C. o. baicalensis* зарегистрированы, помимо омуля, еще у 15 видов рыб: лососевидных (байкальские хариусы *Thymallus baicalensis* Dybowski, 1874, и *Thymallus brevipinnis* Svetovidov, 1931, байкальский сиг, ленок), рогатковых (длиннокрылая широколобка, желтокрылка, горбатая широколобка, песчаная широколобка, плоскоголовая широколобка *Asprocottus platycephalus*, Taliev, 1955; жирная широколобка, каменная широколобка *Paracottus knerii*, Dybowski, 1874, байкальская большеголовая широколобка, голомянковых (большая и малая голомянки) и налима *Lota lota*, Linnaeus, 1758 [56, 57, 64].

В оз. Байкал молодь омуля (0+ – 2+) не заражена личинками *C. o. baicalensis*. Индекс обилия этой нематоды у омуля постепенно повышается в возрастных группах 3+ – 7+, значительно увеличивается с возраста 8+ и остается на этом уровне в последующих возрастных группах. Увеличение зараженности контрацекумом в возрастном ряду омуля соответствует наращиванию потребления им рогатковых и голомянковых рыб [65]. Такую зависимость между динамикой зараженности *C. o. baicalensis* и изменением потребления рыб по возрастным группам хозяина можно объяснить пассажированием личинок этой нематоды от рогатковых и голомянковых рыб к омулю [66]. Установлена отрицательная корреляция между индексом обилия *C. o. baicalensis* у байкальского омуля в Чивыркуйском заливе и среднегодовым уровнем воды в Байкале ( $p < 0,01$ ) (рис. 1.3.17).

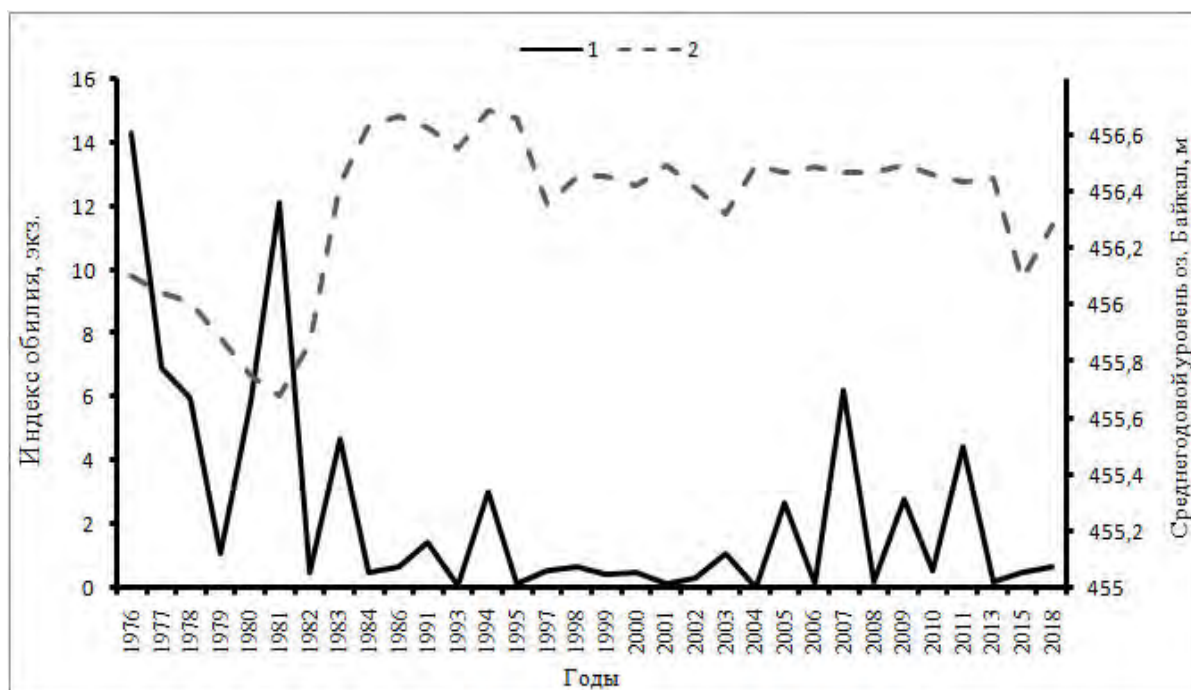


Рисунок 1.3.17 – Динамика зараженности байкальского омуля в Чивыркуйском заливе нематодой *Contracaecum osculatum baicalensis* (индекс обилия, экз.) и изменения среднегодового уровня воды в оз. Байкал на протяжении 1976–2018 гг. (1 – индекс обилия, экз.; 2 – среднегодовой уровень оз. Байкал, м)

У байкальского омуля выявлено три вида паразитических раков рода *Salmincola*: *S. extumescens*, *S. extensus* и *S. lavaretus*. Все три вида – специфичные паразиты байкальского омуля. Из них первый отнесен нами к видам ядра, поскольку отмечается во все годы исследований. *S. extensus* и *S. lavaretus* внесены нами в сателлитные виды, так как обнаруживались не во все годы исследований. Последний вид описан в 2010 г. [67] и поэтому отмечался нами только с этого года. *S. extensus* регистрировался в наших пробах омуля гораздо реже, чем *S. extumescens*, так как исследовались преимущественно особи омуля в возрасте 4+–6+, а зараженность первым рачком максимальна у хозяина в возрасте 0+–2+, значительно снижается в возрасте 3+–5+, и с возраста 6+ *S. extensus* не отмечается. В противоположность этому, *S. extumescens* отсутствует у младшевозрастного омуля (0+–2+), появляется у рыб в возрасте 3+ и зараженность этим рачком стабильна в последующих возрастных группах, которые являются наиболее массовыми в сетных уловах и преимущественно исследовались нами. Два вида раков изолированы друг от друга по локализации: *S. extumescens* – жаберная полость, верхняя часть сочленения жаберной дужки и жаберной крышки; *S. extensus* – мышечная ткань у основания грудных, брюшных, спинного, анального, жирового и хвостового плавников. Установлено расхождение по зараженности двумя видами раков в зависимости от глубины обитания хозяина: уменьшение *S. extumescens* и, наоборот, увеличение *S. extensus* с увеличением глубины [67].

*Triaenophorus crassus*, отнесенный нами к сателлитным видам, имеет эпизоотическое значение, поскольку является возбудителем мышечного триенофороза рыб, особенно патогенного для молоди лососевых и сиговых. В Чивыркуйском заливе оз. Байкал уровень зараженности плероцеркоидами *T. crassus* сиговых рыб с 1976 по 2018 гг. не вызывал опасений: экстенсивность инвазии байкальского омуля не превышала 23,6 %; интенсивность не более 6 экз.; экстенсивность инвазии байкальского сига до 5 %. Вместе с тем следует принять во внимание, что в 1954 г. в Чивыркуйском заливе был отмечен повышенный уровень зараженности байкальского омуля *T. crassus* (экстенсивность инвазии 44,4 %; интенсивность 1–9 экз.). Это не позволяет исключать повторения подобной ситуации в дальнейшем.

Большинство видов паразитов байкальского омуля отнесено нами к редким видам. Редкость трематоды *Crepidostomum farionis* у байкальского омуля отмечена Э.М. Ляйманом [68] и Н.М. Прониным [69]. Вероятно, что цикл развития этой трематоды экологически связан с байкальскими хариусами; *C. farionis* упомянут в списке ядра фауны паразитов байкальских хариусов [70].

Следующим редким видом паразита у байкальского омуля является нематода *Raphidascaris acus*; единственное упоминание о заражении печени байкальского омуля (в бухте Дагары, 1975 г.) содержится в работе Н.М. Пронина [69]. В жизненном цикле этой нематоды бентосные беспозвоночные выполняют функции паратенических хозяев, а рыбы (более 70 видов), в основном карповые, – промежуточных [71]. Личинки этой нематоды, локализующиеся в печени байкальского омуля, отмечены с низкой экстенсивностью в три летних сезона (1982, 1997 и 2017 гг.). Единственный экземпляр имаго *R. acus*, локализовавшийся в кишечнике байкальского омуля в Чивыркуйском заливе, зарегистрирован нами в 2013 г. Это первый случай обнаружения имаго данной нематоды у байкальского омуля.

В 2010 г. у байкальского омуля впервые обнаружена нематода *Camallanus lacustris*. Промежуточными хозяевами этой нематоды являются копеподы, окончательные хозяева – рыбы, преимущественно окуневые [71]. Заражение омуля этой нематодой могло произойти во время эпизодического нагула в бухтах, в которых обитают окунь и копеподы, зараженные личинками этой нематоды.

*Ergasilus sieboldi* является паразитом преимущественно карповых рыб и крайне редко отмечается у байкальского омуля, который может заразиться им от карповых рыб, или во время нагула в бухтах с высоким прогревом воды, что совсем несвойственно омулю, или во время миграции плотвы, ельца и язя в сторону открытого Байкала [67], что нехарактерно для этих карповых рыб.

**Байкальские хариусы.** Исследования паразитов черного байкальского хариуса *Thymallus baicalensis* Dybowski, 1874 и белого байкальского хариуса *Thymallus brevipinnis* Svetovidov, 1931 из Чивыркуйского залива оз. Байкал проводились в 1976–2015 гг., на протяжении этих лет деление байкальского хариуса на черного и белого проводилось далеко не во все годы, поэтому приводятся данные для объединенной группы черного и белого байкальских хариусов.

Фауна паразитов черного байкальского хариуса и белого байкальского хариуса из Чивыркуйского залива оз. Байкал, по собственным и литературным данным [57, 68, 72-74]) представлена 37 видами из 10 классов. Среди паразитов байкальских хариусов в Чивыркуйском заливе отмечен единственный вид, *Crepidostomum farionis*, зараженность (индекс обилия, экз.) которым имела статистически достоверную корреляцию (отрицательную) с изменениями уровня воды в Байкале ( $p < 0,01$ ) (рис. 1.3.18).

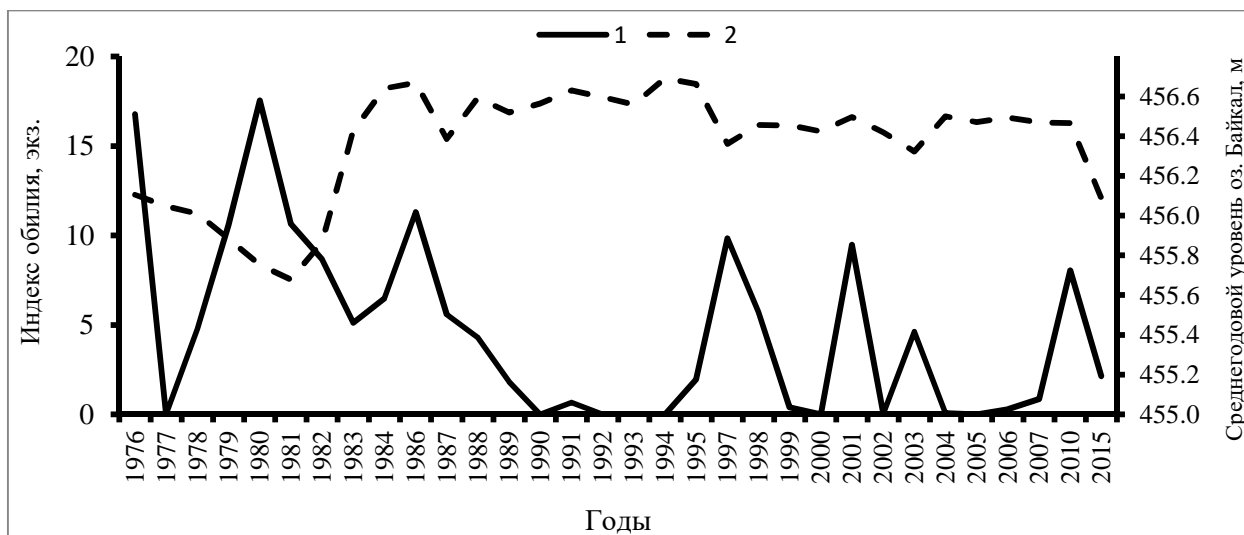


Рисунок 1.3.18 – Динамика зараженности байкальских хариусов в Чивыркуйском заливе трематодой *Crepidostomum farionis* (индекс обилия, экз.) и изменения среднегодового уровня воды в оз. Байкал на протяжении 1976–2015 гг. (1 – индекс обилия, экз.; 2 – среднегодовой уровень оз. Байкал, м)

Жизненный цикл *Crepidostomum farionis* в Байкале не изучен. Известно, что первые промежуточные хозяева *C. farionis* – двустворчатые моллюски родов *Pisidium* и *Sphaerium*. Вторые промежуточные хозяева – личинки поденок и амфиподы [75]. С учетом значительной роли «верхового» питания (потребления воздушной энтомофауны) у байкальских хариусов и выявленной связи между зараженностью *C. farionis* и уровнем воды в оз. Байкал, нами предполагается, что среди вторых промежуточных хозяев этой трематоды могут быть воздушные насекомые, например, ручейники, один из основных кормовых объектов хариусов.

**Окунь.** По результатам собственных исследований и данным из литературы [57, 70, 73, 76–79] установлено, что в паразитофауне окуня Чивыркуйского залива оз. Байкал насчитывается 32 вида из 13 классов. Нематода *Camallanus lacustris* – единственный вид паразита у окуня, связь (отрицательная) зараженности (индекс обилия, экз.) которым с изменениями уровня воды в Байкале статистически достоверна ( $p < 0,01$ ) (рис. 1.3.19). Промежуточные хозяева этой нематоды – планктонные веслоногие ракообразные, окончательные хозяева – рыбы, преимущественно окуневые, т.е. отрицательная корреляция с уровнем воды в Байкале отмечена у того паразита окуня, промежуточными хозяевами которого являются планктонные ракообразные, а сам паразит приурочен к данному хозяину.

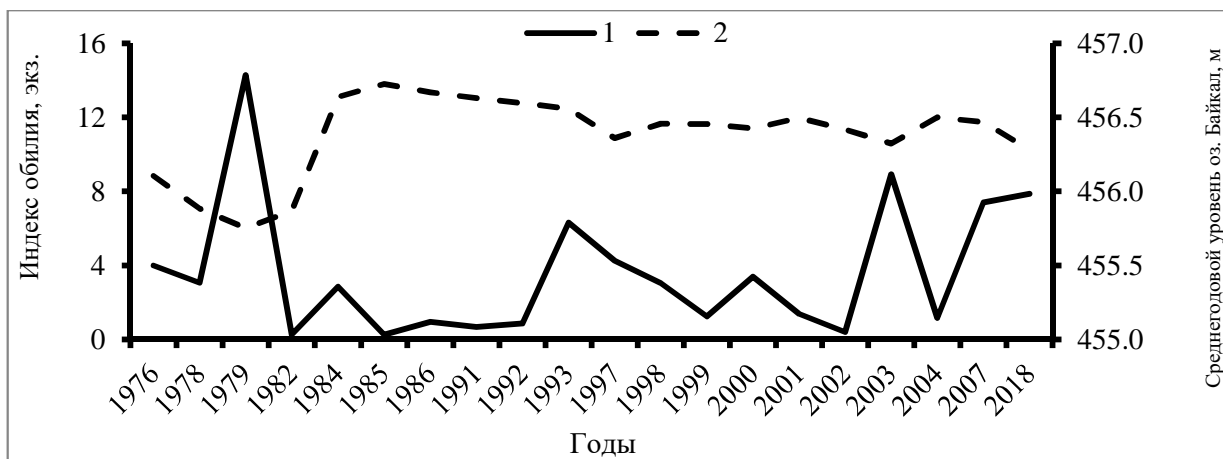


Рисунок 1.3.19 – Динамика зараженности окуня в Чивыркуйском заливе нематодой *Camallanus lacustris* (индекс обилия, экз.) и изменения среднегодового уровня воды в оз. Байкал на протяжении 1976–2018 гг. (1 – индекс обилия, экз.; 2 – среднегодовой уровень оз. Байкал, м)

**Щука.** Фауна паразитов обыкновенной щуки *Esox lucius* Linnaeus, 1758 из Чивыркуйского залива оз. Байкал, по собственным и литературным данным [57, 70, 74, 77] представлена 28 видами из 13 классов. Среди паразитов щуки в Чивыркуйском заливе отмечен единственный вид, *Raphidascaris acus*, зараженность (индекс обилия, экз.) которым имела статистически достоверную корреляцию (отрицательную) с изменениями уровня воды в Байкале ( $p < 0,01$ ) (рис. 1.3.20).

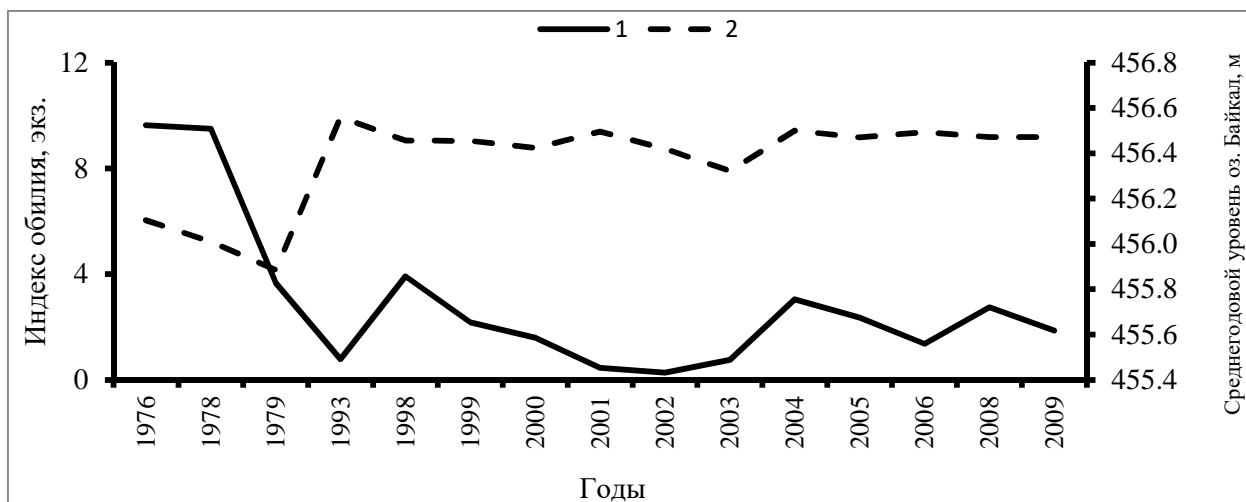


Рисунок 1.3.20 – Динамика зараженности щуки в Чивыркуйском заливе нематодой *Raphidascaris acus* (индекс обилия, экз.) и изменения среднегодового уровня воды в оз. Байкал на протяжении 1976–2009 гг. (1 – индекс обилия, экз.; 2 – среднегодовой уровень оз. Байкал, м)

**Байкальский сиг.** У байкальского сига в Чивыркуйском заливе оз. Байкал зарегистрировано 27 видов паразитов, относящихся к 12 классам. Среди паразитов байкальского сига в Чивыркуйском заливе не выявлены паразиты, зараженность (индекс



обилия, экз.) которыми имела статистически достоверную корреляцию с изменениями уровня воды в Байкале.

**Плотва.** В настоящее время, по нашим данным, у плотвы из Чивыркуйского залива оз. Байкал зарегистрировано 35 видов паразитов, относящихся к 12 классам. Среди паразитов плотвы в Чивыркуйском заливе не выявлены паразиты, зараженность (индекс обилия, экз.) которыми имела статистически достоверную корреляцию с изменениями уровня воды в Байкале.

#### **Анализ воздействия изменений паразитофауны на популяции байкальской ихтиофауны**

Общепризнанной является регуляторная роль паразитов в живой природе. Паразиты влияют на массу тела хозяев, их морфологию, физиологию, репродуктивную систему, поведение. Было продемонстрировано, что паразиты изменяют состав стабильных изотопов организма хозяина. Паразиты выполняют важную роль в функционировании, структуре и стабильности экосистем. Они воздействуют на биогеохимические циклы воды, углерода, питательных веществ и микроэлементов, а также влияют на потоки биомассы и энергии, а также на временную динамику экосистем, включая нарушения, преемственность и стабильность [80].

Нами изучено влияние плероцеркоидов цестоды *Ligula intestinalis* на линейный рост плотвы в Чивыркуйском заливе [81]. Жизненный цикл *Ligula intestinalis* проходит с участием трех хозяев: первого промежуточного (веслоногие рачки); второго промежуточного (карповые рыбы) и окончательного (рыбоядные птицы) [82]. В водоемах бассейна оз. Байкал вторыми промежуточными хозяевами ремнеца *L. intestinalis* являются плотва, елец сибирский *Leuciscus leuciscus baicalensis*, язь *Leuciscus idus*, голянь обыкновенный *Phoxinus phoxinus*. Основной второй промежуточный хозяин этого ремнеца в водоемах бассейна оз. Байкал – плотва [83]. Плотва является массовым промысловым видом в оз. Байкал, в 1991–2006 гг. ее доля в общей добыче мелкочастиковых рыб (плотвы, ельца, окуня и карася) составляла 84% [84].

Плероцеркоиды *L. intestinalis* вызывают массовые эпизоотии лигулезе среди вторых промежуточных хозяев, карповых рыб. При лигулезе рыбопродуктивность отдельных водоемов резко уменьшается вследствие гибели значительного количества зараженной рыбы, существенного снижения массы тела инвазированной рыбы и больших потерь потенциального приплода [82].

В озерах бассейна оз. Байкал и Забайкалья отмечены 6 видов ремнецов семейства Ligulidae: *L. intestinalis* (L.), *L. columbi* Zeder, *Digramma interrupta* (Rudolphi), *Schistocephalus solidus* (Müller), *S. nemachili* Dubinina, *Schistocephalus* sp. Dubinina [83].

Плероцеркоиды *L. intestinalis* локализуются в полости тела карповых рыб, непрерывно растут и заполняют ее полностью. Негативное влияние этого ремнеца на рыб проявляется главным образом в: 1) механическом воздействии на организм (сдавливании внутренних органов); 2) изымании у хозяина части питательных веществ; 3) нарушении обмена веществ в организме хозяина; 4) изменении состава крови; 5) недоразвитии половых желез или кастрации [82].

В большинстве работ продемонстрировано замедление роста рыб, зараженных плероцеркоидами ремнецов [85–88]. Наряду с этим выявлены иные проявления влияния плероцеркоидов ремнецов на линейный рост рыб. В условиях экспериментов по заражению не было выявлено воздействие плероцеркоидов ремнецов на длину тела инвазированных рыб [89, 90]. В единственной работе отмечено увеличение длины тела трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* при инвазии *S. solidus* в условиях эксперимента [91]. В одном из водоемов Франции соотношение длины тела между зараженными и незараженными *L. intestinalis* особями изменялось в возрастном ряду плотвы: в возрасте 1+ и 2+ длина тела была больше у зараженных особей, в возрасте 3+ различие не отмечено [92], то есть проявлялась вариативность влияния плероцеркоидов ремнецов на линейный рост рыб.

Пробы для анализа зараженности плотвы плероцеркоидами *L. intestinalis* получены из уловов в бухте Монахово Чивыркуйского залива оз. Байкал в 1997–2005 гг. Вылов плотвы производился мальковым неводом и ставными сетями на постоянной станции с глубинами от 3 м до уреза воды в одни и те же сроки (25 июня—5 июля). Анализ зараженности плероцеркоидами этого ремнеца проведен на основе результатов неполного паразитологического исследования 807 особей хозяина в возрасте 0+ – 10+. Для характеристики линейного роста плотвы использовалась стандартная длина тела (расстояние от начала рыла до начала хвостового плавника) [93]. Возраст плотвы определялся по чешуе [94].

Для оценки зараженности плотвы плероцеркоидами *L. intestinalis* использовали общепринятые в паразитологии показатели: экстенсивность инвазии и индекс обилия.

Отмечена стабильность уровня зараженности плотвы *L. intestinalis* в Чивыркуйском заливе оз. Байкал в возрастных группах 2+–7+ в четырехлетнем ряду наблюдений [95], что дает основание проводить анализ зараженности хозяина этим ремнецом по возрастным группам 0+–10+ в объединенной пробе за ряд лет (1997-2005 гг.).

Сеголетки плотвы в Чивыркуйском заливе оз. Байкал не заражены плероцеркоидами *L. intestinalis*, двухлетки (1+) инвазированы ими. В последующих возрастных группах уровень зараженности плероцеркоидами этого ремнеца увеличивается до максимума у

четырёхлеток (3+). У пятилеток (4+) уровень зараженности *L. intestinalis* значительно снижается, в последующих возрастных группах этот уровень продолжает уменьшаться до минимума у восьмилеток (7+). В возрасте 8+–10+ плотва не заражена этим ремнем (таблица 1.3.22).

Таблица 1.3.22 – Динамика зараженности плотвы плероцеркоидами *Ligula intestinalis* по возрастным группам хозяина в Чивыркуйском заливе оз. Байкал

Возрастные группы плотвы	Экстенсивность инвазии, %	Индекс обилия, экз.	Число исследованных рыб
0+	0	0	116
1+	7,4	0,09	54
2+	15,1	0,20	93
3+	30,8	0,54	91
4+	13,8	0,22	109
5+	11,1	0,23	90
6+	7,3	0,16	109
7+	2,2	0,03	93
8+–10+	0	0	52

Отсутствие плероцеркоидов *L. intestinalis* у сеголеток плотвы и их обнаружение у двухлеток подтверждают ранее выдвинутое предположение о заражении этого хозяина в Чивыркуйском заливе оз. Байкал с возраста 1+ [83]. Максимальный уровень зараженности плотвы плероцеркоидами *L. intestinalis* в этом заливе в возрасте 3+ и значительное снижение этого уровня в последующих возрастных группах предоставили возможность использования показателей зараженности этим ремнем для расчета смертности хозяина от паразитарного фактора в течение роста возрастной группы 3+ к возрасту 4+ [95]. В трех водоемах Франции отмечена сходная динамика зараженности плотвы плероцеркоидами *L. intestinalis* в возрастных рядах хозяина: отсутствие ремня у сеголеток, минимум у двухлеток (1+), максимум в возрасте 2+–3+, резкое снижение в возрасте 4+–5+ и отсутствие в возрасте старше 6+. Такое значительное уменьшение уровня зараженности плотвы этим ремнем в возрасте 4+ в трех водоемах объясняется, предположительно, также смертностью от паразитарного фактора [92]. Стандартная длина тела плотвы в возрасте 1+ и 2+ у зараженных *L. intestinalis* особей больше, чем у незараженных. У четырехлеток (3+) плотвы, наоборот, этот показатель зараженных ремнем особей меньше, чем у незараженных. В последующих возрастных группах (4+–6+) стандартная длина тела зараженных *L. intestinalis* особей также меньше, чем у незараженных (таблица 1.3.23). Различия по этому показателю между зараженными *L. intestinalis* и незараженными особями плотвы статистически достоверны в упомянутых возрастных группах (1+–6+). Вследствие очень малого количества зараженных плероцеркоидами *L.*

*intestinalis* экземпляров плотвы в возрасте 7+ (2 из 93 исследованных) не представляется возможным статистически корректное сравнение стандартной длины тела особей хозяина, инвазированных этим ремнецом и не инвазированных им (при этом средняя стандартная длина двух зараженных особей плотвы в возрасте 7+ значительно меньше, чем незараженных). В одном из водоемов Франции в возрастных группах плотвы 1+ и 2+ отмечены такие же соотношения длины тела между зараженными плероцеркоидами *L. intestinalis* особями плотвы и не зараженными ими, как в Чивыркуйском заливе оз. Байкал: инвазированные особи хозяина этих возрастных групп имели большую длину тела, чем незараженные. В возрасте 3+ и 4+ различия по длине тела между зараженными и незараженными рыбами не отмечены. Примечательно, что увеличение длины тела зараженного *L. intestinalis* хозяина в возрасте 1+ и 2+ наблюдается только в том водоеме, в котором значительно (кратно) выше уровень инвазии хозяина этим ремнецом по сравнению с двумя другими водоемами [92].

Таблица 1.3.23 – Стандартная длина тела зараженной и не зараженной плероцеркоидами *Ligula intestinalis* плотвы в Чивыркуйском заливе оз. Байкал

Возраст плотвы	Группа плотвы	Число рыб в группе	Стандартная длина тела плотвы, мм	<i>p</i>
1+	З	4	78,3±1,8	0,0006*
	Н	50	66,4±2,2	
2+	З	14	100,5±2,6	0,039*
	Н	79	93,9±1,1	
3+	З	28	116,4±1,9	0,022*
	Н	63	121,8±1,3	
4+	З	15	132,8±3,5	0,0004*
	Н	94	149,3±1,8	
5+	З	10	157,8±7,1	0,016*
	Н	80	175,8±1,5	
6+	З	8	180,4±8,2	0,015*
	Н	101	206,0±2,6	

Примечание. З – зараженная плероцеркоидами *Ligula intestinalis* плотва, Н – незараженная плотва, *p* – уровень значимости достоверности различий, \* различие достоверное. Средняя стандартная длина тела плотвы дана со стандартной ошибкой.

Для объяснения большего роста инвазированной *L. intestinalis* плотвы в возрасте 1+ и 2+ по сравнению с неинвазированной этим ремнецом выдвигаются 4 гипотезы. Во-первых, плероцеркоиды *L. intestinalis* могут выделять вещества, усиливающие рост рыб. Во-вторых, плероцеркоиды этого ремнеца могут специализироваться в эксплуатации репродуктивной системы хозяев, например, направляя энергию от развития гонад в сторону роста тела. В-третьих, *L. intestinalis* влияет на поведение рыб таким образом, что у

них увеличиваются пищевые потребности и зараженные рыбы проводят больше времени для нагула. Наконец, в-четвертых, увеличение длины рыб может быть либо адаптивной реакцией на паразита, либо воздействием самого паразита на хозяина для повышения шансов попадания к окончательным хозяевам [92]. Квинтэссенцией этих гипотез является то, что увеличение длины тела зараженных плероцеркоидами *L. intestinalis* рыб направлено, по всей видимости, на увеличение вероятности завершения жизненного цикла ремнеца в организме рыбоядных птиц. Необходимы дальнейшие полевые и экспериментальные исследования для аргументированного выбора наиболее адекватной (или адекватных) из представленных гипотез.

В целом влияние плероцеркоидов *L. intestinalis* на линейный рост плотвы в Чивыркуйском заливе оз. Байкал проявляется двояким образом: длина тела зараженных рыб в возрасте 1+ и 2+ больше, чем незараженных, а в возрасте 3+–6+ – меньше. Для такого разнонаправленного воздействия ремнеца на линейный рост хозяина нами предлагается термин «реверсивное влияние».

**1.3.6 Санитарно-микробиологические характеристики мелководной зоны с высокой и низкой антропогенной нагрузкой (п. Листвянка, п. Б. Коты, п. Б. Голоустное, бухты Ая и пролив Ольхонские ворота, заливы Малого моря, Чивыркуйский и Баргузинский заливы, п. Турка, г. Гремячинск, п. Новый Энхалук, Посольский сор, г. Бабушкин, п. Танхой, г. Выдрино, г. Байкальск, г. Слюдянка, п. Култук и устья рек р. Турка, р. Селенга, р. Снежная, р. Б. Осиновка, р. Солзан, р. Похабиха, р. Слюдянка, р. Култучная), в результате подтопления береговой зоны при высоком уровне озера**

Общеизвестно, что прибрежная зона водоема является экологическим барьером на пути поступающих с берега загрязняющих веществ. Здесь в результате физико-химических и биологических процессов происходит их трансформация, что способствует снижению негативного влияния на озеро в целом. В последнее десятилетие в прибрежной зоне оз. Байкал наблюдаются серьезные изменения, которые характеризуются как кризисные. Бесконтрольное развитие туристического бизнеса (возведение в водоохранной зоне многочисленных турбаз и отелей, не имеющих систем сбора и очистки сточных вод, выросшее в разы количество кораблей) привело к многократному увеличению поступления в прибрежную зону соединений азота и фосфора. Доступность питательных веществ спровоцировала массовое развитие в мелководной зоне бентосных водорослей, как типичных, так и не характерных для Байкала видов, а также цветение синезеленых водорослей.

Увеличение в 2019–2021 гг. после длительного маловодного периода речного стока в озеро, обогащённого значительным количеством биогенных элементов и органических веществ, привело к дополнительному поступлению в мелководную зону Байкала питательных веществ, повышению трофности и снижению качества прибрежной воды. Высокий уровень озера в этот период спровоцировал усиление абразии и подтопление низких участков берега что, вероятно, ухудшило экологическую ситуацию в прибрежной зоне Байкала, особенно в районах, испытывающих антропогенную нагрузку (города, поселки, центры туристической активности).

В сентябре 2022 г. в условиях максимального годового уровня озера проведены экспедиционные исследования с целью оценки влияния высокого уровня Байкала на качество прибрежной воды в районах, находящихся под влиянием речного стока и испытывающих повышенную антропогенную нагрузку. Пробы поверхностной воды отобраны в устьях 16 притоков (рр. Медлянка, Култучная, Похабиха, Слюдянка, Утулик, Солзан, Б. Осиновка, Снежная, Переёмная, Мысовка, Турка, Кика, Селенга, Баргузин, Бугульдейка, Голоустная) и в 24 районах прибрежной зоны озера (станции западного побережья – п. Листвянка, п. Большие Коты, п. Большое Голоустное, бух. Ая; заливы Малого моря, Чивыркуйский и Баргузинский заливы, Посольский сор, станции восточного побережья – районы п. Култук, г. Слюдянка, п. Утулик, г. Байкальск, п. Выдрино, п. Танхой, г. Бабушкин, п. Гремячинск) (рис. 1.3.21). В данный период уровень вод озера Байкал составил 456,85 м ТО (по данным портала ПАО «РусГидро», URL: <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/>).

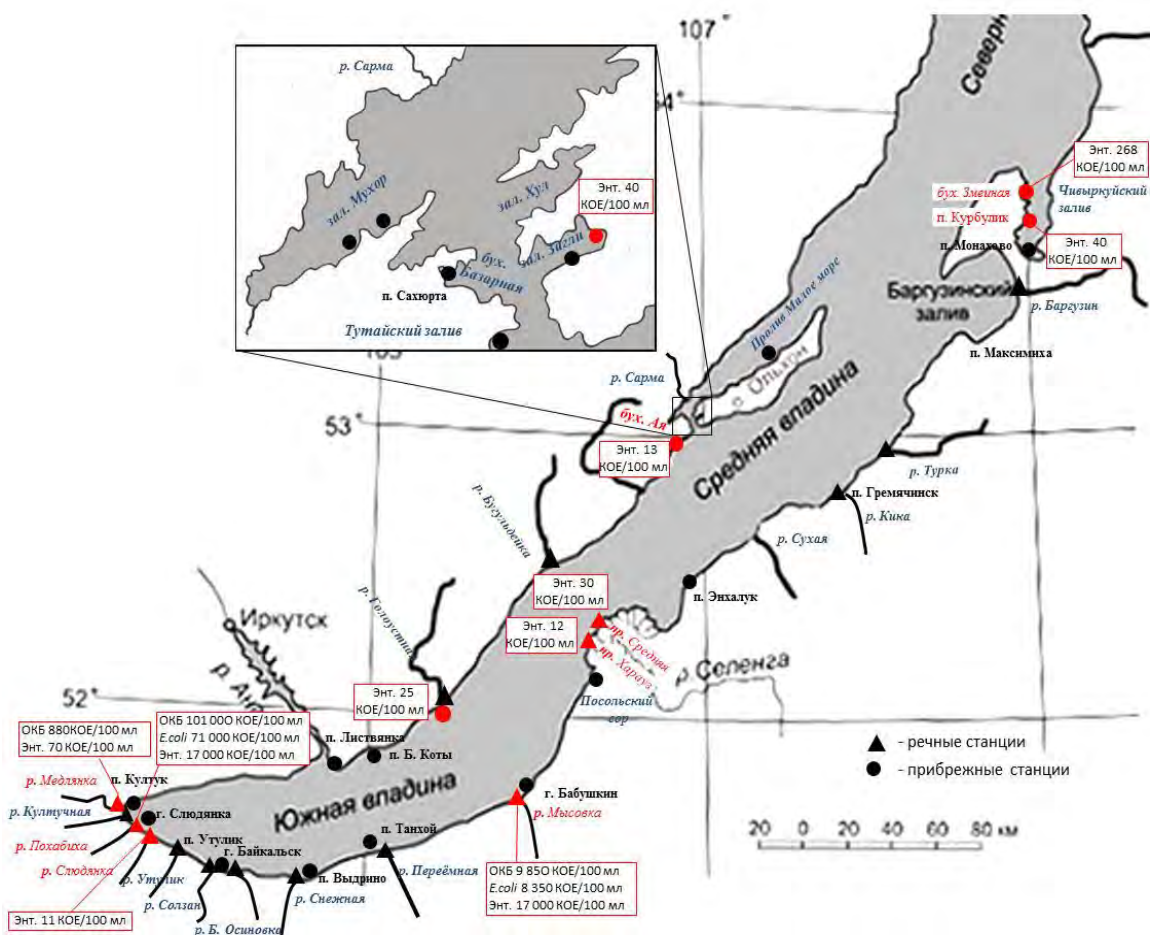


Рисунок 1.3.21 – Схема отбора проб в сентябре 2022 г. Станции, на которых выявлено превышение санитарно-микробиологических нормативов для поверхностных вод, обозначены красным цветом

На всех станциях дана оценка качества вод по основным санитарно-микробиологическим и гидрохимическим показателям согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Санитарно-микробиологическая оценка качества воды определялась совокупностью санитарных показателей: обобщенные колиформные бактерии (ОКБ), энтерококки (Энт.) и *E. coli*, число которых не должно превышать 500 КОЕ/100 мл, 10 КОЕ/100 мл, 100 КОЕ/100 мл соответственно. Так же определяли органотрофные микроорганизмы аллохтонной и автохтонной природы. Органотрофы при температуре инкубации 37°C (на питательной среде МПА) – индикаторная группа микроорганизмов, определения аллохтонной микрофлоры, внесенной в водоем в результате антропогенного загрязнения (аллохтонные, ОМЧ). Органотрофы при температуре инкубации 22°C – индикаторная группа микроорганизмов, определения автохтонной микрофлоры, содержание в воде которой во многом зависит от поступления в озеро соединений органической природы.



На одиннадцати станциях выявлены показатели, превышающие санитарно-микробиологические нормативы (рис. 1.3.22). Качество поверхностных вод не соответствовало норме в районе п. Б. Голоустное, в бухте Ая, в проливе Ольхонские Ворота (бух. Загли), в заливе Чивыркуйский (п. Курбулик, бух. Змеиня), а также в реках Медлянка, Похабиха, Слюдянка, Мысовка, Селенга. Значительные превышения санитарно-бактериологических показателей детектированы в водах рек Медлянка, Похабиха и Мысовка. В р. Медлянка ОКБ превышали нормативные значения в 1,8 раза, энтерококки в 7 раз; в р. Похабиха ОКБ были в 202 раза выше нормы, *E. coli* в 710 раз, энтерококки в 1700 раз; в р. Мысовка ОКБ – в 20 раз, *E. coli* в 83,5 раза, энтерококки в 1700 раз. Очевидно, что низкое качество вод данных рек связано со сбросом хозяйственно-бытовых стоков рядом стоящих городов.

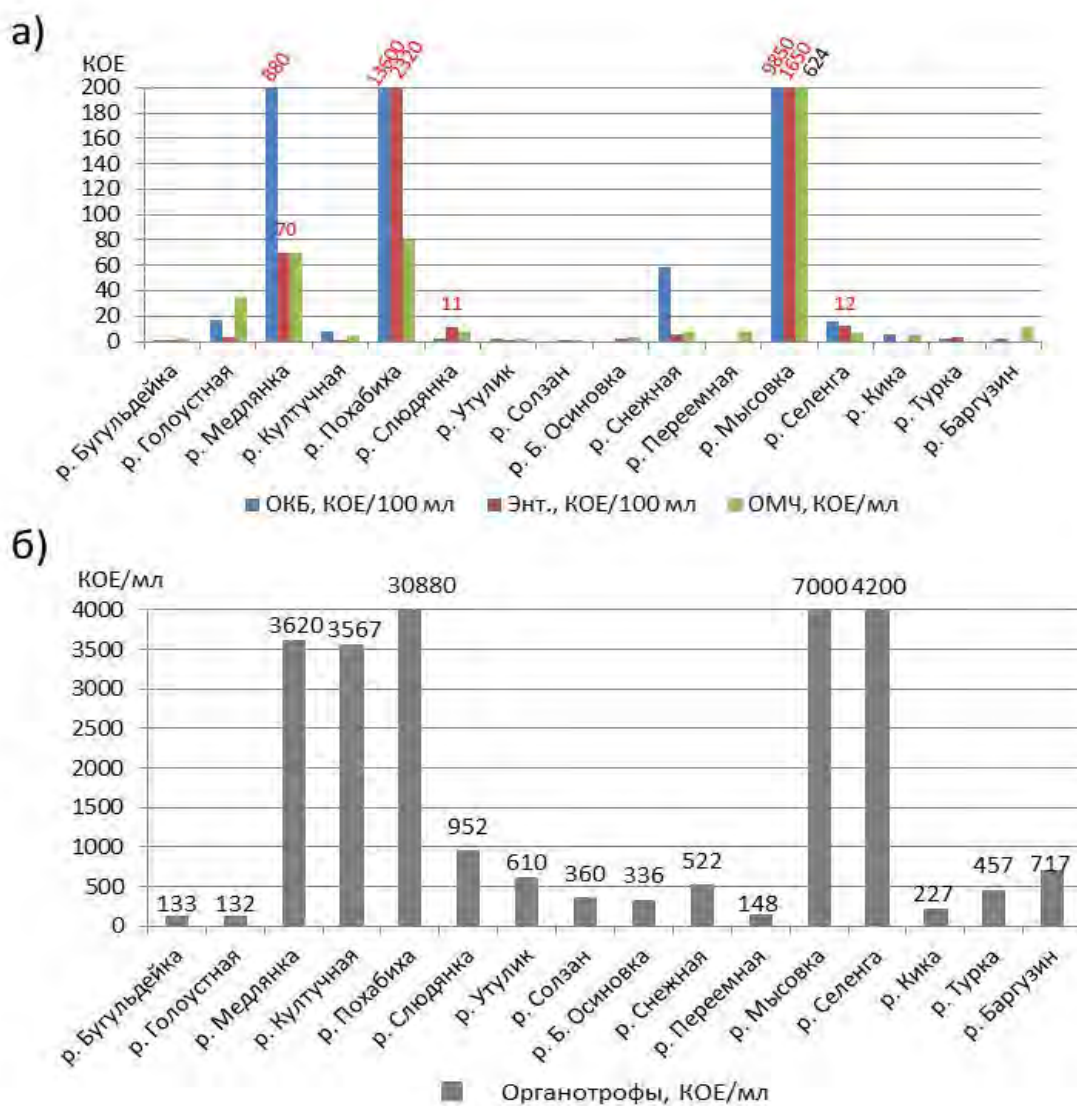


Рисунок 1.3.22 – Численность групп бактерий в воде притоков в сентябре 2022 г.:  
а) обобщенные колиформные бактерии, энтерококки, общее микробное число,  
б) органотрофы

Следует отметить, что при сравнительном анализе результатов, полученных в июле и сентябре 2022 г. (рис. 1.3.23), не были использованы данные качества воды рек, в которые осуществлялся сброс сточных вод. Численность органотрофных бактерий в оба периода значимо не различалась (критерий Манна-Уитни,  $p = 0,75$ ). Количество санитарно-показательных бактерий значимо выше в июле, чем в сентябре 2022 г. Так, число аллохтонных органотрофных бактерий в июле варьировало от 1 до 600 КОЕ/мл, в сентябре от 0 до 80 КОЕ/мл ( $p = 0,01$ ); колиформных бактерий от 0 до 282 КОЕ/100 мл и от 0 до 58 КОЕ/100 мл ( $p = 0,016$ ); энтерококков от 1 до 60 КОЕ/100 мл и от 0 до 6 КОЕ/100 мл ( $p = 0,05$ ) соответственно. Уровень фекального загрязнения в речных водах, прежде всего, связан с антропогенной нагрузкой, которая возрастает в летний сезон.

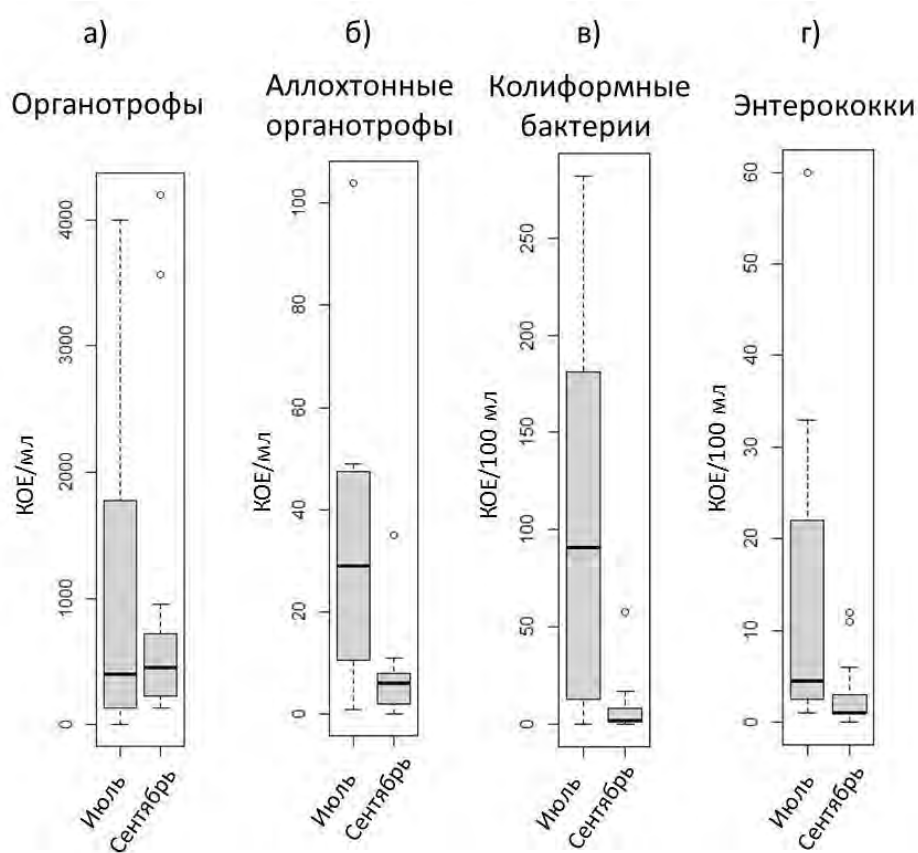


Рисунок 1.3.23 – Численность групп бактерий в воде речных притоков в июле, сентябре 2022 г.

**Прибрежные участки.** В результате исследования прибрежных вод озера Байкал в сентябре 2022 г. (рис. 1.3.24), установлено, что численность органотрофных бактерий, культивируемых при 22°C, варьировала от 3 до 1970 КОЕ/мл, при 37°C – от 0 до 42 КОЕ/мл. Анализ данных показал, что количество органотрофов значимо выше на станциях восточного побережья ( $p \leq 0,05$ ). Вероятно, это связано с особенностями рельефа прибрежной зоны озера в исследуемых районах. Так западное побережье оз. Байкал

характеризуется большей крутизной подводного склона и слабо развитыми прибрежными отмелями, в отличие от пологого восточного побережья. На восточном побережье подъем уровня воды приводит к затоплению большей части береговой линии с почвенным покровом, что способствует увеличению численности органотрофных бактерий за счет обогащения прибрежных вод питательными веществами и собственно почвенной микрофлорой.

Анализ влияния колебаний уровня Байкала на сезонную динамику санитарно-микробиологических показателей в прибрежных водах показал, что в июле 2022 г. (рис. 1.3.24) на станциях западного побережья численность органотрофных микроорганизмов значимо выше, чем в сентябре 2022 г. ( $p = 0,003$ ), а на станциях восточного побережья наблюдали обратную картину ( $p = 0,046$ ). Количество санитарно-показательных бактерий значимо выше в июле, чем в сентябре. Так, число аллохтонных органотрофных бактерий в июле варьировало от 0 до 197 КОЕ/мл, в сентябре от 0 до 42 КОЕ/мл ( $p = 0,006$ ); колиформных бактерий от 0 до 3500 КОЕ/100 мл и от 0 до 88 КОЕ/100 мл ( $p = 0,012$ ); энтерококков от 0 до 587 КОЕ/100 мл и от 0 до 268 КОЕ/100 мл ( $p = 0,0006$ ) соответственно.

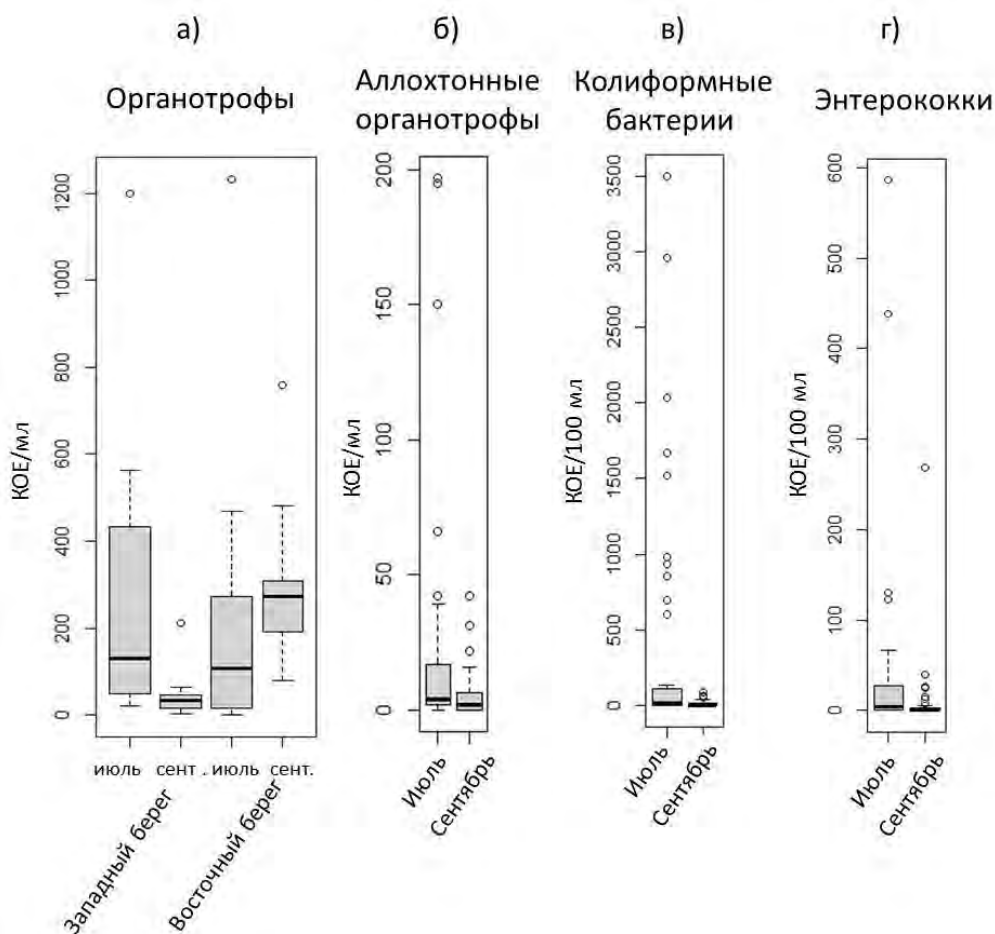


Рисунок 1.3.24 – Численность групп бактерий в прибрежной зоне в июле и сентябре 2022 г.

Для оценки влияния колебаний уровня Байкала на межгодовую динамику санитарно-микробиологических показателей проведено сравнение данных, полученных в августе в годы с низкой и высокой водностью: 2017 г. (456,23 м ТО), 2019 г. (456,78 м ТО) и 2022 г. (456,78 м ТО) (URL: <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/>). Показано, что в 2017 г., в период экстремально низкой водности Байкала, показатели численности органотрофных бактерий, культивируемых при 22 и 37°C были значимо выше, чем в последующие годы на станциях западного побережья (районы п. Листвянка и Малого моря,  $p \leq 0,03$ ) (рис. 1.3.25а). На станциях восточного побережья (районы п. Култук, г. Слюдянка и г. Байкальск) достоверных межгодовых различий не выявлено ( $p > 0,05$ ). В разные годы численность колиформных бактерий и энтерококков в прибрежных водах исследуемых районов значимо не различалась ( $p > 0,05$ ). Уровень фекального загрязнения в прибрежных акваториях озера, прежде всего, связан с антропогенной нагрузкой, которая возрастает в летний сезон.

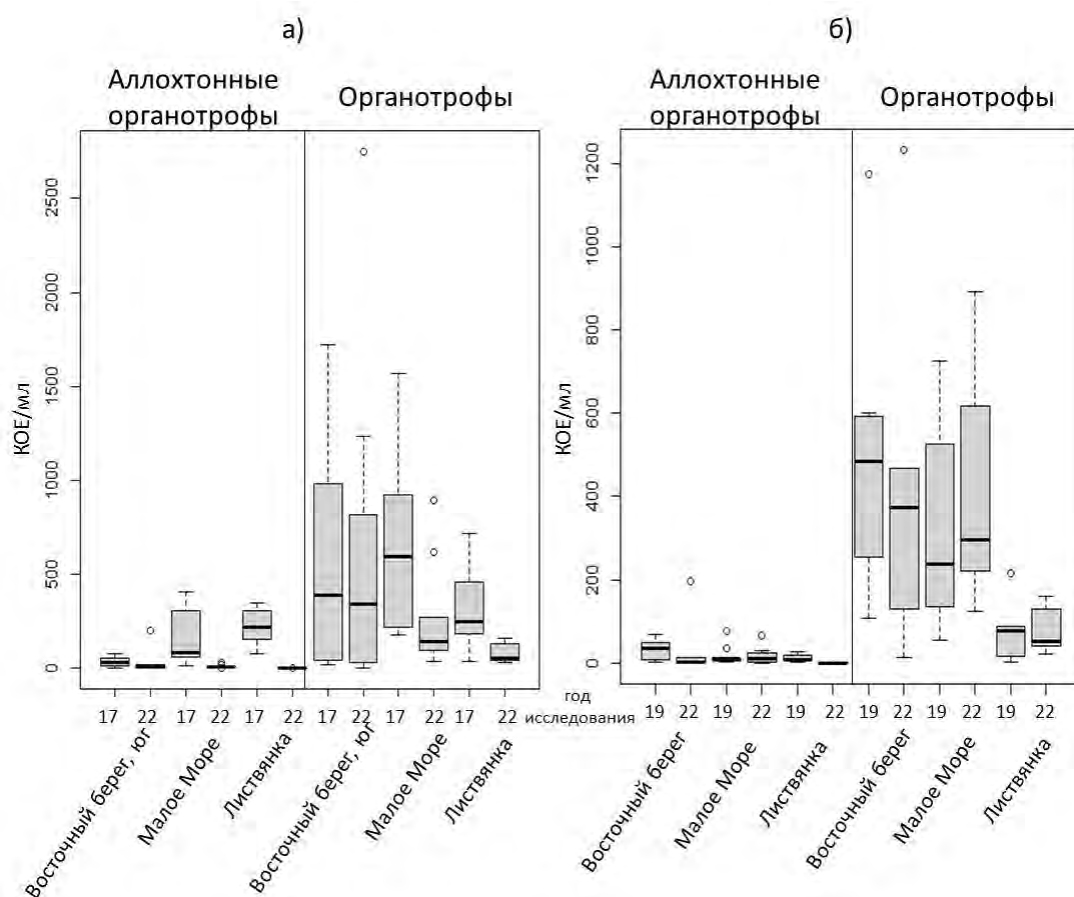


Рисунок 1.3.25 – Численность групп бактерий в прибрежной зоне в августе 2017, 2022 гг. (а), и в августе 2019, 2022 гг. (б)

При сравнении санитарно-микробиологических показателей 2019 г. и 2022 г., когда уровень воды в Байкале не различался и составлял 456,78 м ТО, значимых различий численности всех исследуемых групп бактерий не выявлено (рис. 1.3.25б,  $p > 0,05$ ).

### **Заключение и выводы к разделу 1.3.**

1. Корреляционный анализ общей фитомассы и колебаний уровня воды не показал устойчивых взаимосвязей между этими двумя параметрами. Также не выявлено значимых связей между концентрацией основных биогенов и биомассой водорослей. Возможно, эти взаимосвязи будут выявлены при анализе вклада отдельных таксономических групп водорослей в общую фитомассу.

2. При повышении уровня наблюдается «смазывание» некоторых негативных экологических процессов, обнаруженных ранее: уменьшение доли мертвых губок, количественных характеристик БСД, доли спирогиры в фитоценозах. Возможно, в данном случае действует «эффект разбавления» загрязненных грунтовых и речных вод.

3. При низких уровнях воды негативные экологические процессы проявляются ярче и четче. В 2015–2016 гг. наблюдалось массовое цветение цианопрокариот, опасных для человека; максимальные количественные показатели фитомассы чужеродной спирогиры и БСД. В период повышения уровня (с 2018 г.) массового цветения бентосных цианопрокариот в приурезовой зоне более не наблюдалось.

4. Все вышеперечисленное справедливо для плавных колебаний уровня воды, укладывающихся в их естественную (природную) амплитуду.

5. Выявлены повышенные в целом значения средней биомассы сообщества зоопланктона при среднем и низком уровнях водности в сравнении с таковыми для высокого уровня водности. Наблюдается общее в отклике сообществ зоопланктона на изменение гидрологических характеристик: увеличение биомассы сообщества при уменьшении амплитуды наполнения озера (предшествующего года) и зимней сработки уровня, а также увеличение биомассы сообщества при уменьшении уровней воды в озере.

6. Период массового размножения большинства эндемичных беспозвоночных и некоторых растений прибрежной зоны приурочен к весне (апрель–июнь). Именно в это время в мелководье и приурезовой зоне появляются кладки амфибиотических насекомых (комаров, ручейников), коконы прибрежных видов планарий, и т.д. Резкие и значительные колебания уровня в этот период могут привести к их гибели. Это относится, например, к кладкам ручейников (один из основных видов пищи хариуса), которым необходим минимум месяц для появления подвижных личинок.

7. Ручейники: понижение уровня в период с января по июнь вызовет гибель части популяции ручейников, т.к. окукливание как минимум 7 видов (5 из них эндемичные)

начинается с глубины 0,3 м. Куколки ручейников в этот период неподвижны и не способны к передвижению; если снижение произойдет в период с середины мая по первую декаду июля включительно, то можно прогнозировать гибель значительной части кладок ручейников, основное место размещения которых приходится на глубины от уреза до 0,5 м. Тяжесть урона для популяции ручейников возрастает с понижением уровня воды на каждый сантиметр. Понижение уровня от минимально разрешенного на полметра в июне вызовет гибель одного поколения ручейников, в результате их популяция сократится втрое. Как это скажется на популяциях хариуса и других прибрежно-соровых рыб – неизвестно.

8. Кроме того, понижение уровня в мае–июне может привести к угнетению, либо гибели верхней части популяций эндемичных корковых губок, байкальских макрофитов и лишайников.

9. Брюхоногие моллюски – одна из доминирующих групп байкальского макрозообентоса. Все виды *Acroloxidae* и крупные *Benedictiidae* обладают хрупкими тонкостенными раковинами, действие прибойной волны для которых разрушительно. Поэтому их максимальные количественные показатели приходятся на зону ослабления волнового воздействия (5–20 м). Некоторые виды этих семейств встречаются и в волноприбойной полосе (3–5 м), но избегают зону прибойного потока (1–2,5 м), в которой постоянно обитают виды с более крепкими (*Choanomphalus maacki*, *Planorbidae*) либо усиленными скульптурой (*Maackia herderiana*, *Baicaliidae*) раковинами. Несмотря на низкую мобильность, гастроподы совершают суточные и сезонные миграции, которые играют определяющую роль в изменении показателей их поселений. При плавном понижении уровня воды они способны перемещаться на большую глубину, тогда как при резком его падении ущерб для популяций неизбежен.

10. Среди амфипод в прибрежной зоне обитают как очень подвижные представители рода *Eulimnogammarus*, так и малоподвижные виды (напр., *B. latissima*). При медленном понижении уровня воды первые будут мигрировать на большие глубины, а вторые, вероятно, погибнут. В случае медленного поднятия уровня также произойдут изменения структуры амфиподных таксоценозов, например, на затопленной растительности может расселиться и размножиться *G. fasciatus*, вытеснив другие, менее агрессивные виды. При быстрых и значительных колебаниях уровня воды какой-либо прогноз дать невозможно.

11. Анализ данных на видовом уровне в разных таксономических группах может выявить некоторые тенденции или взаимосвязь с колебаниями уровня воды. Например, для таксоценоза малощетинковых червей, которые играют важную роль в сообществах макро- и мейзообентоса заплесковой зоны. Пока корреляционный анализ не показал

достоверной зависимости между основными количественными показателями животных и изменением уровня озера.

12. С точки зрения «яркости» проявления негативных экологических процессов в прибрежной зоне озера, годы с повышенным уровнем выглядят более благополучно, нежели годы с низким уровнем.

13. С октября по апрель, как отмечалось в предыдущем отчете (1 этап), уровень воды в Байкале падает и в зависимости от величины падения может отразиться на значительной части нерестилищ желтокрылки. Прежде всего, падение уровня вызывает уменьшение доступности и пригодности нерестовых площадей, а также способствует созданию высокой плотности рыбного населения увеличению хищничества и конкурентных взаимоотношений между рыбами.

14. Умеренное повышение уровня воды весной в период размножения желтокрылки увеличивает потенциальные площади пригодные для нереста. Оптимальным в период размножения желтокрылки (с начала мая по конец первой декады июня) является постепенное повышение уровня, составляющее 3–5 см за декаду, т.е. 12–20 см за весь период. В свою очередь пониженные значения уровня в маловодные годы снижают потенциальные площади нерестилищ, тем самым негативно воздействуя на воспроизводство бычка желтокрылки. Непосредственное негативное воздействие будет иметь место в случае понижения уровня озера в период нереста желтокрылки с начала мая по конец первой декады июня.

15. Для прибрежно-соровой зоны оз. Байкал в которой происходит размножение частичковых видов рыб, нагул их личинок понижение уровня в период с 1 мая по 10 июня является наиболее критичным для их численности. Падение уровня воды в этот период приведет к осушению значительных нерестовых площадей и гибели икры. Однако соблюдение режима нулевого или положительного изменения уровня предпочтительно соблюдать с 1 мая по 20 июня.

16. Выявлены отрицательные корреляции между изменениями уровня воды и индексом обилия у 5 видов паразитов: цестоды *P. longicollis*, трематоды *C. farionis*, нематод *C. osculatum baicalensis*, *C. lacustris* и *R. acus*. У 3 видов паразитов, чья зараженность имеет отрицательную корреляцию с изменениями уровня воды, развитие проходит с участием одного промежуточного хозяина (при наличии резервуарных хозяев): планктонных веслоногих ракообразных (*P. longicollis* и *C. lacustris*) или рыб (*R. acus*).

17. Корреляции между зараженностью (индекс обилия, экз.) отдельными видами паразитов и изменениями уровня воды в оз. Байкал наблюдается у 4 из 6 исследованных видов рыб: байкальского омуля, байкальских черного и белого хариусов (объединенной



группы), окуня и щуки. У двух других видов рыб (байкальского сига и плотвы) зараженность паразитами не имеет связи с изменениями уровня воды в оз. Байкал; в отличие от первых 4 видов рыб байкальский сиг и плотва являются бентофагами, трофически связанными с донными организмами, на которых изменения уровня воды не оказывают существенного влияния.

18. Внутригодовая сезонная динамика численности органотрофных бактерий в прибрежных водах озера западного побережья характеризовалась уменьшением их количества от июля к сентябрю, в то время как, на станциях восточного побережья наблюдали обратную картину – увеличение численности органотрофов в сентябре, когда уровень воды в Байкале достигал максимальной отметки.

19. Численность органотрофов в речных водах в июле и сентябре 2022 г. значимо не различалась. Количество санитарно-показательных бактерий значимо выше в июле, чем в сентябре 2022 г., как в речных, так и в прибрежных водах, что связано с антропогенной нагрузкой, возрастающей в летний сезон.

20. Межгодовая динамика численности органотрофных бактерий в летний сезон (август) в прибрежных водах западного побережья характеризовалась уменьшением их количества с увеличением водности – в 2017 г. (низкая водность) численность органотрофов была значимо выше, чем в 2019 и 2022 гг. (высокая водность).

21. На станциях восточного побережья достоверных межгодовых различий количества органотрофных бактерий не выявлено. Численность колиформных бактерий и энтерококков в прибрежных водах исследуемых районов варьировала в зависимости от уровня антропогенной нагрузки и значимо не различалась в годы разной водности.

#### **1.4 Определение характеристик изменения животного мира прибрежной зоны ЦЭЗ БПТ при различных уровнях озера Байкал**

Факторами регулирования уровня воды, оказывающими воздействие на жизнедеятельность животных являются: знак изменений уровня, амплитуда изменений, скорость изменений, время наступления событий, продолжительность событий, повторяемость межгодовая. Остальные факторы, оказывающие прямое действие на жизнедеятельность животных, являются следствиями изменений уровня воды: (температура, качество воды, состояние кормовой базы, состояние растительности как укрытия и т.д.). Задачей данного раздела является установление реакции животных на приведенные факторы регулирования уровня и выявление групп и видов животных, которые могли бы служить индикаторами воздействий уровня воды на экосистемы (животный мир) в течение года.

**Последствия изменений уровня воды для животных.** Повышения уровня воды и высокий уровень воды приводят к затоплению местообитаний животных, подтоплению местообитаний и абразии берегов вплоть до их обрушения. Повышения уровня воды приводят к прямому воздействию на животных посредством разрушения их местообитаний, укрытий, гнезд и убежищ и опосредованному влиянию через изменения их кормовых ресурсов, энергетических затрат на добывание корма, риска хищничества.

Понижения уровня воды и низкий уровень воды приводят к осушению местообитаний животных. понижения уровень воды приводят непосредственно к гибели яиц и личинок амфибий, косвенно влияют на животных, изменяя их местообитания, доступность и обилие кормовых ресурсов, энергетические затраты на добывание корма, риск хищничества.

**Зависимости животных прибрежных экосистем от колебаний уровня воды.** Животных, обитающих в прибрежных экосистемах Байкала, можно разделить на облигатно прибрежных и факультативно прибрежных. Факультативно прибрежные виды – это виды, для которых прибрежные экосистемы являются одними из типов их местообитаний. У этих видов, как правило, нет выраженных адаптаций к колебаниям уровня воды, поэтому в периоды низкой мобильности (во время насиживания яиц у птиц и выращивания потомства у птиц и млекопитающих) пороговые значения изменений уровня воды для них более низкие. Реакции факультативно прибрежных видов, обитающих в прибрежных экосистемах Байкала, на колебания уровня воды не установлены, за исключением ряда воробьиных птиц, гнездящихся на земле и в кустарниках в зонах влияния изменения уровня воды в оз. Байкал [1]. Например, у ряда североамериканских видов грызунов выявлено отсутствие адаптивных реакций на подъем воды: при затоплении нор они остаются в своих убежищах и погибают [2]. Представители других видов покидают норы, но движутся в сторону любых возвышенностей поблизости, например, островов или деревьев, где позже погибают [2, 3]. Для таких факультативно прибрежных видов озера необходим анализ влияния негативных изменений их прибрежных популяций, вплоть до полной гибели, на функционирование видовых популяций в регионе в целом.

Для облигатно прибрежных видов обитание в зоне «вода-суша» (использование и воды, и суши) является необходимым условием существования, по крайней мере, на определенных стадиях их жизненного цикла. У этих видов животных существуют определенные адаптации к изменениям уровня воды, поэтому их зависимость от изменений уровня воды до достижения пороговых значений, после которых происходит нарушение функционирования живых организмов и их популяций, более продолжительна

во времени. Такие особенности позволяют использовать именно данные виды животных в качестве индикаторов «экологичности» режимов регулирования уровня воды в озере.

**Амфибии.** В прибрежных экосистемах озера Байкал в административных границах РБ обитает 5 видов земноводных: сибирский углозуб, сибирская лягушка, остромордая лягушка, дальневосточная квакша и монгольская жаба. Амфибии используют водную среду для откладки яиц, там же проходит развитие их личинок (рис. 1.4.1). Во время зимовки амфибии впадают в анабиоз, поэтому чувствительны к колебаниям уровня воды, если места зимовки находятся в зоне их влияния. Для земноводных снижение уровня Байкала, возможно, более значимо, чем его повышение. Оно сопровождается снижением площади пригодных местообитаний с доступными массовыми кормами и водоёмами для нереста и выкармливания личинок, в крайних вариантах приводит к гибели яиц и личинок земноводных при высыхании водоемов размножения. Повышение уровня воды приводит к затоплению прибрежных местообитаний (калтусов), снижению температуры воды во временных и постоянных водоемах, что вызывает сдвиги сроков наступления фенологических фаз жизненных циклов у сибирского углозуба и лягушек, замедление развития личиночных стадий, снижение успешности размножения и численности этих животных, в крайних вариантах происходит гибель яиц и личинок за счет вымывания их с мелководий или временных водоемов потоками воды [4]. В период зимовки для сибирской лягушки, зимующей в водоемах, опасность представляет опускание льда на дно при снижении уровня. Для других видов опасность могут представлять волновые явления осенью, когда их убежища, расположенные в низких местах, могут затапливаться или разрушаться при размещении их в крутых берегах. Вследствие этих явлений животные могут погибнуть.

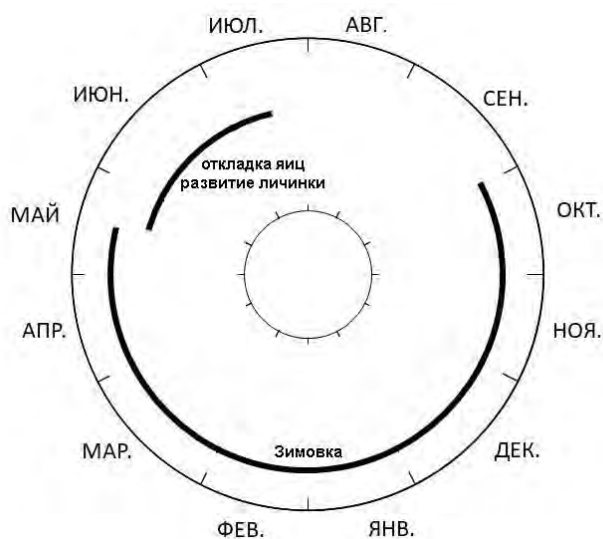


Рисунок 1.4.1 – Жизненный цикл сибирской лягушки (*Rana amurensis*)

**Рептилии.** В прибрежных экосистемах озера Байкал в административных границах РБ обитает три вида рептилий: живородящая ящерица, уж обыкновенный (бухта Змеиная) и щитомордник обыкновенный. Для пресмыкающихся на протяжении большей части их годового жизненного цикла негативное воздействие оказывает повышение и высокий уровень воды, вызывающий снижение площади доступных местообитаний и кормовых объектов. Основным способом преодоления таких последствий – перераспределение животных по территории, избегание затопляемых прибрежных участков и перемещение в доступные незатопленные подходящие местообитания. Для зимовки, которая происходит примерно в те же сроки, что и у амфибий (рис. 1.4.1), рептилии выбирают сухие незатопляемые норы, углубления, часто в высоких берегах, поэтому при разрушении берегов или затоплении участков суши вследствие волновых явлений осенью животные могут погибнуть.

**Птицы.** Фауна облигатно прибрежных (водоплавающих и околководных) птиц Байкала включает 167 видов, из которых 85 видов – перелетные гнездящиеся и оседлые, 36 – пролетные виды, 42 – залетные виды и 4 – летующие виды [5–9]. Из них водоплавающие птицы – 40 гнездящихся и летующих видов, среди которых выделяются птицы отмелей – 13 видов, обитатели тростниковых и камышовых зарослей – 11 и птицы болот и сырых лугов – 16 видов. Сухопутные околководные птицы (10 видов) подразделяются на обитающих у берегов водоемов (4 вида) и околководных хищных птиц (6 видов) [8].

Основные уязвимые группы видов – водоплавающие и околководные птицы (утки, кулики, чайки и крачки, а также некоторые наземно гнездящиеся куриные и воробьиные птицы). Пернатые приспособлены к ежегодному выбору подходящих для кормления и гнездования территорий, смене местообитаний в условиях их низкой или полной непригодности (Приложение В1). Гидрологический режим Байкала оказывает на водоплавающих и околководных птиц влияние через питание и состояние гнездовых станций (Приложение В2).

Наибольшей плотности и видового разнообразия население водоплавающих птиц достигает в дельтах рек, по берегам соров с прогреваемой в летний период водой и высокими значениями биомассы рыб и бентосных беспозвоночных. Там гнездятся кряква, шилохвость, чирок-трескунок, широконоска, свиязь, серая утка, красноголовый нырок, хохлатая чернеть, а также размещаются колонии чаек. При высоком уровне озера Байкал в них поступают значительные холодные водные массы из байкальской акватории, снижающие количество доступных кормов и подтопляющие гнездовые местообитания, сопровождающиеся гибелью кладок и снижением успешности гнездования. При низком

уровне озера происходит сокращение и фрагментация оптимальных местообитаний гнездящихся видов, предпочитающих переувлажненный ландшафт. Их численность соответственно уменьшается.

Более подробно влияние изменения уровня озера Байкал на птиц рассмотрено в разделе 1.4.1.

**Млекопитающие.** В прибрежных экосистемах озера обитают многие виды млекопитающих [10,11]. Показано, что водно-болотные угодья поддерживают более высокое разнообразие млекопитающих, чем окружающие территории. При этом многие виды, будучи многочисленными в водно-болотных угодьях, могут обитать и в других влажных биотопах: например, многие виды серых полевок, многие насекомоядные. Некоторые виды млекопитающих зависят от прибрежных экосистем только в очень короткие периоды их жизненного цикла: так, установлено, что бурые медведи, истощенные после зимней спячки, в весенний малокормный период очень сильно зависят от популяций байкальских ручейников, массовый вылет которых происходит на прибрежных территориях в это время.

На околководных зверей повышенный уровень воды в озере оказывает негативное воздействие, вызывая перемещение мелких мышевидных грызунов и землероек на незатопленные территории: при этом возрастают конкуренция, скученность и риск хищничества. Пониженный уровень воды приводит к осушению водно-болотных угодий и к невозможности для многих влаголюбивых видов существовать там как из-за физиологических особенностей (землеройки), так и недостатка необходимых кормов.

В прибрежных экосистемах озера обитают млекопитающие, питающиеся в воде: кутора обыкновенная, ондатра, полевка водяная, полевка-экономка, выдра и американская норка (в рамках данной работы не рассматривается нерпа). Выдра в настоящее время практически не встречается в прибрежных экосистемах Байкала на территории Республики Бурятия [12]. Для куторы обыкновенной, ондатры и полевки-экономки вода представляет собой среду добывания пищи в течение всего года, для водяной полевки – только в течение вегетационного сезона. При этом наиболее тесная зависимость от воды у водяной полевки и ондатры. Установлено, что при влажности кормов ниже 67% в рационе у водяной полевки блокируется размножение [13]. Одновременно водяная полевка способна переносить довольно существенные затопления, и перестраивая гнезда, и в крайнем случае спасаясь на ближайшей растительности, в т.ч. на деревьях, в течение 2 недель. Для этого вида изменения уровня воды важны еще и с точки зрения обеспечения достаточной сухости прилежащих к окраинам водных зеркал биотопов. Зимовать этот вид

перебирается в достаточно сухие биотопы, и при повышении их увлажненности выживаемость вида резко падает.

Ондатра – вид грызунов, интродуцированный в Байкальском регионе в 1930-х гг. и ставший за 90 лет неотъемлемой частью прибрежных экосистем озера. Ондатру рассматривают как экосистемного инженера, создающего условия для произрастания многих видов растений. Установлено, что водно-болотная растительность значительно отличается вокруг ондатровых хаток, с более высоким видовым богатством и разнообразием [14]. Нарушения окружающей среды, связанные с ондатрой (например, строительство хаток и нор, потребление растений), увеличивают структурную неоднородность водно-болотных угодий и увеличивают разнообразие местных водно-болотных растений. Кроме того, ондатра в значительной степени препятствует зарастанию и заиливанию водоемов, выедая растительность. Ондатра – вид, предпочитающий стабильный гидрорежим. Установлено, что зверьки могут надстраивать хатки при подъеме воды до 1 м, при этом неизвестно, какой должна быть скорость подъема, чтобы эта надстройка была успешной [15]. Снижение уровня воды крайне неблагоприятно для ондатры из-за ее тесной зависимости от водной среды обитания. Очень значим для ондатры достаточно высокий уровень воды в зимний период времени (рис. 1.4.2). В исследовании канадских популяций ондатры было показано, что плотность ондатры положительно коррелирует со средним зимним уровнем воды в водоеме обитания [16]. При оценке влияния уровня воды на этот вид нужно учитывать, что в динамике ее численности наблюдаются 6-10-летние циклы непонятной природы, поэтому падения численности могут совпасть с изменениями уровня воды, но быть случайными корреляциями.

Такие виды, как водяная кутора и полевка-экономка, хорошо плавают и могут питаться в воде, но могут жить и в достаточно влажных местообитаниях и кормиться первая – почвенными беспозвоночными, вторая – сочными наземными частями околоводных растений. Очень примечателен факт понижения численности полевки-экономки в периферической части дельты Селенги в 1980–1986 гг. и последующего доминирования там восточной полевки. Мы полагаем, что это могло произойти вследствие продолжительного осушения дельты и невозможности полевки-экономки восстановиться при повышении влажности из-за существенной фрагментированности ее популяций в пойме Селенги. Проведенные нами исследования в июле 2022 г. подтвердили факт крайне низкой численности полевки-экономки в долине реки и наличия больших разрывов в ее распространении. Восточная полевка, ставшая доминирующим видом грызунов в дельте, менее требовательна к влажности биотопов по сравнению с полевкой-

экономкой. При этом на ее численности негативно сказываются высокие уровни воды, снижающие успешность ее размножения вследствие затопления нор.

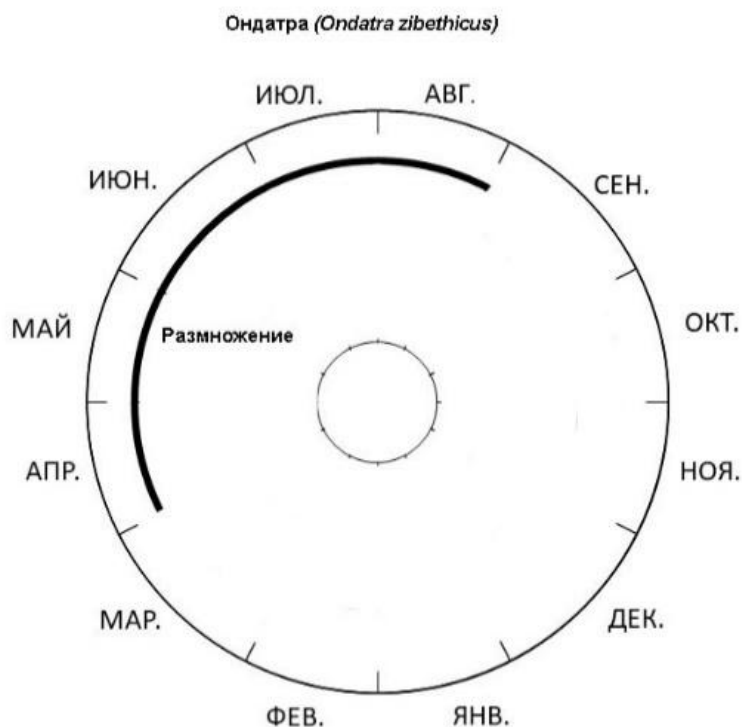


Рисунок 1.4.2 – Жизненный цикл ондатры с указанием периода размножения

Восточные полевки в настоящее время, а ранее полевки-экономки, в дельте Селенги являются важным источником пищи для хищников, и при снижении их численности происходит переключение хищников на яйца и птенцов водоплавающих и околоводных птиц, что отрицательно сказывается на успехе размножения последних.

Заслуживает отдельного исследования факт, что в последние годы в дельте регистрируется присутствие водяной полевки, ранее не отмечавшейся на территории Бурятии. Возможно, что в период затянувшегося маловодья появились условия для зимовки данного вида: мозаика сухих лугов и угодий с открытой водой. Может быть, ее появление обусловлено текущими изменениями климата: известно, что вид чувствителен к низким температурам зимой.

**Уязвимые виды.** Таким образом, в прибрежных экосистемах обитают виды животных, уязвимые для изменений уровня воды в определенные фазы жизненного цикла. Среди них можно выбрать виды, поведение которых может быть использовано для выработки экологических требований к режиму регулирования воды в озере и, соответственно, при моделировании реакций на разные режимы регулирования воды.

Исходя из особенностей биологии видов животных и «узких мест» в их жизненном цикле по отношению к гидрорежиму, мы составили схему чувствительности видов к



разным параметрам гидрорежима в течение года. На рис. 1.4.3 показаны группы животных и индикация ими требований к гидрорежиму в определенные периоды года: амфибии и птицы, а также ондатра чувствительны к любым изменениям уровня воды в периоды с апреля по конце сентября, а сибирская лягушка и ондатра в период с конца сентября по конец марта к понижению уровня воды.

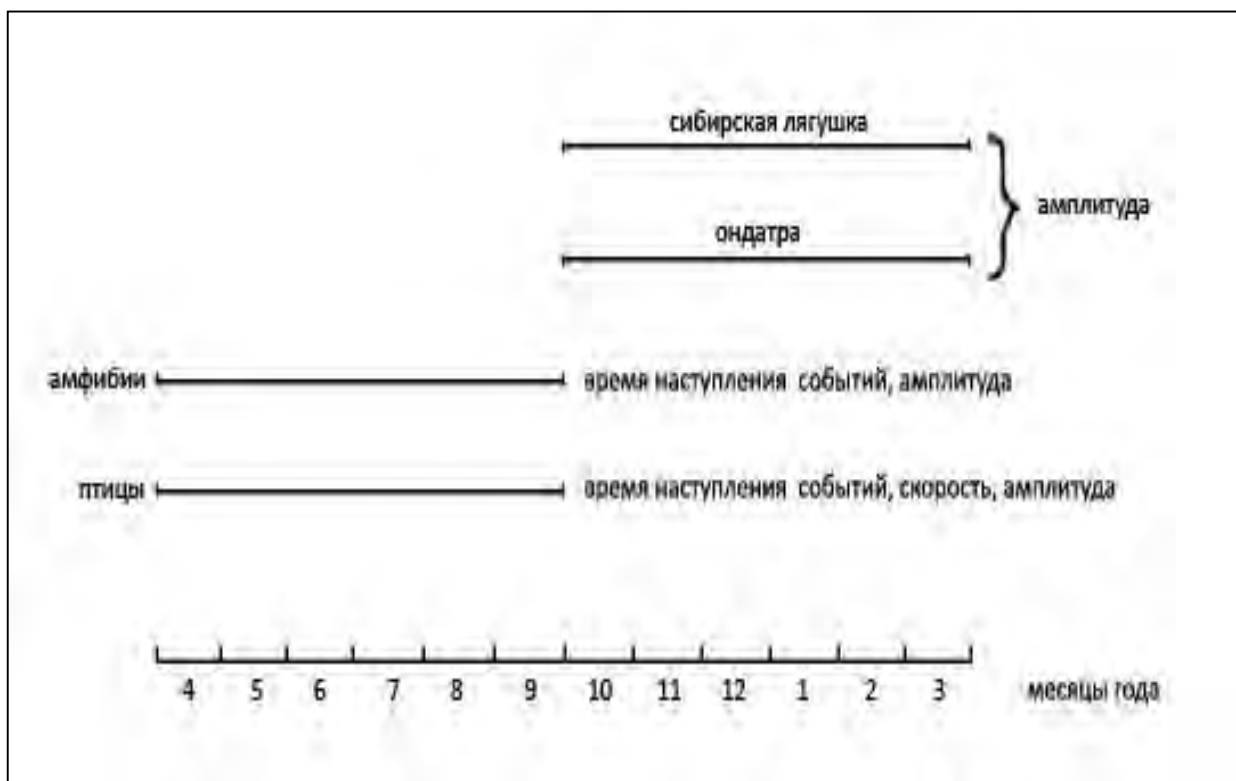


Рисунок 1.4.3 – Чувствительность групп животных к параметрам изменения уровня воды в разные периоды года

Помимо этих животных, в прибрежных экосистемах озера обитают 22 вида, внесенные в Красную книгу Республики Бурятия [17], т.е., уязвимые в силу состояния их популяций для многих стрессоров. Из них от уровня воды зависят водоплавающие и околоводные птицы (14 видов), а также дальневосточная квакша, остромордая лягушка и обыкновенный уж. Выдра в настоящее время не встречается в прибрежных экосистемах озера на территории Республики Бурятия. Эти виды, уязвимость которых установлена законодательно, требуют отслеживания их реакций на изменения уровня воды. Однако, в силу их малочисленности использовать их в качестве индикаторов регулирования уровня воды в озере невозможно.

**Уязвимые виды.** Очевидно, что наиболее уязвимы для колебаний уровня воды водно-болотные угодья. Сообщества животных, населяющие эти биотопы, могут меняться в зависимости от изменений уровня воды в отношении численности видов животных, вплоть до полной их элиминации, изменении структуры доминирования в сообществах,

изменений демографической структуры видов и т.п. Мы разработали систему оценивания уязвимости вида в данном локалитете, предоставляющую информацию для принятия решений, в т.ч. и по регулированию, и для повышения устойчивости популяций в данном локалитете, и для установления наиболее благополучных популяций, могущих служить источником для заселения локалитетов, где вид вымер. Система учитывает влияние параметров изменений окружающей среды, порожденных изменениями уровня воды в данном локалитете, на одной оси, а уязвимость вида из-за воздействия других стрессоров в данном локалитете – на другой. На данном этапе знания прибрежных экосистем из-за отсутствия количественных данных такое оценивание возможно только на экспертном уровне.

Первая ось описывается факторами внешней среды, порожденными изменениями уровня воды. Изменения классифицируются по четырем классам, начиная от слабых, умеренных, сильных и заканчивая очень сильными изменениями. Ниже приведен пример ряда факторов воздействия на ондатру и их ранжирование по силе воздействия, сформированный авторами отчета в качестве экспертов (таблица 1.4.1).

Таблица 1.4.1 – Факторы изменений уровня воды и их ранжирование по силе воздействия на ондатру

Характеристики воздействия изменений уровня воды			Диапазоны ранжирования по силе воздействия на ондатру			
Факторы воздействия	Показатель	Единица измерения	Низкое	Умеренное	Сильное	Очень сильное
Время наступления события	Изменения в критические периоды ЖЦ	Качественное		Весна-лето-осень		Зима
Амплитуда изменения уровня воды	$H_{\max} - H_{\min}$ за период времени	м	До 1 м	1–1,5	1,5–2	>2
Продолжительность высокого стояния воды	Количество от подъема до опускания	дни	До 5	6–10	11–30	>30

Ось уязвимости вида в локалитете характеризуется факторами уязвимости популяции данного вида животных в конкретном локалитете для других стрессоров (таблица 1.4.2). Эти факторы классифицируются по трем классам уязвимости: низкая, умеренная и высокая уязвимость.

Таблица 1.4.2 – Характеристики уязвимости популяций ондатры

Критерии уязвимости	Показатель	Низкая	Средняя	Высокая
Эффективный размер популяции	Среднее кол-во самок за последние 3 года	>20 самок	5–20 самок	<5 самок
Нарушенность биотопа	Качественная	Низкая вероятность	Средняя вероятность	Уже происходящая или высокая вероятность
Степень изолированности популяции	Расстояние до ближайшего источника	<8 км	8–20км	> 20 км
Качество биотопа для данного вида	Наличие структур, позволяющих пережить колебания уровня воды	Наличие высоких берегов, высокая гетерогенность биотопов		
Наличие хищников	Виды	Змеи	Хищные птицы	Норка, лисица

Совмещенная таблица уязвимости вида в данном локалитете будет выглядеть следующим образом:

Таблица 1.4.3 – Комбинация значений осей оценок уязвимости вида в данном локалитете

		<i>Воздействия изменений уровня воды</i>			
		Слабое	Умеренное	Сильное	Очень сильное
Уязвимость	Низкая				
	Средняя				
	Высокая				

Исходя из такой схемы оценивания, можно будет выполнить качественный прогноз состояния ключевых видов каждого водно-болотного угодья, разработать интегральную оценку уязвимости каждого локалитета, выработать меры по управлению экосистемами в данном локалитете, в т.ч. повышающие устойчивость видов и, следовательно, экосистем к воздействию изменений уровня воды.

## **Выводы**

Установлены реакции разных видов животных, обитающих в прибрежных экосистемах озера Байкал, на воздействие изменений уровня воды. Выявлены факторы окружающей среды, порождаемые изменениями уровня воды, которые также оказывают влияние на животных.

Выявлены стадии жизненного цикла животных, во время которых они уязвимы для изменений уровня воды и изменений факторов окружающей среды, порождаемых изменениями уровня воды в озере.

Установлены группы видов животных, имеющих возможность на разных стадиях своего жизненного цикла индцировать воздействия таких параметров изменений уровня воды, как характер изменений, скорость изменений, амплитуда изменений, продолжительность и время наступления событий изменения.

Установлено, что только по ряду характеристик состояния животных в настоящее время имеются количественные данные. Для большинства реакций требуется проведение многолетних мониторинговых исследований сопряженно с мониторингом значимых для животных факторов, порождаемых изменениями гидрорежима.

### **1.4.1 Влияние изменений уровня Байкала на птиц водно-болотных угодий**

В 1957–1964 гг. Н.Г. Скрябиным [18] были исследованы все места наибольших гнездовых и пролётных концентраций водных птиц на Байкале, в частности, дельта р. Селенги, перешек по-ва Святой Нос, устье Верхней Ангары и Кичеры. Проводились как стационарные работы по изучению гнездования и миграций гусеобразных, так и трансектные обследования побережий с лодки или катера. Проводились учеты гнезд на учетных площадках, учеты выводков и мигрирующих птиц – на трансектах.

В дальнейшем с 1970-х годов были организованы стационарные исследования на базе созданной орнитологической станции в дельте Селенги, Маломорского стационара на среднем Байкале и Северобайкальского – на севере, в устье Верхней Ангары, для регулярного изучения водно-болотных экосистем в этих водно-болотных угодьях [19, 20]. Исследования упомянутыми выше способами, в ходе которых были получены и материалы о влиянии уровня воды на птиц, велись уже на регулярной основе по 1998 г. и нерегулярно в дальнейшем. Наиболее интенсивно они проводились и проводятся в дельте Селенги, как крупнейшем местообитании птиц на Байкале.

В частности, в дельте Селенги [21] экология гнездования гусеобразных изучалась в 1978–1997 гг. на постоянном полигоне в западной части дельты Селенги площадью около 20 км<sup>2</sup>, где проводились учеты гнезд уток на площади 1–5 км<sup>2</sup> с последующим

мониторингом успешности гнездования (учтено более 5200 гнезд 12 видов уток). При этом проводились и оценки абсолютной численности гнездящихся уток в дельте, но степень их точности удалось оценить только в последующий период [22] с использованием данных спутникового зондирования. Аспекту воздействия изменений уровня воды на гнездование водоплавающих была посвящена кандидатская диссертация [23]. Учеты гнездящихся чайковых и других колониальных птиц велись по 1998 г. (в т. ч. в 1986–1996 гг. ежегодно) при объезде порядка 90 % площади дельты (490 км<sup>2</sup>) на моторной лодке в конце мая – начале июня. В более ранний период (1977–1985 гг.) способ учета был практически таким же с использованием гребных и моторных лодок [24]. С 2015 г. ежегодные учеты колониальных птиц были возобновлены на территории федерального заказника «Кабанский», филиала Байкальского заповедника; в 2018 г. был проведен и учет на территории всей дельты [25]. В ходе этих учетов собирались и данные по численности и распределению гнездящихся водоплавающих птиц в дельте вне основного полигона 1970–1990-х годов. Изучение миграций пластинчатоклювых птиц в дельте в 1976–1996 гг. проводилось с помощью прямых наблюдений и маршрутных учетов с шириной полосы 200 м. Аналогичные миграционные учеты в 1980–1990-х гг. велись и в дельте Верхней Ангары и Кичеры [26].

Данные по уровню Байкала, на которых основывались проводимые ранее исследования о численности, распределении и размножении водоплавающих птиц [23, 27, 28] базировались на интерполяционных оценках неполных данных (данные УГМС по гидропосту Харауз-Маяк, закрытому в 1986 г., собственные измерения в дельте Селенги в период регулярных полевых работ в 1987–1997 гг., фрагментарные данные УГМС по уровню Байкала, размещаемые в СМИ, государственные доклады о состоянии озера Байкал и мерах по его охране, государственные доклады о состоянии окружающей природной среды в Иркутской области). За период 2009–2016 гг. использовались доступные данные об ежедневных значениях уровня, размещенные на сайте ФГБУ «Росгеолфонд» [29]. Часть данных (2017–2022 гг.) получена в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН.

В результате выполненных ранее исследований было выяснено, что на размножение водоплавающих птиц в период гнездования (май-июнь) негативно влияет рост уровня воды со скоростью, превышающей 1 см/сутки [30, 31]. Большинство наземногнездящихся видов (в т. ч. чайковые, гусеобразные, кулики) неспособно надстраивать свои гнезда с такой скоростью, вследствие чего значительная их доля оказывается затопленной. Это может оказаться актуальным как в высоководные, так и в низководные в целом периоды. Крупнейшие водно-болотные угодья на побережье Байкала расположены в речных

дельтах (селенгинской и кичеро-верхнеангарской), а сток этих рек зависит от атмосферных осадков, и на пойменную часть их дельтовых систем влияет не только подпорный уровень Байкала, но и уровень рек.

В отличие от скорости повышения уровня воды, позиции уровня воды в весенний период, т.е. перед началом и в течение периода размножения, влияют не на успешность гнездования, а на распределение птиц по территории водно-болотных угодий [32–36]. В крупных водно-болотных угодьях, как дельта Селенги, существуют пространственные резервы, так как одновременно значительна площадь различных типов местообитаний и фитоценозов. Поэтому при любых показателях обводнения птицы-резиденты могут найти здесь участки, пригодные для размножения, а останавливающиеся мигранты – для восполнения запасов энергии. Однако нужно иметь в виду, что для использования этого преимущества птицы должны иметь возможность перемещения во всей территории такого угодья в зависимости от обводнения. Иными словами, в условиях изменчивого обводнения такое угодье представляет экологическую ценность именно целиком, вне зависимости от того, какие его части формально подлежат особой охране, а какие не являются особо охраняемыми природными территориями.

В послегнездовой период (с середины июля) как высота стояния, так и скорость подъема воды уже не играют роли в успешности размножения, так как гнездование пойменных птиц завершено, а их птенцы умеют плавать. Тем не менее, мощные летние паводки, вероятно, уменьшают выживаемость птенцов младших возрастов у куликов, уток и мелких чайковых: ухудшаются защитные условия, птенцам становится сложно найти не погруженные в воду участки/предметы, необходимые им для обсыхания, а условия кормодобывания скорее ухудшаются, нежели улучшаются. При очень сильных паводках птенцов может просто смывать течением из мест, где они способны выжить и не потерять родителей.

Для мигрирующих водоплавающих птиц высокие уровни воды улучшают и кормовые, и защитные условия, особенно в позднелетний и осенний периоды.

Водные птицы проявляют комплекс адаптаций к изменчивым условиям обводнения, важнейшей из них является способность делать повторные компенсационные кладки в случае гибели первой [37]. Но эффективность таких адаптаций зависит от сроков, скорости и степени изменений обводнения.

Повышенная внутригодовая амплитуда уровня Байкала (как в плане его роста с весны к осени, так и в плане снижения с осени до весны) с высокой вероятностью имеет негативные последствия для гнездования водных птиц. При невысоком весеннем уровне воды в случае даже среднего, а тем более высокого, речного стока в Байкал в

последующее лето скорость роста уровня в мае-июне окажется высокой, превышая 1–2 см/сутки. Имеется в виду скорость повышения уровня непосредственно в местах расположения гнезд, вне зависимости от причины прибыли воды. Но в нижней части дельты (на расстоянии до 4–5 км от Байкала в многоводные сезоны, в маловодные сезоны – на меньшем расстоянии, до 2 км) на гнездовые биотопы воздействуют непосредственно изменения уровня Байкала. В случае, когда на быстрый рост уровня Байкала накладывается ранний дождевой паводок в начале лета, как в 1988 г. на Селенге, следует ожидать высокую смертность гнезд и потомства водоплавающих и околоводных птиц.

Ниже приводятся типичные классы ситуаций с уровнями Байкала и их воздействие.

**1. Низкие уровни воды как отдельные эпизоды: средний уровень Байкала за май-июнь (здесь и ниже – Тихоокеанская система высот (ТО)) 455,6–455,8 м и ниже, прирост уровня воды с мая по июнь менее 20 см, а с минимальных годовых значений (апрель-май) до максимальных (август–октябрь) – менее 50 см**

*Отрицательные следствия:*

Снижение выживаемости потомства наземногнездящихся птиц за счет усиления пресса хищничества млекопитающих

Возможное усиление хищничества птиц на кладках и птенцах на следующую весну (за счет увеличения численности мелких грызунов, привлекающего хищных птиц) с увеличением гибели кладок на 20%

*Положительные следствия:*

Увеличение потенциально пригодной для размножения (сухой) территории (неактуально для поганкообразных)

Уменьшение гибели гнезд, в первую очередь от затопления

**2. Средние уровни воды как отдельные эпизоды**

*Отрицательные следствия:*

Нет

*Положительные следствия:*

Благоприятные условия для гнездования наземногнездящихся видов птиц

**3. Высокие уровни воды как отдельные эпизоды: средний уровень Байкала за май-июнь 456,3–456,4 м ТО и выше, прирост уровня воды с мая по июнь более 40–60 см, а с минимальных годовых значений (апрель-май) до максимальных (август-сентябрь-октябрь) – более 1,05–1,1 м)**

*Отрицательные следствия:*

Физическое уменьшение территории, пригодной для гнездования птиц, за счет ее затопления (неактуально для поганкообразных)



Увеличение антропогенного пресса в местах концентрации гнездящихся птиц за счет уменьшения незатопленной территории (остановки рыбаков и отдыхающих на остающихся незатопленными островах, пастьба крупного рогатого скота и лошадей, сенокосы)

Снижение выживаемости потомства наземногнездящихся птиц вследствие затопления гнезд в текущий год (гибель от затопления до 33 % кладок, при наводнениях – до 70%, гибель до 60–100 % кладок и птенцов чегравы)

Рост доли гнезд, погибших в результате хищничества птиц, по причине переселения уток и куликов из затопленных оптимальных местообитаний в субоптимальные с худшими защитными условиями (разорение до 40–50 % от числа отложенных кладок)

Загрязнение дельтовых экосистем мусором, промышленными и бытовыми отходами, смываемыми с берегов рек

*Положительные следствия:*

Активизация процессов обмена веществ и энергии в дельтовых экосистемах и повышение биологической продуктивности вследствие перемещения осадочного материала, неорганических веществ и органических соединений.

Улучшение кормовой базы для водоплавающих и околоводных птиц, особо важное для мигрирующих видов на остановках

Расширение площади переувлажненных водно-болотных угодий, благоприятных для гнездования поганкообразных и лысухи

Уменьшение доступности мест скопления птиц для скота и людей

Появление растительных ассоциаций на ранних или незавершенных сукцессионных стадиях и новых намывных островов, которые активно заселяются рядом наземногнездящихся видов птиц

**4. Периоды низких уровней воды (длительные серии лет с соответствующим обводнением) – то же, что и 1, но в течение нескольких лет подряд**

*Отрицательные следствия:*

Значительное уменьшение биологической продуктивности экосистем дельт за счет замедления процессов обмена веществ и энергии при мало изменяющихся уровнях воды (застойные явления); в том числе – снижение численности водных птиц на гнездовье и миграционных остановках (предположительно до 50 %)

Снижение выживаемости потомства наземногнездящихся птиц за счет усиления пресса хищничества млекопитающих (пророст числа погибших кладок предположительно на 20 %) и, как следствие, уменьшение численности местных популяций птиц

За счет уменьшения территории, близкой к воде, – увеличение концентраций гнездящихся водных птиц на фоне уменьшения числа мест их концентрации, что делает места концентрации более уязвимыми

Усиление антропогенного воздействия на луговые экосистемы, места гнездования птиц, за счет их большей доступности (пастьба крупного рогатого скота и лошадей, сенокосы)

*Положительные следствия:*

Уменьшение гибели гнезд от затопления до минимума (0–5 %)

Увеличение площади территории, которая физически может быть использована птицами для гнездования, т.е. не затоплена

## **5. Периоды средних уровней воды**

*Отрицательные следствия:*

Сниженная биологическая продуктивность дельтовых экосистем за счет замедления процессов обмена веществ и энергии при мало изменяющихся уровнях воды

*Положительные следствия:*

Уменьшение хищничества на гнездах и птенцах

## **6. Периоды высоких уровней воды – то же, что и 3, но в течение нескольких лет подряд**

*Отрицательные следствия:*

Регулярное снижение выживаемости потомства наземногнездящихся птиц вследствие а) затопления гнезд и кладок и б) увеличения хищничества птиц на гнездах и птенцах водоплавающих из-за снижения численности мелких грызунов: увеличение гибели гнезд с 20–40 % до 50–60 % и последующий рост смертности птенцов после вылупления до подъема на крыло в 2–3 раза. Как следствие – уменьшение численности популяций наземногнездящихся птиц

Физическое уменьшение территории, пригодной для гнездования птиц, за счет ее затопления

За счет уменьшения сухой территории – значительное увеличение концентраций гнездящихся птиц на фоне уменьшения числа мест их концентрации, что делает места концентрации более уязвимыми, например, при пастьбе скота и лошадей на их территории

Неспособность федерального заказника «Кабанский» выполнять задачу охраны вида, включенного в Красную книгу РФ (чегравы), поскольку в современных условиях дельты Селенги все участки внутри заказника, пригодные для ее гнездования, оказываются затопленными, и чеграва гнездится вне заказника

*Положительные следствия:*

Повышенная биологическая продуктивность дельтовых экосистем и, как следствие, улучшение кормовой базы для птиц, особо важное для мигрирующих видов на остановках

Расширение площади переувлажненных водно-болотных угодий, благоприятных для гнездования поганкообразных и лысухи

Однозначно отрицательными ситуациями, которые даже в однократном случае за гнездовой сезон имеют сильные негативные или катастрофические последствия для размножения наземногнездящихся птиц в низменных частях байкальских дельт, являются следующие:

а) быстрое повышение уровня воды в месте гнездования, даже однократное, более чем на 2–3 см в сутки, вне зависимости от того, спадет ли затем вода, – в мае-июне (погибнут все существующие на этот момент кладки наземногнездящихся птиц, за иссечением поганкообразных и лысухи);

б) более трех эпизодов такого же рода в течение месяца – в мае и июне (погибнут и первичные, и повторные кладки);

в) рост уровня воды более чем на 60 см в гнездовой период (май – первая половина июля) (эффект тот же, что и в предыдущем случае).

Ситуации б) и в) приводят к гибели до 70% кладок водоплавающих птиц в низменной части дельты Селенги, а ситуация в) – к гибели до 100% гнезд и нелётных птенцов чегравы в данный сезон.

Если значение среднего уровня Байкала за июнь превышает 456,3 м ТО (1986, 1991, 1992, 1994 и 2019, 2021, 2022 гг.), можно прогнозировать снижение продуктивности гнездования водоплавающих птиц в этом сезоне на 20%, т.е. успешность гнездования (доля гнезд, в которых благополучно вывелись птенцы) снижается с благоприятных 50–60 % до 30–40 %. Если же средний июньский уровень превышает 456,5 м ТО (1984, 1985, 1995 гг., а также 1988 г., когда среднее июньское значение хотя и не превысило 456,5 м, но динамика уровня в первой половине лета была крайне неблагоприятной для птиц), успешность гнездования снижается на 50%, то есть до 10–15%. Корреляция между уровнем Байкала и успешностью гнездования уток в течение большей части 25–35-летнего гидрологического цикла в 1970–1990-х гг. оказалась достоверно отрицательной:  $-0,59$  ( $p < 0,05$ ) [23].

**Рекомендации по способам сохранения и поддержания популяций водных птиц и их местообитаний при различных показателях уровня режима.** Быстрое повышение уровня Байкала (более чем 1 см/сутки) в период с мая по июнь приводит к снижению успешности гнездования водоплавающих и ряда околотовных птиц, населяющих водно-болотные угодья Байкала, в том числе и объектов охоты (утки), и

видов, подлежащих особой охране (чеграва и другие). Это относится к любым диапазонам уровня режима внутри общих проектных рамок 455,54–457,85 м ТО. Поэтому в качестве меры, способствующей снижению гибели кладок водоплавающих и ряда околотовных птиц, желательна демпфирование (замедление) скорости роста уровня Байкала при паводковых ситуациях в названных случаях с помощью увеличения пропуска воды через плотину Иркутской ГЭС. Однако более или менее эффективной такая мера может быть только в случае очень оперативной оценки динамики стока рек и не менее оперативного реагирования (в течение немногих дней после получения данных о резком увеличении стока на гидропостях, расположенных значительно выше устьев рек), так как инертность водной массы оз. Байкал и динамики ее уровня очень велика.

При меньших скоростях роста уровня воды в мае-июне гнездящиеся водоплавающие и околотовные птицы способны успешно проявлять свой комплекс экологических адаптаций к условиям водно-болотных угодий [37]. Изменения гидрологического режима Байкала в другие периоды не оказывают значимого отрицательного влияния ни на гнездящиеся виды в послегнездовой период, ни на пролётные виды птиц. Но необходимо иметь в виду, что более высокие уровни воды физически сокращают территорию, пригодную для размножения птиц, особенно для дисперсно гнездящихся водоплавающих, заселяющих самые низменные местообитания пойм.

Возможна эффективность сооружения искусственных намывных или плавучих островов как дополнительных незатопляемых мест для гнездования редкого вида (чеграва). В Америке чеграва заселяет такие конструкции [38, 39]. Однако этот вопрос требует тщательной предварительной проработки и с инженерной стороны, и с юридической стороны (возможная необходимость согласований с водным регистром, землепользователями и т. д), и с фактической стороны (степень эффективности данного подхода может быть выяснена лишь при экспериментальном сооружении искусственных островов разных типов для определения привлекательности их для чегравы в дельте Селенги).

При низких уровнях воды в гнездовой период (в мае – менее 456,0 м ТО) возможности для повышения выживаемости гнезд водоплавающих птиц определяются лишь точностью прогнозирования водного баланса Байкала и его крупнейших притоков на предстоящие летние месяцы текущего года. Эти возможности сводятся к регулированию пропуска воды через плотину Иркутской ГЭС, когда это возможно: а) предупреждению слишком быстрого повышения уровня воды в течение мая и июня путем увеличения сброса при прогнозе на рост стока крупных рек и б) недопущению чрезмерно низких уровней Байкала к весне.

Для мониторинга состояния местообитаний водных птиц желательна установка автоматических гидрологических станций или водомерных постов непосредственно в важнейших водно-болотных угодьях Байкала – дельте Селенги и Кичеро-Верхнеангарской дельте, так как в настоящее время водомерные посты здесь отсутствуют, а моделирование степени затопления этих территорий в зависимости от уровня Байкала и речного стока не разработано. Место расположения таких постов/станций требует экспертной оценки орнитологов с полевым обследованием местности.

В целом результаты влияния различных гидрологических ситуаций (изменения уровня озера Байкал) на размножение водоплавающих и околоводных птиц представлены в таблице 1.4.4.

Таблица 1.4.4 – Оценка влияния различных гидрологических ситуаций на гнездование водоплавающих и большинства околотовных птиц в важнейших водно-болотных угодьях побережья оз. Байкал

Оценка воздействия гидрологической ситуации	Минимальный годовой уровень (в апреле-мае)	Максимальный годовой уровень (в сентябре-октябре)	Прирост уровня за основную часть гнездового периода (с 1 мая по 30 июня)	Полный прирост годового уровня за сезон (от минимального до максимального)
<b>Условия низкой водности</b> (годовые диапазоны уровня Байкала порядка 455,4 – 456,5 м)				
Благоприятная	Выше 455,5 м	-	20-40 см	
Неблагоприятная	Ниже 455,5 м	Ниже 456,1 м и выше 456,4 м	10-20 и 40-50 см	
Критическая	Ниже 455,4 м	Ниже 456,0 м и выше 456,5 м	Менее 10 и более 50-60 см	Менее 20 и более 110 см
<b>Условия средней водности</b> (годовые диапазоны уровня Байкала порядка 456,0 – 457,0 м)				
Благоприятная	Выше 456,0 м	-	20-40 см	
Неблагоприятная	Ниже 455,9 м и выше 456,4 м	Выше 457,0 м	10-20 и 40-50 см	
Критическая	Ниже 455,8 м и выше 456,5 м	Ниже 456,8 м и выше 457,1 м	Менее 10 и более 50-60 см	Более 110 см
<b>Условия высокой водности</b> (годовые диапазоны уровня Байкала порядка 456,0 – 457,5 м)				
Благоприятная	456,1-456,4 м	-	20-40 см	-
Неблагоприятная	Ниже 456,1 м и выше 456,4 м	Выше 457,1 м	10-20 и 40-50 см	-
Критическая	Ниже 456,0 м и выше 456,5 м	Выше 457,2 м	Менее 10 и более 50-60 см	Более 110 см
<b>Условия перехода от периода низкой водности к периоду высокой водности (первые 1-2 года)</b>				
Критическая	-	-	От 40 см и более	-
<b>Вне зависимости от водности</b>				
Критическая	-	-	-	Более 120 см
Критическая	-	-	Более 70 см	-
Критическая	-	-	Отрицательные значения	-
Критическая	От 3 и более эпизодов резких повышений уровня воды (более чем на 2 см в сутки) между началом мая и серединой июля в случае, если все эпизоды приходятся на период протяженностью более чем в 3 недели			
Критическая	Повторение ситуаций, оцениваемых как критические, в течение 3 и более сезонов подряд			

#### **1.4.2 Оценка изменения структуры фаунистических комплексов в результате трансформации прибрежных биотопов при колебании уровня озера Байкал в границах Иркутской области**

Циклические изменения гидрологического режима озера Байкал приводят к определенным изменениям в структуре животного населения водно-болотных угодий, при том, что многие вопросы в настоящее время практически не изучены. Сильные колебания уровня воды могут приводить к сокращению местообитаний позвоночных животных, истощению или полной утрате кормовых ресурсов, смещению сроков размножения, изменению поведенческой и физиологической адаптации. В условиях длительного повышения уровня воды многие пластичные виды водно-околоводных позвоночных животных приспосабливаются к новым условиям путем переселения на возвышенные участки суши, достройкой гнезд и хаток, увеличением концентрации пар и переходом на новые виды кормов.

Анализ степени распространения и особенностей местообитаний более 100 видов позвоночных животных, постоянно или сезонно обитающих на побережье озера Байкал (в границах Иркутской области) и ведущих водный или околоводный образ жизни, позволил выполнить районирование побережья озера. Выделены 6 районов с близкими природно-климатическими условиями и возможностями обитания околоводных позвоночных животных (таблица 1.4.5). В таблицу была включена информация о фоновых видах позвоночных животных и редких – виды, включенные в Красные книги Иркутской области (2020 г.) и Российской Федерации (2021 г.) [40]. Районы Кругобайкальский и Приморский представлены достаточно протяженными, но малопригодными для обитания большинства водно-околоводных видов животных территориями. Основная часть населения приводных позвоночных животных обитает в пониженных формах рельефа – прибрежных мелководьях с прилегающей полосой берега, дельтах и устьях рек, сорах, калтусах, а также на песчано-галечных косах и многочисленных островах, т.е. на наиболее чувствительных к колебаниям уровня озера участках побережья. Такие места отличаются кормовым разнообразием и наличием мест для размножения и укрытия. Наиболее благоприятные условия обитания приводных видов животных находятся в Хамар-Дабанском и Приольхонском районах.

На основе литературных материалов и экспедиционных исследований в выделенных районах определены наиболее чувствительные к колебаниям уровня оз. Байкал ключевые участки. Наиболее уязвимы к изменениям уровня воды фаунистические комплексы в устьях рек Талой, Култучной, Голоустной, Анги, Сармы, Курмы; на озерах и сорах (Зама,

Курма, Нурское и пр.), а также на пологих прибрежных участках мелководных заливов и бухт Мандархан, Зун-Хагун, песчано-галечных косах и островах средних и малых размеров. Многие из этих участков являются важными местами размножения, линьки и остановки во время сезонных миграций птиц.

Таблица 1.4.5 – Зонирование территории по степени уязвимости мест обитания приводных позвоночных животных побережья оз. Байкал

Районы	Ключевые участки	Фоновые виды	Редкие виды
Хамар-Дабанский	Междуречье рек Снежная и Хара-Мурин, Слюдянско-Култукский.	Связь <i>Anaspenelope</i> *, чирок-свистунок <i>A. crecca</i> *, шилохвость <i>A. acuta</i> *, кряква <i>A. platyrhynchos</i> , хохлатая чернеть <i>Aythyafuligula</i> , красноголовый нырок <i>Aythyaferina</i> , гоголь <i>Vicephalaclangula</i> *, длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i> , малый зуёк <i>Charadrius dubius</i> , чибис <i>Vanellus vanellus</i> , фифи <i>Tringaglareola</i> *, перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i> , бекас <i>Gallinago gallinago</i> *, песочник-красношейка <i>Calidris ruficollis</i> *, монгольская чайка <i>Larus mongolicus</i> , сизая чайка <i>Larus canus</i> , речная крачка <i>Sterna hirsundo</i> , горная трясогузка <i>Motacilla cinerea</i> , белая трясогузка <i>Motacilla alba</i> . Водяная полевка <i>Arvicola amphibious</i> , ондатра <i>Ondatra zibethicus</i> .	Большая выпь <i>Botaurus stellaris</i> , черный аист <i>Ciconia nigra</i> , лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i> *, малый лебедь <i>Cygnus bewickii</i> *, огарь <i>Tadorna ferruginea</i> , клоктун <i>Anas formosa</i> *, касатка <i>Anas falcata</i> *, орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i> , серый журавль <i>Grus grus</i> , длиннопалый песочник <i>Calidris subminuta</i> , краснозобик <i>Calidris ferruginea</i> *, большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i> *, большой веретенник <i>Limosa limosa</i> *. Речная выдра <i>Lutra lutra</i> .



Кругобайкальский	Устье р. Половинной, исток р. Ангары.	Связь <i>Anaspenelope</i> *, чирок-свистунок <i>A. crecca</i> *, шилохвость <i>A. acuta</i> *, кряква <i>A. platyrhynchos</i> , хохлатая чернеть <i>Aythyafuligula</i> , красноголовый нырок <i>Aythyaferina</i> , гоголь <i>Vucephalaclangula</i> *, большой крохаль <i>Mergusmerganser</i> , длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i> , малый зуёк <i>Charadriusdubius</i> , фифи <i>Tringaglareola</i> *, перевозчик <i>Actitishypoleucos</i> , монгольская чайка <i>Larusmongolicus</i> , сизая чайка <i>Laruscanus</i> , белая трясогузка <i>Motacillaalba</i> . Водяная полевка <i>Arvicolaamphibious</i> , ондатра <i>Ondatrazibethicus</i> .	Каменушка <i>Histrionicushistrionicus</i> , скопа <i>Pandionhaliaetus</i> *, орлан-белохвост <i>Haliaeetusalbicilla</i> *, немой перепел <i>Coturnixjaponica</i> , Речная выдра <i>Lutralutra</i> .
Приморский	Дельта реки Голоустной.	Связь <i>Anaspenelope</i> *, чирок-свистунок <i>A. crecca</i> *, шилохвость <i>A. acuta</i> *, кряква <i>A. platyrhynchos</i> , хохлатая чернеть <i>Aythyafuligula</i> , красноголовый нырок <i>Aythyaferina</i> , гоголь <i>Vucephalaclangula</i> *, длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i> , малый зуёк <i>Charadriusdubius</i> , чибис <i>Vanellusvanellus</i> , фифи <i>Tringaglareola</i> *, перевозчик <i>Actitishypoleucos</i> , бекас <i>Gallinagogallinago</i> , песочники <i>sp</i> , монгольская чайка <i>Larusmongolicus</i> , сизая чайка <i>Laruscanus</i> , речная крачка <i>Sternahirundo</i> , белая трясогузка <i>Motacillaalba</i> . Водяная полевка <i>Arvicolaamphibious</i> , ондатра <i>Ondatrazibethicus</i> .	Клоктун <i>Anasformosa</i> *, лебедь-кликун <i>Cygnuscygnus</i> *, огарь <i>Tadornaferruginea</i> , черный аист <i>Ciconianigra</i> , черный журавль <i>Grusmonacha</i> , большой кроншнеп <i>Numeniusarquata</i> *, Дальневосточный кроншнеп <i>Numeniusmadagascariensis</i> *.

Приольхонский	<p>Устье р. Бугульдейка, устье р. Анга, залив Тутайский, бух. Базарная, залив Куркут, бух. Мандархан, бух. Зун-Хагун, устье р. Кучелга, устье р. Хорга, дельта р. Сарма, сор Курминский сор Улан-Ханский сор Сурхайта сор Зундук озеро Зама сор Кулгана сор Онгуренский устье Кочерикова</p>	<p>Связь <i>Anaspenelope</i>*, чирок-свистунок <i>A. crecca</i>*, шилохвость <i>A. acuta</i>*, кряква <i>A. platyrhynchos</i>, горбоносый турпан <i>Melanittadeglandi</i>, хохлатая чернеть <i>Aythyafuligula</i>, гоголь <i>Vicephalacalangula</i>*, длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i>, малый зуёк <i>Charadrius dubius</i>, сибирский пепельный улит <i>Heteroscelus brevipes</i>*, фифи <i>Tringaglareola</i>*, перевозчик <i>Actitishypoleucos</i>, бекас <i>Gallinagogallinago</i>*, песочник-красношейка <i>Calidris ruficollis</i>*, монгольская чайка <i>Larus mongolicus</i>, речная крачка <i>Sterna hirundo</i>, белая трясогузка <i>Motacilla alba</i>. Водяная полевка <i>Arvicola amphibious</i>, ондатра <i>Ondatra zibethicus</i>, обыкновенная кутора <i>Neomys fodiens</i>.</p>	<p>Монгольская жаба <i>Bufo raddei</i>. таежный гуменник <i>Anser fabalis middendorffii</i>*, Клоктун <i>Anas formosa</i>*, лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i>*, малый лебедь <i>Cygnus bewickii</i>*, огарь <i>Tadorna ferruginea</i>, красношейная поганка <i>Podiceps auritus</i>, скопа <i>Pandion haliaetus</i>, орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i>*, черный аист <i>Ciconia nigra</i>, черный журавль <i>Grus monacha</i>*, серый журавль <i>Grus grus</i>*, краснозобик <i>Calidris ferruginea</i>*, большой веретенник <i>Limosa limosa</i>*, большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i>*, Дальневосточный кроншнеп <i>Numenius madagascariensis</i>*, длиннопалый песочник <i>Calidris subminuta</i>.</p>
Ольхонский	<p>Залив Загли и оз. Нур, залив Шибетский, зал. Елгайский, острова 1 порядка, острова 2 порядка, острова 3 порядка.</p>	<p>связь <i>Anaspenelope</i>*, чирок-свистунок <i>Anas crecca</i>*, шилохвость <i>Anas acuta</i>*, большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i>, длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i>, хохлатая чернеть <i>Aythya fuligula</i>, кряква <i>Anas platyrhynchos</i>, малый зуёк <i>Charadrius dubius</i>, сибирский пепельный улит <i>Heteroscelus brevipes</i>*, перевозчик <i>Actitishypoleucos</i>, песочник-красношейка <i>Calidris ruficollis</i>*, монгольская чайка <i>Larus mongolicus</i>, речная крачка <i>Sterna hirundo</i>. Ондатра <i>Ondatra zibethicus</i>.</p>	<p>Монгольская жаба <i>Bufo raddei</i>. Орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i>*, горный гусь <i>Anser indicus</i>, клоктун <i>Anas formosa</i>*, лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i>*, огарь <i>Tadorna ferruginea</i>, черный журавль <i>Grus monacha</i>, краснозобик <i>Calidris ferruginea</i>*, большой веретенник <i>Limosa limosa</i>*, большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i>*, Дальневосточный кроншнеп <i>Numenius madagascariensis</i>*, длиннопалый песочник <i>Calidris subminuta</i>.</p>

Байкальский	Безымянный сор, озеро Лагунное, сор в бух. Заворотной.	Кряква <i>Anas platyrhynchos</i> , чирок-свистун <i>Anas crecca</i> *, шилохвость <i>Anas acuta</i> *, длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i> , хохлатая чернеть <i>Aythya fuligula</i> , малый зуёк <i>Charadrius dubius</i> , перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i> , бекас <i>Gallinago gallinago</i> *, песочники, монгольская чайка <i>Larus mongolicus</i> , речная крачка <i>Sterna hirundo</i> , горная трясогузка <i>Motacilla cinerea</i> , белая трясогузка <i>Motacilla alba</i> . Водяная полевка <i>Arvicola amphibious</i> , ондатра <i>Ondatra zibethicus</i> , обыкновенная кутора <i>Neomys fodiens</i> .	Клоктун <i>Anas formosa</i> *, каменушка <i>Histrionicus histrionicus</i> , лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i> *, огарь <i>Tadorna ferruginea</i> , Орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i> *, черный аист <i>Ciconia nigra</i> , большой веретенник <i>Limosa limosa</i> *, большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i> *.
-------------	--	---	--

Примечание: знаком «\*» указаны виды птиц, встречающиеся преимущественно на пролете

В качестве примера рассмотрим два участка, с заметно различающимися природно-климатическими условиями и видовым разнообразием животных (рис. 1.4.4, 1.4.5). В Приольхонском и Ольхонском районах выявлено 18 и 6 участков соответственно, уязвимых к повышению уровня воды в оз. Байкал. Прибрежные экосистемы пролива Малое Море характеризуются сниженной гнездопригодной емкостью и низкой кормовой базой для многих околотовных видов птиц. Площадь оптимальных местообитаний на изучаемом полигоне составляет 7,2–9 км<sup>2</sup> (9 участков Приольхонского р-на и 3 участка Ольхонского р-на), из них более половины приходится на дельту р. Сармы, играющую важную роль в существовании околотовных и водоплавающих видов животных на западном побережье оз. Байкал (рис. 1.4.4).

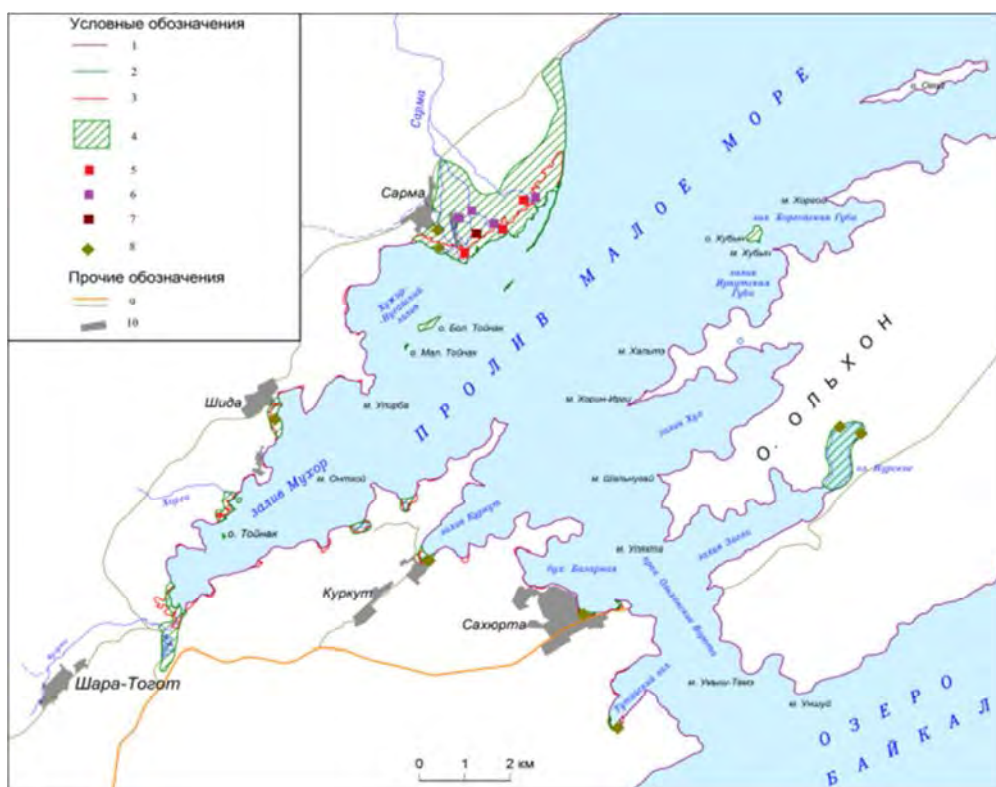


Рисунок 1.4.4 – Зонирование территории Приольхонского и Ольхонского районов (частично) по степени уязвимости мест обитания приводных позвоночных животных. Условные обозначения: 1 – малосвойственные и несвойственные места обитания приводных видов животных; 2 – оптимальные (ценные) места обитания и размножения приводных видов животных; 3 – граница зоны затопления; 4 – места гнездования и концентрации во время сезонных миграций околоводных и водоплавающих видов птиц; места обитания: 5 – ондатры, 6 – водяной полевки, 7 – обыкновенной куторы, 8 – монгольской жабы; 9 – автомобильные дороги; 10 – населенные пункты

Площадь затопления при повышении уровня воды в Байкале (до 457,85 м (ТО) составляет 2,4–3,1 км<sup>2</sup> или около 33–43% от общей площади оптимальных местообитаний (рис. 1.4.4). В зону затопления входят прибрежные места гнездования 14 видов уток и 6 видов куликов (длинноносый крохаль *Mergus serrator*, хохлатая чернеть, горбоносый турпан *Melanitta deglandi*, кряква, огарь *Tadorna ferruginea*, малый зуёк *Charadrius dubius*, перевозчик *Actitis hypoleucos*, длиннопалый песочник *Calidris subminuta* и пр.), монгольской чайки, речной крачки *Sterna hirundo* и белой трясогузки *Motacilla alba*, а также места обитания водяной полевки, ондатры, обыкновенной куторы *Neomys fodiens* и монгольской жабы *Bufo raddei*. В данном районе отмечено 16 видов животных, включенных в Красную книгу Иркутской области [41]. Растущая рекреационная нагрузка в большинстве заливов усиливает эффект нестабильной гидрологической обстановки и приводит к вытеснению и распугованию позвоночных животных, их прямому истреблению и разрушению местообитаний [42].

Помимо дельты Сармы, большую роль в обитании водоплавающих видов птиц играют многочисленные острова пролива, где условия гнездования водоплавающих птиц относительно стабильны, так как роль колебаний уровня воды здесь минимальна и чаще всего страдают лишь поздние кладки [43]. Млекопитающие островов представлены 2–3 видами мышевидных грызунов (ольхонская полевка *Alticola olchonensis*, полевка-экономка *Microtus oeconomus* и пр.) и изредка заходящими по льду обыкновенными лисицами *Vulpes vulpes*. Как правило, все они строят норы значительно выше уровня колебания воды в озере.

В протяженном Хамар-Дабанском районе выявлено всего 3 участка возможного влияния повышения уровня воды в оз. Байкал на приводные фаунистические комплексы. Наиболее важным и хорошо изученным является Слюдянско-Култукский участок, расположенный на побережье между одноименными населенными пунктами (рис. 1.4.5). В устьях рек Похабихи, Талой, Култучной располагаются единственные водно-болотные угодья на южном побережье Байкала, где отмечаются мощные сезонные скопления околоводных и водоплавающих птиц.



Рисунок 1.4.5 – Зонирование территории Слюдянско-Култукского участка (Хамар-Дабанский район) по степени уязвимости мест обитания приводных позвоночных животных. Условные обозначения: 1 – малосвойственные и несвойственные места обитания приводных видов животных; 2 – оптимальные (ценные) места обитания и размножения приводных видов животных; 3 – граница зоны затопления; 4 – места гнездования и концентрации во время сезонных миграций околоводных и водоплавающих видов птиц; места обитания: 5 – ондатры, 6 – водяной полевки, 7 – сибирской лягушки, 8 – сибирского углозуба; 9 – железные дороги; 10 – автомобильные дороги; 11 – населенные пункты

Площадь угодий в настоящее время значительно сократилась вследствие строительства жилых и хозяйственных объектов, железных и автомобильных дорог. Площадь оптимальных местообитаний на полигоне составляет около 4,3–5,0 км<sup>2</sup>. Несмотря на небольшую площадь, здесь гнездится 10 видов уток (хохлатая чернеть, кряква, широконоска, чирок-свистунок, огарь и пр.), 8 видов куликов (малый зуек, чибис *Vanellus vanellus*, перевозчик, бекас *Gallinago gallinago* и пр.), белая трясогузка и повсеместно редкий зимородок *Alcedo atthis*. В разное время здесь были отмечены 18 видов, включенных в Красную книгу Иркутской области [41].

Население млекопитающих данного участка не превышает 8-10 видов, на открытых влажных полянах оно представлено бурозубками (тундрная *S. tundrensis* и средняя *S. caecutiens*) и полевкой-экономкой. По берегам рек Похабихи и Талой встречаются норы водяной полевки и хатки ондатры, возможны встречи обыкновенной куторы. Герпетофауна озерно-болотного комплекса бедная и представлена многочисленной сибирской лягушкой *Rana amurensis* и редким сибирским углозубом *Salamandrella keyserlingi*. Успешность размножения земноводных зависит от стабильного гидрологического режима, повышение уровня после откладки икры приводит к значительному снижению процента успешного появления потомства.

В зону потенциального затопления (при уровне оз. Байкал 457,85 м ТО попадает всего 0,4–0,7 км<sup>2</sup> или 9–16% от общей территории оптимальных местообитаний животного населения прибрежных экосистем (рис. 1.4.5). В первую очередь это расположенные в прибрежной зоне гнезда уток и куликов, а также существенная часть популяций водяной полевки и ондатры, расположенных по берегам рек Похабихи и Талой.

Прямое и опосредованное влияние многолетнего понижения уровня воды может привести к более ощутимым негативным последствиям для большинства видов позвоночных животных, связанных с водоемами. Так, при значительном иссушении водоемов возможна гибель земноводных и их кладок (сибирский углозуб *Salamandrella keyserlingi*, сибирская лягушка *Rana amurensis* и монгольская жаба *Bufo raddei*), ухудшение защитно-гнездовых функций биоценозов для большинства видов утиных *Anatidae*, куликов *Charadrii*, чайковых *Laridae*, снижение и успешность размножения, полная или частичная потеря кормовых ресурсов. Для околородных видов млекопитающих (ондатра *Ondatra zibethicus*, американская норка *Neovison vison*, речная выдра *Lutra lutra*) в такие годы отмечаются миграции как внутри водоема, так и за его пределы. Как правило, видовое разнообразие во время снижения уровня воды падает в первую очередь за счет малочисленных стенобионтных видов позвоночных животных, из-за их узких пределов толерантности.

## **Выводы**

Выработанный комплекс адаптаций к межгодовым и внутрисезонным изменениям гидрологического режима позволяет снизить элиминацию популяций у большинства видов животных, но возможность эффективного использования этих адаптаций зависит от частоты и сроков изменений уровня воды. Согласно многолетним исследованиям на Байкале, максимумы (а возможно, и минимумы) крупных внутривековых и вековых циклов обводнения всегда были неблагоприятными для размножения большинства видов птиц, но зарегулирование стока привело к значительному ухудшению условий обитания околководных птиц в многоводные периоды, то же самое в полной мере относится и к представителям большинства видов земноводных и околководных млекопитающих.

### **1.5 Определение изменений основных ландшафтных компонентов ключевых участков береговой зоны и устьевых областей притоков, подверженных влиянию колебаний уровня оз. Байкал**

#### **1.5.1 Определение изменений состояния ландшафтных компонентов прибрежных территорий в результате влияния колебаний уровня озера Байкал и Иркутского водохранилища, с детализацией для ключевых участков в границах Иркутской области**

Формирование прибайкальских ландшафтов происходило на протяжении длительной истории в условиях естественных колебаний уровня воды в оз. Байкал с максимумом в конце августа-начале октября и минимумом в апреле. Строительство ГЭС и создание водохранилища послужило сглаживанию природных колебаний уровня и привело к уменьшению пространственной перестройки структур природных сообществ в зоне прямого влияния водоемов. В зоне контакта «вода-суша» на пологих участках побережья в границах разных типов ландшафтов повсеместно развиты низинные луговые заболоченные осоковые, хвощово-осоковые и злаково-осоковые фации с переменным режимом увлажнения. Вероятность изменения состояния прибрежных ландшафтов в результате колебаний уровня воды в оз. Байкал в рассматриваемых пределах (454,5–457,8 м) возможна только в условиях длительного (более 2 подряд периодов с апреля по октябрь) подъема или снижения уровня воды.

Реакция ландшафтов на долговременное повышение/понижение уровня воды в оз. Байкал зависит от природной устойчивости ландшафтов, которая определяется свойствами слагающих их компонентов и связывающих их процессов. В целях

объективной оценки устойчивости прибрежных ландшафтов выполнен анализ природных компонентов побережья.

**Растительность.** Влияние колебаний оз. Байкал на состояние прибрежной растительности на участках отграниченных от озера береговыми галечниковыми валами и заливов, глубоко вдающихся в береговую зону (залив Кодовый и др.), приводят к узким изменениям структуры сообществ при изменениях гидрологических условий корнеобитаемого слоя почв. Гидрофильные и гигрофильные виды региональной флоры являются эврибионтными и способны существовать при достаточно широкой амплитуде степени и продолжительности увлажнения. По мере удаления от берега водоема происходит смена растительных сообществ от гидрофильных (существующие в воде или при постоянном избыточном увлажнении), гигрофильных (почти постоянное избыточное увлажнение, кратковременные сухие периоды) к луговым, кустарниковым, лугово-степным, степным и далее к светлохвойным, мелколиственным и темнохвойным лесам.

В упрощено-обобщенном виде смену растительных сообществ западного побережья озера Байкал в пределах Иркутской области по степени увлажнения и состава субстрата в направлении от берега водоема можно представить в следующей схеме:

Галечниковые косы с редким травяным (*Aconogonon ocreatum*, *A. lapathipholia*, *Thymus* sp., *Chamaenerion latifolium* и др.), которые отделяют соровые озера или узкими косами вдаются в акваторию озера ограничивая заливы. Гидрофильные сообщества (*Persicaria amphibia*, *Ranunculus circinatus*, *R. gmelinii*, *R. natans* и др.). Данный тип сообществ занимает наиболее глубокие части (от 1 до 2 метров глубиной) соровых озер или вдающихся в береговую часть заливов. Гигрофильные сообщества (*Comarum palustre*, *Beckmania syzigachne*, *Carex rhynchophysa*, *C. pseudocuraica* и др.). Гигрофильные сообщества окаймляют гидрофильные по мере уменьшения глубины (от 1,5 до 0 м), образуя прибрежные сообщества на озерах и заливах.

Луговые (*Carex saxatilis* subsp. *laxa*, *C. cespitosa*, *C. rhynchophysa*,) сообщества, они примыкают к урезам озер, занимая влажные субстраты или временно подвергающиеся затоплениям участки пониженных местообитаний. Кустарниковые заросли (*Salix* sp., *Dasiphora fruticosa*, *Rubus matsumuranus* и др), часто окаймляют луговые сообщества примыкающие к заливам и соровым озерам, данный тип сообществ встречается на конусах выноса рек имеющих обширные дельты (Голоустная, Сарма и др.).

Лугово-степные сообщества (*Delphinium grandiflorum*, *Lilium pumilum*, *Hemerocallis minor*, *Iris humilis*, *Diantus versicolor*, *Pulsatila turczaninovii*, *Orostachys spinosa* и др.). Данный тип сообществ занимает промежуточное положение между лугами и собственно степями западного побережья Байкала.



Степи (*Delphinium grandiflorum*, *Lilium pumilum*, *Agropyron cristatum*, *Helictotrichon altaicum*, *Poa botryoides*, *Aster alpinus*, *Rhaponticum uniflorum*, *Potentilla sericea*, *Pedicularis rubens*, *Erysimum flavum*, *Pulsatila turczaninovii*, *Pedicularis rubens*, *Iris humilis*, *Diantus versicolor*, *Pulsatila turczaninovii*, *Orostachys spinosa* и др.). Степные сообщества занимают наиболее сухие местообитания западного побережья озера и острова Ольхон, располагаясь выше уреза Байкала от 1 метра и выше.

Схематичная характеристика распространения фитоценозов на южном побережье Байкала выглядит следующим образом. Береговые валы повсеместно сильно нарушены, здесь развиваются рудеральные сообщества из *Poa supina*, *Trifolium repens*, *Plantago major*, *P. media*, *Taraxacum* sp., *Geum aleppicum* и др. видов. Прибрежная территория у оз. Байкал занята кустарниково-болотной растительностью с отдельными экземплярами древостоя (*Betula pendula*, *Pinus sibirica*). К долинным сообществам, либо непосредственно к береговой линии оз. Байкал примыкают лесные (сосново-лиственничные и лиственнично-сосновые леса), кустарниковые (*Duschekia fruticosa*, *Spiraea media*, *S. salicifolia*, *Rhododendron dauricum*, *Rubus matsumuranus*, *Padus avium*) травяные (частью брусничные) ценозы. В береговой зоне Иркутского водохранилища на местообитаниях, превышающих уровень воды длительного времени стояния от 1 метра, находятся нарушенные светлохвойные и мелколиственные (березовые) леса. На западных побережьях оз. Байкал и о. Ольхон распространены редкостойные лиственничные (*Larix sibirica*, *L. czekanowskii*) и сосновые (*Pinus sylvestris*) сообщества.

Процессы периодического длительного затопления могут оказывать негативное воздействие на леса, трансформируясь из лесных фитоценозов в ивовые (*Salix viminalis*) мохово-осоковых сообществ [1]. Частые и долговременные затопления приведут к заболачиванию и угнетению и могут вызвать полную гибель даже устойчивых к воздействию вод видов древесно-кустарниковой растительности.

В Красной книге Иркутской области [2] для всех охраняемых видов, чьи местообитания связаны с колебаниями уровня оз. Байкал, в качестве лимитирующих факторов приводится антропогенное воздействие, эвтрофикация и загрязнение водоемов. В качестве опасности для существования популяций изменение уровня водоемов и возможная связанная с этим олиготрофикация водоемов не указывается. Исключением в данных факторах может быть резкое и длительное (более нескольких лет) понижение уровня оз. Байкал (до 455,54 м (ТО), что может привести к пересыханию сорных озер, которое при отсутствии времени для формирования новых подходящих местообитаний может привести к исчезновению некоторых видов из сообществ побережья. Однако такой прогноз является крайне маловероятным. Сценарий кратковременных колебаний уровня

Байкала от среднегодового (456,5 м) в пределах 1,5-2 метрового диапазона не повлечет за собой сколько-нибудь серьезного изменения современной структуры растительных сообществ.

Для растительности побережья Иркутского водохранилища повышение уровня воды более критично, что обусловлено продолжающимися процессами разрушения берегов. Усиление абразионных процессов и разрушения почвенно-растительного покрова на крутых берегах наблюдается уже при превышении уровня до 457,2 м (по наблюдениям 2021 г) с нарастанием отрицательного эффекта при дальнейших подъемах уровня. Долинные сообщества притоков водохранилища в своем составе имеют значительное количество таежных видов и видов, произрастающих в условиях влажных местообитаний, но проточного, а не застойного увлажнения. Для таких видов и их сообществ поднятие уровня и затопление является критичным фактором, однако сами долинные сообщества широко распространены в регионе и не имеют большого значения в структуре биоразнообразия региона, поддержания экологического равновесия или формирования местообитаний редких видов.

Обследование растительных сообществ не выявило деструктивных процессов естественного характера, связанных с колебаниями уровня озера. Состояние охраняемых видов характеризуется как удовлетворительное. Повышение уровня озера может привести к изменениям площадных характеристик прибрежных сообществ соровых озер и пониженных участков побережья, однако, его кратковременные изменения не приведут к необратимым процессам изменения фитоценозов. При данном сценарии будет наблюдаться расширение гидрофильных и гигрофильных сообществ, и их продвижение в сторону луговых и степных сообществ, конкретные изменения границ будут зависеть от конкретных топографических условий местообитаний, перепада высот, крутизны и состава субстратов, но к критичным процессам нарушения фитоценозов данные явления не приведут.

**Почвенный покров.** Почвенный покров на ключевых участках, приуроченных к пониженным элементам рельефа устьев рек и прилегающих территорий южного и юго-западного побережий оз. Байкал, в основном представлен аллювиальными перегнойно-глеевыми и торфяно-глеевыми, аллювиальными гумусовыми, серогумусовыми и темnogумусовыми, а также дерново-подзолистыми, подзолистыми и черноземовидными почвами на более возвышенных склоновых участках.

Влияние колебаний уровня воды водоемов на почвы побережий возможно в случае периодических продолжительных затоплений и проявляется в гидрогенной трансформации почв. В соответствии с научными исследованиями и стандартными

методиками [3, 4] индикаторами гидрогенной трансформации почв являются морфологические и физико-химические свойства не характерные для зональных типов, наличие железистых и марганцевых новообразований; мощность биотического и абиотического наноса на поверхности почвы; загрязнение почв; уменьшение содержания физической глины (опесчанивание); увеличение площади обнаженной подстилающей породы; уничтожение плодородного слоя почв и др. (Приложение А3, таблица 1).

Оценка гидрогенной трансформации почв для прибрежных территорий оз. Байкал и Иркутского водохранилища выполнена на основании условной балльной системы. Установленный показатель определяет степень гидрогенной трансформации, а совокупность баллов каждого индикатора дает представление об уровне гидрогенной трансформации почв, как итоговой характеристики процесса на определенный момент. На основании результатов проведенных исследований и принятой балльной системы разработана экспертная шкала степени трансформации почв прибрежных территорий, позволяющая дать обобщенную характеристику экологическому состоянию почвенного покрова в условиях потенциального затопления (таблица 1.5.1)

Таблица 1.5.1 – Показатели оценки трансформации почвенного покрова

Степень трансформации почв	баллы
Низкая	<7
Средняя	7-10
Высокая	11-17
Очень высокая	>17

Оценка возможной трансформации почв и потенциального экологического ущерба при колебании уровня воды озера и сбросов Иркутской ГЭС представлена в Приложении А4 (таблица 2).

Наибольший экологический ущерб (IV – очень высокая трансформация, 20 бал.) почвам зафиксирован на правом побережье Иркутского водохранилища в районах с высокой интенсивностью абразионных береговых процессов (полное уничтожение почвенного покрова).

Большой экологический ущерб (III – высокая стадия трансформации, 13–14 бал.) отмечается на значительной части побережья Иркутского водохранилища (заливы Королок, Большой, Еловый, Чертугеевский, Курминский, в районе н.п. Бурдаковка, Большая Речка, Новогрудинина, мкр. Солнечный, пляжа на ул. Якоби). В почвах перечисленных участков наблюдаются геоморфологические признаки гидроморфизма. Процессам опесчанивания (потере фракции физической глины более чем на 25%)

подвержены почвы побережья заливов Королок, Большой, Курминский, район д. Новогрудина и пляжа «Якоби».

Загрязнение почв побережья оценено по концентрации в них нефтепродуктов в сравнении с фоновым (21,7 мг/кг.) [5]. Повышенные концентрации нефтепродуктов обнаружены локально в аллювиальных почвах у самого уреза воды заливов Королок (коэффициент концентрации по отношению к фону –  $K_k=1,9$ ), Большой ( $K_k=5,3$ ), Еловый ( $K_k=2,1$ ), Чертугеевский ( $K_k=13,5$ ) в верхних горизонтах до глубины 20 см, пляжа на ул. Якоби ( $K_k=6,1$ ) – до 30 см, Присутствие нефтепродуктов в почвах побережья может являться следствием загрязнения от водного транспорта в результате колебания уровня воды Иркутского водохранилища. Наибольшая площадь – от 10 до 20 м<sup>2</sup> находится на побережье залива Еловый и пляжа на ул. Якоби. Выявлено также повышенные содержания отдельных микроэлементов (Mn, Pb, Ni, Zn, Co), превышающие ПДК и ОДК в почвах побережья.

На большей части территории западного побережья оз. Байкал выявлен средний экологический ущерб (II – средняя стадия трансформации, 7–10 бал.) в устьях рек Крестовки и Сармы, в заливах Курма и Мухор, на побережьях оз. Зама и Сухайтор-Нур. Большой экологический ущерб (III – высокая стадия трансформации, 11–16 бал.) почвам и почвенному покрову отмечается в устье рр. Голоустной и Анги, на побережьях зал. Шида и оз. Улан-Хан, где установлено опесчанивание почв до 25–30% (рис. 1.5.1).

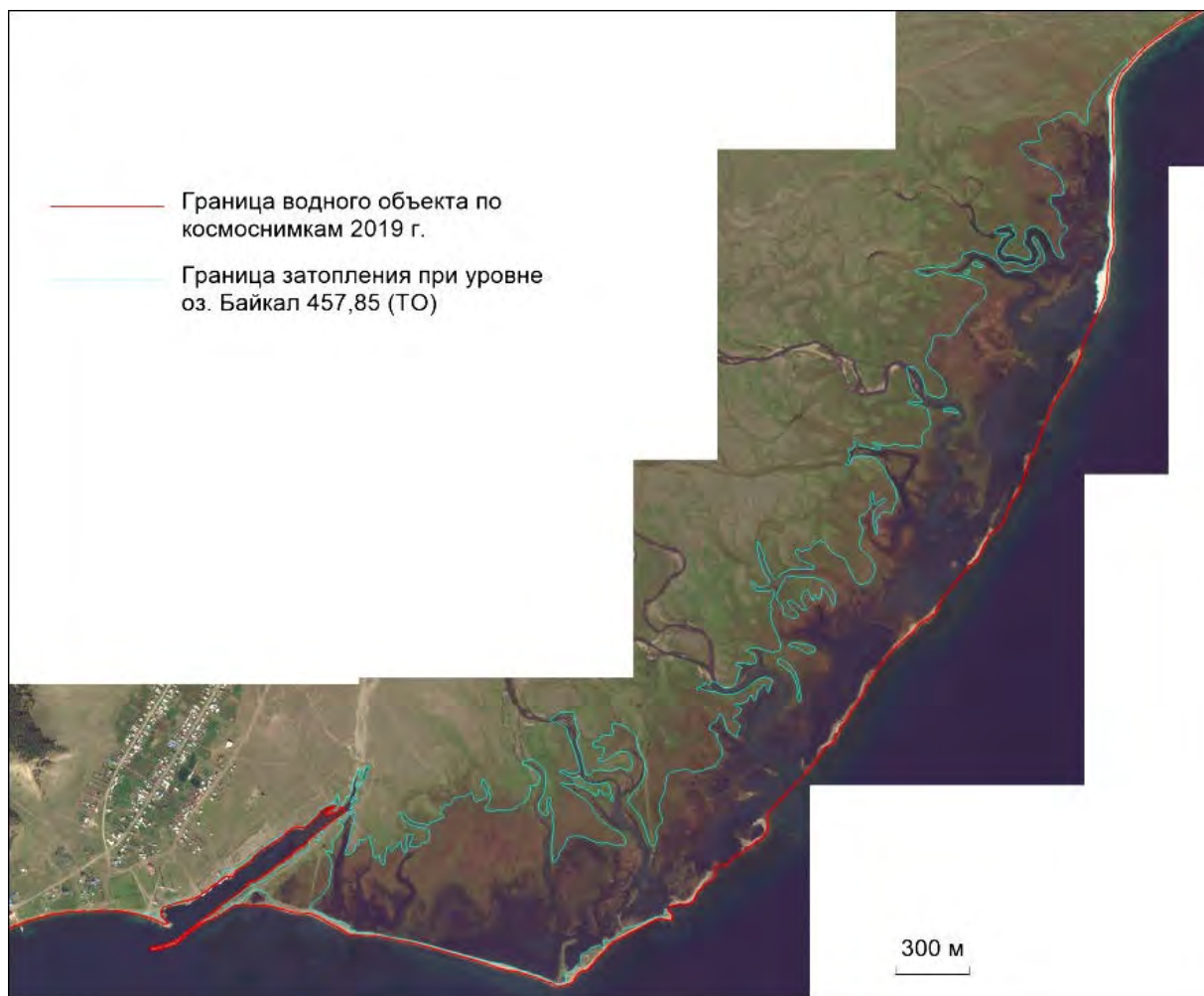


Рисунок 1.5.1 – Схема затопления в устье р. Голоустной при уровне оз. Байкал 457,85 м ТО

На юго-западном побережье оз. Байкал в устьях рек Снежной, Утулик, Похабихи, Култук установлен большой экологический ущерб (III – высокая стадия трансформации, 13–17 баллов). Опесчанивание почв наблюдается в устье рек Утулик, Похабихи, Харлакты, Култук (более чем на 30%) (рис. 1.5.2). Выявлено загрязнение аллювиальных почв нефтепродуктами у уреза воды в устье р. Снежной ( $K_k=6,7$ ) и Хара-Мурин ( $K_k=7,6$ ). Обнаружено повышенное содержание свинца (Pb) и цинка (Zn), превышающие ПДК и ОДК в аллювиальных почвах тех же районов. Загрязнение имеет локальный характер. Высокие содержания токсичных элементов и веществ установлены в верхних горизонтах до 20 см.



Рисунок 1.5.2 – Схема затопления в устье р. Утулик при уровне оз. Байкал 457,85 м ТО

**Ландшафты.** Оценка устойчивости ландшафтов к воздействию гидрологического фактора и их вероятного отклика на колебания уровня воды в озере Байкал проводилась по характеристикам компонентов ландшафта и их состоянию. Под устойчивостью ландшафта понимается способность геосистем сохранять свою структуру и характер функционирования при изменяющихся условиях среды. При этом важна как общая устойчивость (экологический потенциал), так и устойчивость к конкретному виду воздействия.

Устойчивость фоновых ландшафтов топологического уровня (групп фаций) принята по ранее выполненным работам [6], в соответствии с которыми ландшафты (27 групп фаций), представленные на исследуемом побережье, отнесены к четырем группам: неустойчивые, умеренно устойчивые, устойчивые, наиболее устойчивые (Приложение А5, таблица 1).

Анализ показывает, что среди фоновых ландшафтов около половины являются устойчивыми. Умеренно устойчивые (со средним экологическим потенциалом) представлены только степными ландшафтами, распространенными ограниченно на западном побережье (в Приольхонье). Единственный неустойчивый (с низким экологическим потенциалом) ландшафт представленный лугово-болотными осоково-злаковыми долин и межгорных понижений группами фаций достаточно широко распространен по побережью, но занимает небольшие площади.

С учетом геолого-геоморфологических различий и физико-географического районирования, согласно которому исследуемое побережье относится к двум провинциям – Прибайкальской (с Приморско-Онотским и Косостепско-Приольхонским округами) и

Хамар-Дабанской [7], проведена типизация ландшафтных ситуаций с точки зрения возможного воздействия колебания уровня оз. Байкал и выделены наиболее уязвимые участки побережья (таблица 1.5.2). К последним отнесены только пологие участки побережья, которые в большей степени подвержены влиянию изменений уровня воды.

Таблица 1.5.2 – Основные ландшафтные ситуации побережья оз. Байкал в границах Иркутской области

Ландшафтные ситуации	Южное побережье	Западное побережье
Устьевые зоны рек	-	Рр. Голоустная, Сарма, Зундук
Приустьевые части долин крупных и средних рек	Рр. Снежная, Хара-Мурин, Солзан, Утулик, Бабха	Рр. Бугульдейка, Анга, Кучелга, Хорга, Кочерикова
Побережья заливов заболоченные, в т.ч. с соровыми озерами	Район г. Слюдянка	Зал. Зун-Хагун, Шида, Курма, Сурхайтор-Нур, Улан-Хан, Зама и др.
Побережья заливов с лесной растительностью	Район устья р. Хара-Мурин и р. Бабха	-
Побережья заливов со степной растительностью	-	Бухты пролива Малое Море и Ольхонские Ворота, бух. Ая и др.

В соответствии с ландшафтной ситуацией по результатам экспедиционных работ 2022 г. определены основные нарушения состояния ландшафтов, возникшие как в результате воздействия гидрологического фактора (эффект 2021 г.), так и антропогенной деятельности (Приложение А5, таблица 2). В случае отсутствия нарушений состояние характеризовалось как «удовлетворительное». Формулировка «Следы затопления» подразумевает наличие большого количества принесенных водой растительных остатков и снижение проективного покрытия до 40-50%.

При рассматриваемых величинах колебаний уровня воды в оз. Байкал (455,54–457,85 м ТО) подвергнутыми трансформации могут быть преимущественно луговые заболоченные (осоковые, хвощево- и злаково-осоковые), и луговые (осоковые, злаково- и разнотравно-осоковые) фации, реже (в Приольхонье) луговые остепненные и степные, или (южное побережье оз. Байкал) таежные и болотные. Экспертная оценка для ключевых площадок выполнена по следующим характеристикам: фациальная структура (фациальное разнообразие в пределах возможной зоны затопления, степень контрастности фаций одного ряда, степень гидроморфности фаций, площадь, занимаемая фациями); устойчивость фоновых ландшафтов; наличие активных геоморфологических процессов и вероятность их активизации при изменении уровня воды; устойчивость доминирующих видов растений; нарушенность растительного покрова; степень гидрогенной

трансформации почв. Оценка дана по трехбалльной шкале: высокая, средняя, низкая (Приложение А5, таблица 2).

По этим критериям к низкоустойчивым отнесены ландшафты в устьевых зонах рек Хара-Мурин, Бабхи, Улан-Хан. В эту же категорию попадают прибрежные ландшафты в устьевых зонах рр. Солзан, Харлахты, Утулика, Бугульдейки; побережий в районе д. Мангутай, СНТ Локомотив, г. Слюдянки – южного побережья и бух. Саган-Нугэ, бух. Мандархан, северо-запад Хужир-Нугайского залива, зал. Покойники, бух. Заворотная – западного побережья по причине распространения в зоне возможного затопления ландшафтов с древесной растительностью (таежных и подтаежных).

Средняя устойчивость ландшафтов определена для побережья пролива Малое Море в связи с возможными активизациями береговых абразионных процессов.

### **Выводы**

Наибольший ущерб почвенному покрову (полное уничтожение) происходит при интенсификации абразионных береговых процессов при повышении уровня воды, что наблюдается на западном побережье оз. Байкал и наиболее сильно на правом побережье Иркутского водохранилища. Также определенный негативный эффект состоит в загрязнении почв побережья нефтепродуктами, в результате их поступления с водой водохранилища при повышении уровня.

Длительное повышение уровня воды оз. Байкал (до 457,85 м ТО) может оказывать отрицательное воздействие на мало устойчивые ландшафты с древесной растительностью (таежные и подтаежные). Данные сообщества подвержены коренному изменению структуры с полным или частичным (в зависимости от длительности затопления) выпадением древесного яруса и нарушением структуры травяного яруса с перспективой длительного периода восстановления или необратимой смены ландшафта. Для степных ландшафтов частое и длительное затопление может привести в долгосрочной перспективе к процессам олуговения.

При воздействии повышения уровня воды возможно смещение границ болотных и лугово-болотных фаций вглубь побережья с увеличением их площади соответственно увеличению зоны затопления и подтопления; сокращение площади степных фаций; трансформация таежных и подтаежных фаций.

Условия понижения уровня воды в оз. Байкал (455,54 м ТО) для таежных и подтаежных ландшафтов южного и западного побережий (южнее устья р. Анги) не окажут существенного значения, в силу достаточного атмосферного увлажнения их местоположения. Длительное осушение достаточно критично для болотных и луговых заболоченных ландшафтов, однако при возврате к прежним показателям увлажнения



вероятно их быстрое восстановление. Степные ландшафты Приольхонья, сформированные в засушливых условиях на маломощных каменистых почвах, также устойчивы к понижению уровня воды.

### **1.5.2 Определение изменений основных ландшафтных компонентов ключевых участков береговой зоны и устьевых областей притоков, подверженных влиянию колебаний уровня оз. Байкал**

**Введение.** Изменения, которые происходят в устьевых областях притоков Байкала, носят инерционный характер. Их площадь меняется не из-за того, что происходит затопление поверхности при подъеме уровня Байкала, а за счет того, что песок уносится с островов в акваторию озера и заливов. Сопоставить их площадь с уровнем озера, зафиксированным в тот или иной отрезок времени в течение года или нескольких лет не представляется возможным. С одной стороны мы ограничены количеством спутниковых снимков, а с другой стороны их разрушение обусловлено не только уровнем озера, а и расходом рек, фациальным составом песков, степенью закрепления песков растительностью. Некоторые бары такие как, образовавшиеся в озерной части дельты Селенги и на внешней стороне залива Провал, песчаные. Другие, такие как сформировавшиеся в устьях рек Большая Речка, Култушная, Абрамиха, Толбажиха покрыты почвой и травянистой растительностью. Третьи, такие как, песчаные бары в дельте рек Кичера, Верхняя Ангара за длительный период своего существования превратились в цепочку островов, покрытых почвой, травянистой и древесной растительностью. Соответственно и разрушение этих песчаных образований будет протекать по-разному. Размывание первых будет интенсивно происходить при подъеме уровня озера, когда волны станут перекатываться через них и уносить песчаный материал. Для разрушения вторых и третьих вначале необходимо уничтожить произрастающую растительность. Только после этого острова будут смыты. Уничтожение растительности и эрозия и островов могут быть связаны с протеканием нескольких процессов, которые связаны с изменением уровня Байкала косвенно.

Рассматриваемые песчаные образования выполняют большую экологическую роль. Они отделяют и защищают от воздействия волн часть акватории озера, в которой формируются благоприятные условия для воспроизводства рыбных ресурсов. Поэтому изучение их преобразования в сложившихся условиях в связи с подъемом уровня озера имеет большое практическое значение.

С подъемом уровня Байкала изменились темпы осадконакопления в устьях рек. Особенно значимые изменения произошли в дельте реки Селенга. За прошедший, после

строительства плотины Иркутской ГЭС, период произошло значительное сокращение площади дельты [8]. Уменьшение площади дельты может быть связано с затоплением ее поверхности в многоводные годы; уплотнение дельтовых отложений, воздействием сейсмических событий. Этот вопрос остается открытым. До сих пор нет логического объяснения происходящих изменений. Связано это с подъемом уровня Байкала, или на это оказывают воздействие другие процессы до сих пор остается невыясненным.

Полученные при выполнении проекта результаты носят предварительный характер, они в последующие годы будут дополняться новым фактическим материалом, что позволит сделать прогноз происходящих изменений и сформулировать предложения для их защиты в изменяющихся условиях.

**Методика исследований.** Исследования включали в себя камеральные и полевые работы. В камеральный период на основе топографических карт и спутниковых снимков были проанализированы площади и геоморфологические особенности песчаных образований. Для выяснения тенденции происходящих изменений использовались карты, созданные на основе топографических съемок до и после подъема уровня Байкала плотиной Иркутской ГЭС [9, 10]. Для оценки произошедших изменений в форме песчаных кос и островов подобранные карты сканировались и накладывались друг на друга в графическом редакторе Corel Draw X4. С целью точного сопоставления изображений они приводились к единому масштабу и привязывались по нескольким неизменным объектам, расположенным на побережье. Для сравнения площади песчаных кос и островов на карты накладывалась километровая сетка. Спутниковые снимки были взяты из информационных систем сервисов Google Earth Pro и Sentinel Hub EO Browser. На них выделялась интересующая площадь, и с помощью графического редактора рассчитывалось отношение площади выделенной сложной фигуры к квадрату  $1 \times 1$  км.

В полевой период проводилось маршрутное обследование местности, измерение размеров геологических образований, определение физико-химических показателей вод, отбирались образцы пород и вод для лабораторных исследований.

**Песчаные образования в районе дельты Селенги.** Песчаный бар Карга сформировался за счет песчаного материала, принесенного реками Култушная, Абрамиха, Толбазиха, Большая Речка. Считается, что это произошло 500–600 л. н. после опускания части суши [11]. Накопленный в устьях рек рыхлый материал стал перемещаться волнами к берегу. На границе опустившегося блока пород вначале образовалась цепочка островов, впоследствии объединившихся в два полуострова, которые протягивались в северо-восточном направлении на расстояние 13,5 км. Фациальный состав осадочных отложений, слагающих косы, меняется от песчаного до гравийно-галечно-валунного. Вблизи

предполагаемых устьев рек в отложениях баров преобладает галечно-валунный материал. Особенно крупные фракции осадочных отложений, размер частиц которых достигает 100–200 мм, располагаются в северной части п-ова Карга, отделяющего залив Малый Сор от Байкала. Это место, вероятно, находится в пределах древнего русла р. Большая Речка.

Ширина пролива между полуостровами до подъема уровня озера 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. После подъема уровня озера полуостров подвергся интенсивному размыву. Изменилась протяженность южной и северной частей бара. В средней части бара сформировался пролив шириной 1,1 км. Его образование произошло не на месте существовавшего ранее пролива, а севернее, за счет размыва песков бара. Таким образом, северная часть полуострова стала короче, его длина – 5 км. Южная часть бара удлинилась: на период проведения геодезической съемки в 2011 г. ее длина составила 7,4 км. Наибольшая ширина полуостровов не превышает 160 м. Общая площадь этого песчаного бара сократилась на 0,408 км<sup>2</sup>, площадь южного полуострова – на 0,078 км<sup>2</sup>, северного – на 0,33 км<sup>2</sup>. Поверхность бара стала ровной, без бугров и впадин. Под воздействием волн западного направления песчаные отложения, слагающие бар, сместились в сторону Посольского сора, особенно это хорошо видно в его южной части. Повышение уровня озера активизировало размыв берегов повсеместно, в результате чего усилился вдольбереговой поток наносов. Процесс переформирования песчаных отложений не прекратился, полуостров продолжает интенсивно размываться, особенно в период осенних штормов.

Вследствие подъема уровня озера и активизации абразионных процессов произошла коренная перестройка конфигурации побережья в районе залива Сор Черкалова. С карт исчез п-ов Карга Лемасова, площадь которого составляла 0,646 км<sup>2</sup>. В результате волновой деятельности пески, слагающие этот полуостров, передвинуты к берегу. Соответственно, исчез и залив, который отделял этот полуостров от берега.

Южный остров Карга Бабья уменьшился в размерах: его площадь до подъема уровня Байкала достигала 0,412 км<sup>2</sup>, а в 2011 г. составляла всего 0,254 км<sup>2</sup>. Существенно сократилась площадь о. Чайчий – от 0,978 км<sup>2</sup> до 0,275 км<sup>2</sup>.

Значительные изменения произошли в дельте р. Селенги [12, 13]. Конфигурация и морфометрические параметры русел и островов быстро варьируют в пространстве и времени. Происходит изменение фарватера реки, размыв островов и образование осередков [14]. Считается, что динамичность субэральная поверхности дельты, обусловленная современными эрозионно-аккумулятивными процессами, в наибольшей

степени проявляются в периоды повышенной водности. В 1986 г. площадь дельты составляла 602 км<sup>2</sup>, 1998 г. – 535 км<sup>2</sup>, 2007 г. – 558 км<sup>2</sup>, 2011 г. – 543 км<sup>2</sup> [8]. Необходимо отметить, что 1986 г. характеризуется как многоводный. Этот многоводный период начался в 1984 г. и продолжался четыре года. Затем был один год маловодный и вновь наступил многоводный период, продолжавшийся до 1995 г. В это время произошло сокращение поверхности дельты на 67 км<sup>2</sup>. Потом начался длительный период маловодных лет, который продолжался до 2020 г. Зафиксированные изменения в площади дельты достигают более десяти процентов. В первый период с 1986 по 1998 гг дельта сократилась на 11%; затем с 1998 по 2007 возросла на 4,3%, и наконец, вновь уменьшилась с 2007 по 2011 гг на 2,7%. В дополнение к имеющимся литературным данным нами произведено измерение площади дельты по топографической карте 1982 г. [15] и спутниковому снимку 2020 г. Был взят топографический материал характеризующий ситуацию в дельте в диаметрально противоположных ситуациях. Топографическая съемка 1982 г. отражает ситуацию экстремального маловодья 1976–1982 гг. На спутниковом снимке 2020 г. видно, что произошло в дельте с подъемом уровня до отметок превышающих 457 м. Сравнение этих съемок позволяет выделить с наибольшей контрастностью места, где уменьшается площадь дельты и сопоставить их с гидрологическим режимом проток. Для расчета площади использовались исторически сложившиеся границы от главного узла бифуркации в с. Малое Колесово до с. Дубинино на северо-востоке и с. Истомино на юго-западе. Внешняя граница проведена по выделяющимся участкам суши.

Для выяснения роли процессов, под воздействием которых произошло уменьшение площади, отдельно подсчитаны площади, ограниченные во внешней части дельты устьями проток Лобановская – Средний Перемой, Средний Перемой – Галутай, Галутай – Шумиха (таблица 1.5.3). Обоснование и деление площади дельты на эти участки впервые произведено в работе [16], в которой они названы Лобановским, Среднеустьевским и Селенгинским секторами соответственно. Эти участки дельты характеризуются значительными различиями в условиях формирования твердого стока. Из данных, представленных в таблице 1.5.3, видно, что площади секторов за 19 лет претерпели изменения в разной степени.

Таблица 1.5.3 – Площадь дельты р. Селенги (по данным измерения 1982 и 2020 гг.)

Название объекта	Площадь, км <sup>2</sup> (%)		Изменение площади, км <sup>2</sup> (%)
	Топографическая карта 1982 г. [22]	Космоснимок 2020 г.	
Лобановский сектор (протока Лобановская – Средний Перемой)	118,9 (21)	104,6 (20,2)	14,3 (28,7)
Среднеустьевский сектор (протока Средний Перемой – Галутай)	262,3 (46,2)	236,6 (45,7)	25,7 (51,3)
Селенгинский сектор (протока Галутай – Шумиха)	186,2 (32,8)	176,1 (34,1)	10,1 (20)
Общая площадь	567,4 (100)	517,3 (100)	50,1 (100)

Наибольшее уменьшение площади произошло в средней части дельты, заключенной между протоками Средний Перемой – Галутай. Здесь изменения составляют более 50% от всех произошедших в дельте за этот период. Второе место по значимости изменений занимает северный сектор, расположенный между протоками Лобановская – Средний Перемой. Меньше всего подвергся изменениям участок дельты между протоками Галутай – Шумиха.

**Обсуждение полученных результатов.** Бары, отчленяющие заливы Посольский сор, Сор Черкалова от Байкала, и отложения дельты р. Селенги находятся в различных гидродинамических условиях. Песчаные бары подвергаются сильному воздействию волн, которые обрушиваются на эти песчаные образования. В многоводные годы, когда уровень воды поднимается, в период штормов происходит их интенсивное разрушение. Вследствие перекачивания волн через тело баров, песок перемещается в сторону берега. В этих местах с береговой стороны образуются выпуклости, с морской стороны волны выравнивают очертания песчаных образований. Часть песчаного материала уносится вдольбереговыми течениями в заливы и отлагается в местах, где снижается скорость движения воды. За период, прошедший после подъема уровня Байкала, произошло смещение баров внутрь залива. Оно началось в 1961–1962 гг., когда был многоводный период и бары были затоплены. Над их гребнями установилась глубина, соизмеримая с высотой волн, в результате чего во время штормов возник прибойный поток наибольшей силы. Он «слизывал» гребни баров и перемещал песчаный материал на лагунный берег залива, где подхватывался течениями и отлагался в виде потоков рассеяния. Постепенно за счет выноса мелкой фракции песка в теле баров сформировались ослабленные зоны, по которым стала фильтроваться вода из залива. Напор создан за счет гидростатического давления вызванного более высоким уровнем воды в соре. Эти процессы усиливаются в

многоводные годы, когда увеличивается водообмен в системе река – озеро и вода из залива не может быстро удалиться по существующим проливам.

Сформировавшийся поток подземных вод вымывает из песков мелкую фракцию, в результате чего поровое пространство расширяется, скорость движения воды через косу возрастает и увеличивается ее размывающая способность. По такому механизму происходит образование проливов в песчаной косе. В 2021 г., когда уровень воды достигал 457,23 м, произошло образование нового пролива в северной части п-ова Карга (рис. 1.5.3).

Ширина образовавшегося пролива достигает 98 м, ширина косы в месте размыва – всего 16 м. Второе место возможного размыва косы располагается в 176 м к северу от пролива. Здесь уже образовалась лощина глубиной 0,3 м, по которой в шторм перекачиваются волны из Байкала в залив. Ширина косы в этом месте – 36 м, пески не закреплены растительностью.

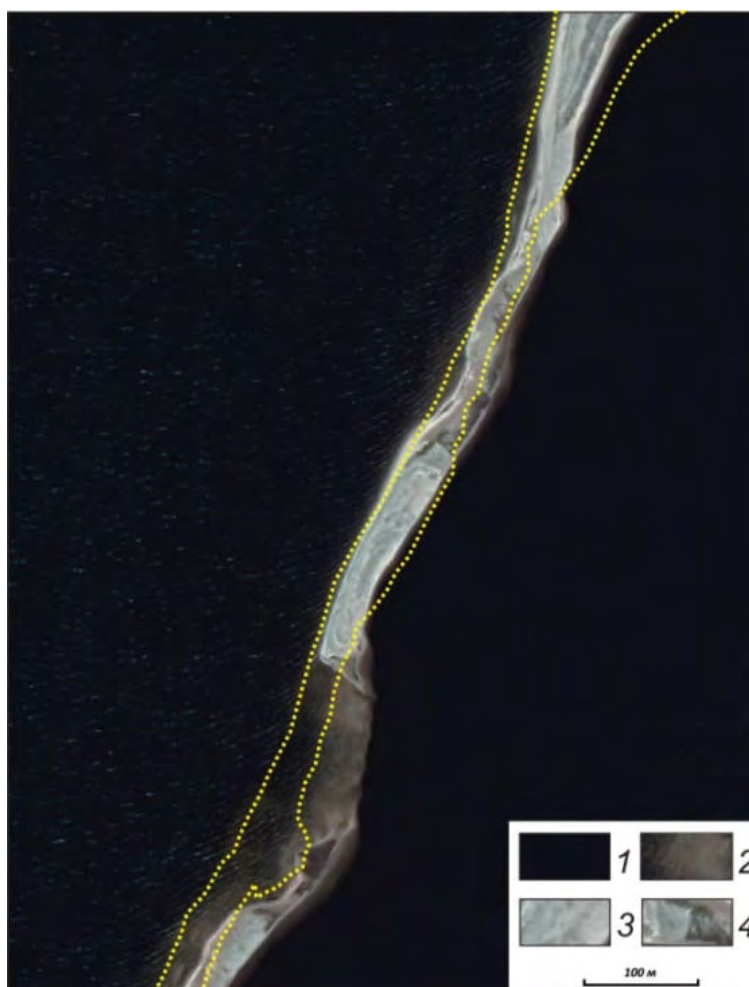


Рисунок 1.5.3 – Спутниковый снимок северной части п-ова Карга с образовавшимся проливом (снимок 2022 г.). 1 – водная поверхность Байкала и залива Посольский сор; 2 – образовавшийся пролив; 3 – песчаные отложения; 4 – лощина в теле бара. Пунктиром обозначен контур берега в 2016 г.

Деформации, произошедшие в дельте Селенги, связаны с изменившимися условиями осадконакопления. Селенга ежегодно приносит в дельту в среднем около 2 млн т твердых наносов [17]. В многоводные годы расход взвешенных наносов около 4,1 млн т/год, в маловодные он снижается до 378 тыс. т/год. Среднегодовой сток наносов находится в прямой зависимости от расходов воды [18]. Дельтовые отложения представлены в центральной части гравийно-песчаным материалом, а в устьевых частях мелкозернистыми песками и илами. Песчаные отложения дельты р. Селенги не подвергаются столь интенсивному воздействию волн, как в пределах Посольского сора, поскольку защищены песчаными барами, расположенными в 4–5 км от берега. К тому же пески здесь закреплены растительностью и не размываются. Поэтому фактор эрозионного разрушения островов, расположенных в дельте р. Селенги, ослаблен и не играет заметной роли в установленном уменьшении ее площади. Вероятно, на сокращение площади дельты, прежде всего, влияет уплотнение осадочных отложений. Известно, что периферийная часть сложена в основном илами и глинами, которые способны со временем уплотняться. При катагенезе происходит выжимание заключенных в них поровых вод и уплотнение осадков. Глинистые илы с прослоями алевритов и песков на глубине 0–10 см имеют пористость 35–65% и плотность 1,2–1,5 г/см<sup>3</sup>, а на глубине 10–80 см их пористость уже 30–48%, а плотность возрастает до 1,4–1,6 г/см<sup>3</sup> [19]. Соответственно, уменьшается их объем, и сложенные этими породами острова, расположенные в периферийной части, могут погружаться ниже уровня воды.

Поверхность дельты постоянно меняется, в одних местах размываются острова, в других заиливаются и исчезают протоки. Причинами нарушения устойчивости являются как изменения гидрологических параметров в вершине дельты, так и перераспределение стока по рукавам, протокам. Для отдельных протоков дельты, как и для р. Селенги в целом, характерно распределение стока наносов в соответствии с расходами воды. Сейчас максимальный сток воды происходит по Лобановскому и Селенгинскому секторам и составляет 45 и 35% соответственно, и только 20% стока происходит по русловой сети Среднеустьевского сектора [16]. Площадь этого сектора составляет 45–46% от общей площади дельты. Скорость течения воды в протоках этого сектора значительно меньше, чем в двух соседних секторах. Соответственно, и подъемная сила потока меньше. Поэтому в озерной части дельты этого сектора накапливаются наиболее тонкие фракции ила и глин, которые подвержены максимальному уплотнению. Здесь и фиксируется наибольшее уменьшение площади островов за рассматриваемый период (рис. 1.5.4).

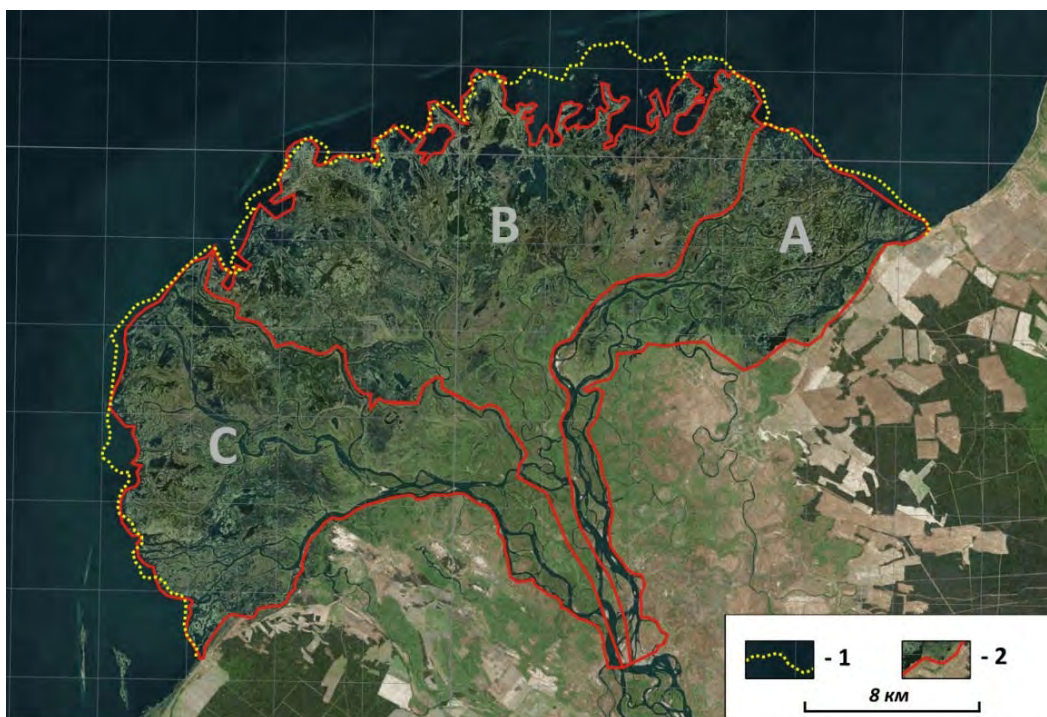


Рисунок 1.5.4 – Схема строения дельты р. Селенги, составленная на основе космоснимка 2020 г. Секторы: А – Лобановский, В – Среднеустьевский, С – Селенгинский [14]. 1 – контур дельты на основе топографической карты 1982 г. [15]; 2 – границы секторов

Это связано с тем, что подъем уровня Байкала плотиной привел к падению скорости движения воды в вершине дельты Селенги (выше с. Малое Колесово). И основная масса взвешенных и влекомых наносов стала осаждаться из водного потока в верхней и средней частях дельты. Здесь и обнаруживается наибольшая мощность аллювиальных отложений. Исчезли мелкие протоки. Острова в районе с. Малое Колесово, которые считались вершиной дельты, соединились с правым берегом. Выше вершины дельты, в районе с. Жилино, в 2021 г. образовался осередок. Основной рукав реки сместился влево, активизировалась береговая эрозия.

Процесс накопления аллювиальных осадков в верхней и средней частях дельты будет продолжаться и дальше, так как в связи с подъемом уровня озера уменьшился уклон водной поверхности. Если уровень Байкала поднимется до более высоких отметок, то эрозионные процессы сместятся еще выше по течению Селенги. В озерном крае дельты будут аккумулироваться преимущественно тонкие фракции твердого стока, которые будут постепенно уплотняться, площадь дельты продолжит уменьшаться.

**Архипелаг островов Ярки.** Река Верхняя Ангара имеет дельту выполнения, формирующуюся в лагуне и изолированную от озера Байкал береговым баром Ярки. Согласно материалам лоцманской карты 1958 г. общая протяженность песчаных кос и бара (остров Ярки) составляла около 27 км. Ширина бара в районе устья реки Кичера



достигала 600 м. В соответствие с картографическим материалом, датированным 1966 г., 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 на 1,5–2,0 м [20]. По данным инженерно-геодезических изысканий, выполненных в 2006 г. НИЦ «Морские берега» ширина бара вблизи устья р. Кичера резко сократилась, она составляла всего 40–42 м [21].

Поверхность островов меняется под воздействием волновых, эоловых, криогенных процессов. Под действием напора льда из лагуны выдавливаются торфяные поля и на пляже образуются валы [22].

Проведенные нами исследования островов в августе 2022 г, когда уровень воды в Байкале достигал 456,81 м ТО, показали, что остров в юго-восточной части в значительной степени затоплен (рис. 1.5.5).



Рисунок 1.5.5 – Спутниковый снимок острова Ярки с точками наблюдения за его состоянием. Примечание: между точками NA-17 и NA-22 суши не обнаружено

Пролив между материком и островом Ярки составляет 160 м. Точка наблюдения NA-13 расположена в устье реки Кичера возле материкового берега. Глубина пролива здесь достигает 15 м. Тчк. NA-14 располагается в устье р. Кичера возле острова. Глубина 4 м. Тчк. NA-23. Остров Ярки в этом месте подвержен интенсивной абразии. Уничтожена растительность, деградирует почвенный горизонт. Волны во время штормов перекачиваются через остров. В этом месте возможно образование нового пролива.

Тчк. NA-15. В этом месте со стороны Сора образовался мелкий залив, глубиной 1,5 м. На острове в этом месте располагается холм сложенный песками эолового происхождения. Холм покрыт почвой с травянистой и древесной растительностью: береза, черемуха, кедровый стланик. В этой точке наблюдения измерены физико-химические параметры воды в заливе и в озере Байкал. Температура воды в заливе 18,7°C, TDS = 47,4 мг/л; в озере Байкал  $t = 17,2^\circ\text{C}$ , TDS = 51,4 мг/л.

Тчк. NA-16. В этом месте произошло разрушение параллельного островка, со стороны залива в нем образовался промой шириной 50 м. В этом месте через остров Ярки во время штормов перекачиваются волны. Волнами смыта почва и уничтожена растительность. Ширина острова в этом месте составляет 48 м.

В тчк. NA-17 ширина острова всего 22 м, в центральной части острова пески закреплены травянистой растительностью, ширина полосы с почвой составляет 11 м. Размыв косы происходит со стороны залива. В этом месте течение направлено вдоль косы, сформированы отмели в заливе

Тчк. NA-18. Находиться на краю образовавшегося пролива, расстояние до следующего острова составляет 2,5 км.



Рисунок 1.5.6 – Фотография юго-восточной части острова Ярки

В этой части острова полностью уничтожены почва и растительность (рис. 1.5.6). В этом месте измерены физико-химические параметры воды в заливе и в озере Байкал, наблюдаются близкие значения температуры и общей минерализации воды в заливе и Байкале. В сформированном проливе, в точках наблюдения NA-19, NA-20, NA-21 измерена глубина и скорости течения потоков воды из залива в Байкал. Глубина составляет 2,25–3,0 м, скорость течения ( $V_{1,5}$ ) 0,098–0,179 м/с.

Тчк. NA-22. Остров сильно размыт, сохранилась только юго-восточная часть острова, где расположены 4 дома.

На основании спутниковых снимков дистанционного зондирования Земли Sentinel Hub EO Browser Европейского космического агентства установлено, что площадь острова Ярки за 4 года сократилась на 0,51 км<sup>2</sup>. В августе 2018 г. площадь острова составляла 1,59 км<sup>2</sup>, а в августе 2022 г. была всего 1,08 км<sup>2</sup>. Значительно уменьшилась площадь острова Чаячий, в 2018 г. его площадь была 0,15 км<sup>2</sup>, а в 2022 г. составляла всего 0,05 км<sup>2</sup>. Общая площадь островов отделяющих Ангарский сор от Байкала (включая остров Миллионный) в 2018 г. составляла 2,63 км<sup>2</sup>, а в 2022 г. составляла всего 1,63 км<sup>2</sup>. Площади островов рассчитаны при разных уровнях воды в Байкале (20.08.2018 г. – 456,59 м; 20.08.2022 г. – 456,82 м). Разница составляет 23 см, поэтому площади, измеренные в 2022 г., могут быть подкорректированы в сторону увеличения за счет песчаных наносов образовавшихся в заливе. Но это не меняет общей картины происходящих изменений в архипелаге островов Ярки, так как они возвышаются над средним уровнем Байкала на 1,5–2,0 м [20], в них пески закреплены растительностью и изменение их площади связаны не с изменением уровня воды, а абразионно-эрозионным разрушением и образованием проливов.

Как показали исследования спутниковых снимков, в дельте реки Верхняя Ангара происходит изменения в конфигурации островов. Значительные блоки островов, состоящие из торфа и водной растительности, перемещаются в пределах дельты и выносятся течениями в озеро Байкал.

Происходят изменения и в устьевой части реки Баргузин. На спутниковом снимке 2022 г. зафиксированы новые песчаные образования возле левого берега и в середине реки перед автомобильным мостом. Одновременно с образованием осередка происходит эрозия берегов, которая может затронуть опоры моста.

### **Выводы**

На трансформацию поверхности и уменьшение площади песчаных кос определяющее влияние оказывают два процесса. Первый связан с воздействием волн, второй - с потоком подземных вод из залива в озеро. Волны, с одной стороны, приносят со дна прибрежной части Байкала песчано-гравийный материал, который отлагается в пределах баров и кос. С другой стороны, в пониженных местах волны перекачиваются через бар и уносят в залив наиболее тонкую фракцию песков. Оставшиеся пески в этих местах представлены относительно крупной фракцией, они становятся более проницаемы для воды. По ним происходит фильтрация воды из залива в Байкал. Потоком воды вымываются крупные частицы песка, в результате происходит обрушение поверхности

баров. На поверхности формируются лощины. В них проникает вода из залива, потоки которой приводят к окончательному разрушению песчаных отложений и формируется пролив.

Через бар всегда происходит движение грунтовых вод в сторону Байкала. В многоводные годы гидростатическое давление повышается, растет скорость движения грунтовых вод и увеличивается их размывающая способность. Наибольшей опасности размыва бара Карга подвержена его северная часть, так как р. Большая Речка – самая многоводная из всех рек, впадающих в залив. В этом месте создается максимальное избыточное гидростатическое давление. Для сохранения уникальных песчаных образований, отделяющих Посольский Сор от Байкала, необходимо создать искусственный канал в северной части косы.

В последние годы образовался широкий пролив между островами Ярки и Чаячий, через который происходит сток реки Верхняя Ангара в Байкал. Этот пролив будет оказывать влияние на условия существования биоты в Ангарском соре, так как через него происходит водообмен между Байкалом и сором. Необходимы дополнительные исследования процессов протекающих в дельте Верхней Ангары и заливе. Для стабилизации абразионно-эрозионного воздействия реки на песчаный бар необходимо сформировать в ее устье глубокое русло, по которому будет происходить сброс основной массы воды в озеро.

На протяжении длительного времени происходит уменьшение площади дельты реки Селенга. Это связано с тем, что в озерной части дельта сложена мелкозернистыми песками и илами, которые подвержены катагенезу. В результате уплотнения эти образования погружаются под поверхность воды. После техногенного подъема уровня озера произошла коренная перестройка формирования отложений аллювия в дельте. Осаждение основной массы приносимого песчаного материала стало происходить в верхней и средней частях дельты Селенги. При подъеме уровня оз. Байкал в многоводные годы активизируются эрозионные процессы в верхней части дельты р. Селенги, что может привести к выводу из сельскохозяйственного оборота высокопродуктивных земель на правом берегу реки и разрушению инженерных сооружений в населенных пунктах на левом.

### **1.5.3 Оценка воздействия колебаний уровня воды в оз. Байкал на уникальные объекты (редкие и исчезающие виды растений и растительные сообщества, памятники природы, уникальные ландшафтные образования) ключевых участков прибрежных территорий в пределах границ Республики Бурятия**

**Уникальные природные объекты.** Ландшафты побережья оз. Байкал разнообразны, живописны и уникальны. Здесь расположено множество объектов, иллюстрирующих особенности геологических процессов прошлого и настоящего, представляющих сочетание природных комплексов, имеющих туристическую привлекательность и сакральное значение.

В качестве особо охраняемых природных территории (ООПТ) на побережье оз. Байкал выделены рекреационные местности. Постановлением Правительства РБ от 9 июня 2012 г. №342, с 1 января 2013 г. образована особо охраняемая природная территория регионального значения, рекреационная местность – «Побережье Байкала». Рекреационная местность имеет площадь 879,4 га, состоит из 2 участков:

– побережье озера Байкал от пос. Новый Энхэлук до устья реки Загза (1 участок) шириной до региональной трассы общей протяженностью 64,5 км.

– побережье озера Байкал от южной границы населенного пункта Катково до населенного пункта Безымянка шириной до региональной трассы. Основными задачами ООПТ являются создание условий для отдыха и рекреации, организация контролируемого туристического экскурсионного обслуживания, а также обеспечение биологического и экологического мониторинга и охраны природных ресурсов.

Точечных объектов, памятников природы, согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии РБ №1-ПР от 10 января 2022 г. «Об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий регионального и местного значений Республики Бурятия по состоянию на 01.01.2022 г.», непосредственно на побережье оз. Байкал нет. В охранной зоне в пределах одной из указанных выше ООПТ расположен лишь термальный источник «Загза».

Множество объектов на побережье оз. Байкал не имеют юридического статуса ООПТ, но отличаются своеобразием и уникальностью. Так, в базах данных ГИС-атласа «Недра России» Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского содержатся сведения об уникальных геологических объектах на побережье оз. Байкал, описания интересных природных образований имеются в тематической литературе по памятникам природы Байкальского региона [23, 24].

На рис. 1.5.7 представлена карта-схема расположения уникальных природных объектов побережья оз. Байкал, обследованных в ходе проведения экспедиционных работ в 2022 г. Кроме точечных объектов на карте обозначены уникальные в ландшафтном отношении местности.

В ходе исследования, негативного воздействия на памятники природы, утвержденные в качестве таковых Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Республики Бурятия № 1-ПР от 10.01.2022 г. не установлено. Памятник природы «Боярский разрез» удален от побережья и не испытывает на себе воздействие колебаний уровня воды в оз. Байкал. В качестве памятников природы утверждены также озера Блудное, Большое Кичерское и Кулинда, расположенные в нижнем течении р. Кичера севернее Ангарского сора. Озера имеют прямую гидрологическую связь с оз. Байкал через р. Кичера, но расположены на 5-8 м выше уровня и удалены от него на 12–15 км, поэтому непосредственного влияния колебаний уровня воды в оз. Байкал не испытывают. Гидрологические особенности озер связаны со стоком воды р. Кичера.

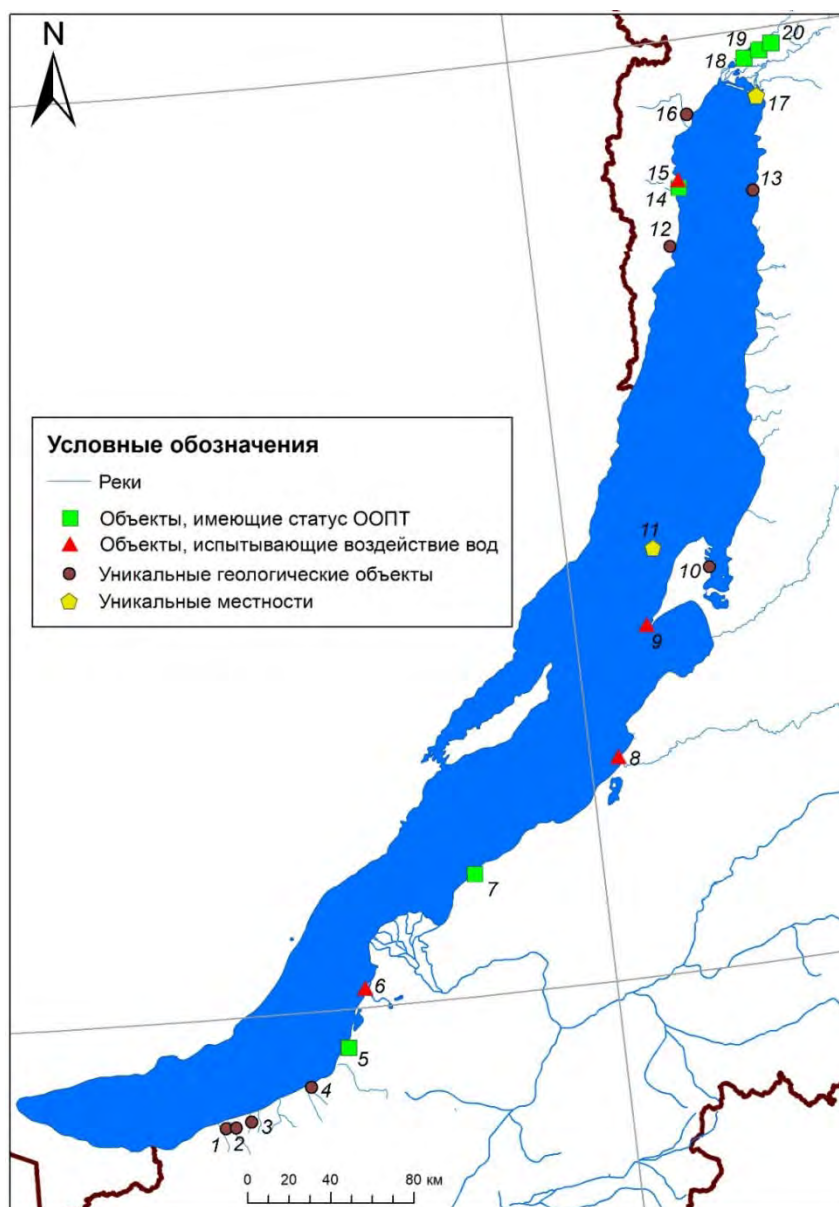


Рисунок 1.5.7 – Уникальные природные объекты на побережье оз. Байкал:  
 1 – Переемнинский разрез, 2 – Танхойский разрез, 3 – Половинкинский разрез, 4 – Мысовский разрез, 5 – Боярский разрез, 6 – Поющие пески (Исток), 7 – Термальный источник Загза, 8 – Валун «Черепаша», 9 – Поющие пески «Марково», 10 – Термальные источники бухты Змеевая, 11 – Ушканьи острова, 12 – Котельниковский источник, Лударьская терраса, 13 – Поющие пески Турали, 14 – Лударьская терраса, 15 – мыс Лударь и Лударьские пещеры, 16 – Северобайкальский разрез, 17 – местность «Дагары», 18 – Большое Кичерское озеро, 19 – оз. Блудное, 20 – оз. Кулинда

В пределах района исследования негативное влияние колебаний уровня воды в оз. Байкал установлено для расположенных в прибрежной зоне, но не являющихся утвержденными в качестве ООПТ геологических образований – поющие пески в районе с. Исток и поющие пески Марково (затоплены в период проведения работ). Природные образования, представляющие интерес в качестве объектов туристско-рекреационной

деятельности (валун «Черепаша», Большая Лударьская пещера), состоящие из твердых кристаллических горных пород, в целом не испытывают на себе негативного воздействия вод, но в отдельных случаях снижается их аттрактивность. Так, из-за высокого уровня воды в озере подтоплен подход к своду Большой Лударьской пещеры. Сведения о текущем состоянии и прогнозах влияния колебаний уровня воды в оз. Байкал на обследованные объекты приведены в таблице 1.5.4.

Таблица 1.5.4 – Воздействие колебаний уровня воды в оз. Байкал на уникальные природные объекты побережья (природные памятники)

	Объект	Особенности расположения	Воздействие воды при уровнях, м		
			455,54	456-457	457,85
1	Переемнинский разрез	удален от берега	-	-	-
2	Танхойский разрез	удален от берега	-	-	-
3	Половинкинский разрез	удален от берега	-	-	-
4	Мысовский разрез	удален от берега	-	-	-
5	Боярский разрез	удален от берега	-	-	-
6	Поющие пески (Исток) <sup>1</sup>	на берегу	-	+	+
7	Термальный источник Загза	на берегу	-	-	-
8	Валун «Черепаша»	в акватории	-	-	-
9	Поющие пески «Марково»	на берегу	-	+	+
10	Термальные источники бухты Змеевая <sup>2</sup>	на берегу	-	-	+
11	Ушканьи острова	в акватории	-	-	-
12	Котельниковский источник <sup>2</sup>	на берегу	-	-	+
13	Поющие пески Турали	на берегу	-	-	-
14	Лударьская терраса	удален от берега	-	-	-
15	мыс Лударь и Лударьские пещеры	на берегу	-	-	-
16	Северобайкальский разрез	удален от берега	-	-	-
17	местность «Дагары» <sup>2</sup>	на берегу	-	-	-
18	Большое Кичерское озеро	удален от берега	-	-	-
19	Озеро Блудное	удален от берега	-	-	-
20	Озеро Кулинда	удален от берега	-	-	-

<sup>1</sup> – по данным космической съемки

<sup>2</sup> – требует дополнительных исследований

Кроме поющих песков на побережье оз. Байкал в районе с. Исток и в местности Марково подобные геологические образования описаны и в северной части озера. Это известные поющие пески Турали в пределах Баргузинского биосферного заповедника. В ходе проведения полевых работ не обследованы, как как по имеющимся сообщения их



значительная часть потеряна уже после подъема уровня воды при строительстве Иркутской ГЭС.

Район термального источника «Котельниковский» отличается тем, что непосредственного воздействия на источник увеличение уровня воды в озере не оказывает, но знаменитые природные термальные «ванны» на берегу будут частично заполняться водой из озера. Для термальных источников в бухте «Змеевая» влияние повышения уровня воды в озере выражается в заплеске воды при высокой волне в период штормов в искусственные ванны, расположенные на берегу.

**Редкие и исчезающие виды растений и растительные сообщества.** Степные и прибрежные биотопы являются самыми уязвимыми экосистемами. На специфических песчаных прибрежных участках Байкала сосредоточено основное количество редких и уникальных растений, которые являются индикаторами состояния экосистем и чувствительны к любым изменениям окружающей среды, в силу их низкой конкурентной способности и высоким требованиям к условиям местообитаний. Основными факторами, оказывающими негативное влияние на растения, являются: антропогенная трансформация; деградация и сокращение мест обитания в результате хозяйственного освоения; загрязнение и захламление берегов промышленными и бытовыми отходами; высокое рекреационное воздействие, а также гидрологический режим. Разрушения береговых прибойных валов и берегов озера Байкал, вследствие колебания уровня воды, несут угрозу популяциям и создают риск их исчезновения. Большинство редких и эндемичных видов являются узколокальными, местообитания которых приурочены к высокоспецифичным легко нарушаемым экотопам [25].

Проведена оценка состояния популяций редких видов растений, произрастающих на прибрежных территориях оз. Байкал и занесенных в красную книгу Республики Бурятия. Геоботанические исследования проводили в вегетационный сезон на береговых песчаных, прибойных валах и пляжах, слабозадернованных берегах. Использованы стандартные геоботанические методы (маршрутный, метод ключевых участков). Учет растений проводился подсчетом каждой особи методом трансект. Определение плотности и размеров ценопопуляций случайно-регулярным способом. Определение возрастного состояния по надземной части.

Наиболее уязвимы к колебаниям уровня оз. Байкал эндемики, местообитанием которых являются пески береговой зоны и прибойная песчаная полоса на восточном побережье оз. Байкал (*Craniospermum subvillosum* Lehm., *Deschampsia turczaninowii* Litv., *Corispermum ulopteron* Fenzl., *Astragalus sericeocanus* Gontsch.).

**Черепоплодник почтишерстистый** (*Craniospermum subvillosum*) – узколокальный эндемик оз. Байкал, занесенный в Красную книгу Республики Бурятия под категорией 3 (NT) [26].

В результате полевых исследований отмечен в окрестностях с. Посольское, рекреационной местности Лемасово, с. Гремячинск, с. Горячинск, с. Турка, на Чивыркуйском перешейке и о. Ярки. Вид произрастает пятнами, малыми популяциями или группами особей, узкой полосой вдоль побережья с разреженной растительностью. Приурочен к полосе песчаных пляжей в непосредственной близости от уреза воды в пределах первого прибойного вала (рис. 1.5.8).



Рисунок 1.5.8 – Черепоплодник почтишерстистый, популяция в окрестностях с. Гремячинск (21.06.2022 г.)

**Луговик Турчанинова** (*Deschampsia turczaninowii*) – эндемик побережья оз. Байкал, редкий вид занесенный в красную книгу Республики Бурятия под категорией 3 (NT) [26]. Произрастает на песчано-галечниковых субстратах на уресе воды оз. Байкал в заплесковой



зоне. Угрозу популяциям могут создавать изменения местообитаний. Учитывая, что площадь заплесковой зоны мала, любое изменение уровня оз. Байкал, загрязнение и захламление берегов промышленными и бытовыми отходами, высокое рекреационное воздействие могут привести к исчезновению вида.

По результатам полевых исследований отмечен в окрестностях с. Посольское, с. Горячинск, с. Турка, г. Бабушкин (ст. Мысовая). Произрастает на песчано-галечниковом субстрате (рис. 1.5.9).



Рисунок 1.5.9 – Луговик Турчанинова, популяция в окрестностях с. Горячинск (22.06.2022 г.)

**Верблюдка курчавокрылая** (*Corispermum ulopterum*) – эндемик побережья оз. Байкал, редкий вид, занесенный в Красную книгу Республики Бурятия под категорией 3 (NT) [26]. В Бурятии встречается только в прибойной песчаной полосе на восточном побережье Байкала. Основными угрозами для произрастания вида являются повышение уровня воды в озере, рекреационная нагрузка. Произрастает на песчаных или песчано-каменистых побережьях оз. Байкал, преимущественно в составе колосняковых (*Leymus secalinus*) сообществ, развивающихся по береговым валам (рис. 1.5.10).





Рисунок 1.5.10 – Верблюдка курчавокрылая, популяция в окрестностях пос. Усть-Баргузин (24.06.2022 г.)

**Астрагал шелковисто-седой** (*Astragalus sericeocanus*) – эндемик оз. Байкал, занесен в Красную книгу Республики Бурятия под категорией 3 (NT) [26]. Для данного вида известно лишь два местонахождения: 1) юго-восточное побережье оз. Байкал (местность «Пески», между р. Турка и с. Гремячинск); 2) остров Ярки в устье р. Верхняя Ангара. Растет малочисленными популяциями, часто единичными экземплярами, на прибрежных переливаемых песках. Популяции вида также подвержены риску исчезновения при колебаниях уровня воды в озере. Произрастает в составе разнотравно-астрагалово-шерстистоостролодочниковых псаммофитных сообществах, лишенных сомкнутого растительного покрова (рис. 1.5.11).



Рисунок 1.5.11 – Астрагал шелковисто-седой, популяция на о. Ярки (07.08.2022 г.)

В таблице 1.5.5 представлена численность редких видов растений, попадающих под затопление при различных уровнях воды оз. Байкал.

Разные виды редких растений будут испытывать негативное воздействие при различных уровнях оз. Байкал. Так, при уровне 457,00–457,10 м ТО попадает под затопление только луговик Турчанинова. Несмотря на то, что луговик обладает хорошей устойчивостью и способен к возобновлению и вегетативному размножению за счет укоренения оторванных штормом частей дернины и розеток, любое изменение уровня оз. Байкал может привести к изменению условий местообитания и его исчезновению [27, 28].

В 2022 г. выявлено всего 373 особи на 4 ключевых участках, на площадях 6–8 кв.м. Наибольшая популяция отмечена в окрестностях с. Горячинск (50 кв.м). На исследованных территориях луговик распространен спорадически небольшими популяциями и сомкнутых сообществ не образует. На участках, где в настоящее время популяции произрастают в воде наблюдается угнетение жизненного состояния популяций. При долговременном затоплении возможна гибель растений.

Редкие виды растений (черепоплодник почтишерстистый, верблюдка курчавокрылая), приуроченные к прибойной полосе, попадают под затопление при более высоких уровнях воды. Отметим, что в первую очередь пострадают растения соров и мелководий. Например, на южной оконечности залива Черкалов сор (рис. 1.5.12) отмеченные ранее в 2013–2014 гг. популяции черепоплодника почтишерстистого сократили свои занимаемые площади в связи с затоплением. Наибольшее воздействие на указанный вид будет при уровне 457,85 м ТО.



Рисунок 1.5.12 – Затопленный песчаный пляж залива Черкалов сор

Расчет ущерба объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия проводили на основе Приказа Министерства природных ресурсов Республики Бурятия от 30 ноября 2020 года № 480-ПР «Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования» [29].

Согласно таксам для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования, утвержденным настоящим приказом, ущерб для одного экземпляра побега или розетки травянистого покрытосеменного (цветкового), папоротниковидного или плауновидного растения независимо от его размера оценивается в 300 руб. При этом, за уничтожение, добывание, сбор объектов растительного мира, а также за уничтожение мест их произрастания (местообитаний) в центральной экологической зоне Байкальской природной территории размер вреда исчисляется по настоящим таксам, увеличенным вдвое.



Размер суммарного ущерба, причиненного объектам растительного мира при уничтожении мест их произрастания (местообитаний) представлен в разделе 2.1. Численность редких видов растений, подпадающих под затопление при различных уровнях воды оз. Байкал представлена в таблице 1.5.5.

Таблица 1.5.5 – Численность редких видов растений, подпадающих под затопление при различных уровнях воды оз. Байкал

Уровень оз. Байкал, м	Численность редких видов растений, шт.				Итого, шт.
	Черепоплодник почтишерстистый ( <i>Craniospermum subvillosum</i> )	Луговик Турчанинова ( <i>Deschampsia turczaninowii</i> )	Верблюдка курчавокрылая ( <i>Corispermum ulopterum</i> )	Астрагал шелковисто-седой ( <i>Astragalus sericeocanus</i> )	
457,1		373			373
457,2	83				83
457,3	24				24
457,4	30				30
457,5	76				76
457,6	269				269
457,7	321		21		342
457,85	3934		9	24	3967
Итого					<b>5164</b>

**Охотничье-промысловые ресурсы.** Изменения уровня воды в водоеме оказывают различное влияние на разные группы животных. Большая часть реакций прибрежных животных на изменения уровня воды только предполагается или делаются выводы о влиянии на численность пост-фактум, путем сопоставления с изменением уровня [30]. С вводом Иркутской ГЭС существенный урон от подъема воды в Байкале был нанесен численности ондатры на всем протяжении восточного побережья [31]. Существующую прямую зависимость отмечают в материалах охот-устроительной экспедиции института «Союзгипролесхоз» [32]. Численность ондатры зависит также от повышения уровня воды во второй половине летнего периода (конец июля - август), когда увеличивается приток воды в реках Селенга, Баргузин и Верхняя Ангара. Замечено, что в полноводные годы численность молодняка ондатры второго помета практически не сохраняется.

Наибольшей плотности и разнообразия население водоплавающих птиц достигает по берегам соров и дельт рек с прогреваемой в летний период водой и высокими значениями биомассы рыб и бентосных беспозвоночных. Видовой состав птиц дельт представлен главным образом отрядом гусеобразных (Anseriformes). При высоком уровне озера Байкал в них поступают значительные холодные водные массы из байкальской акватории,

снижающие количество доступных кормов и подтопляющие гнездовые местообитания, что сопровождается гибелью кладок и снижением успешности гнездования [33].

Для расчета ущерба охотничье-промысловым животным использована методика, утвержденная приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 948 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам» [34]. Использован пересчетный коэффициент К, соответствующий п. 1.5. Приложения 2 Методики – «Действия (бездействия), по причине которых произошло уничтожение (гибель) охотничьих ресурсов умышленно или по халатности при осуществлении хозяйственной деятельности (без проведения предварительного расчета вреда намечаемой хозяйственной и иной деятельности, представляющей экологическую опасность)». Выбор данного коэффициента обусловлен тем, что возможный ущерб будет нанесен в результате хозяйственной деятельности, а именно работы Иркутской ГЭС. Данные о численности охотничьих ресурсов за 2021 г. предоставлены Бурприроднадзором, который осуществляет контроль за промысловыми животными на закрепленных территориях, а также на общедоступных охотничьих угодьях.

Для оценки физического ущерба объектам животного мира в зависимости от колебаний уровня оз. Байкал использованы космические снимки дельты р. Селенга и Верхняя Ангара. Для этого подобраны сцены спутника Landsat за даты, соответствующие исторически зафиксированным уровням оз. Байкал 457,00; 457,10; 457,20; 457,30 м ТО. Далее, с помощью метода неконтролируемой классификации ISODATA в ПО ArcGIS проведена классификация территории на 2 класса: суша и вода. Для каждого уровня определена площадь суши и рассчитано уменьшение ее процентной доли относительно площади суши при базовом уровне 457,00 м ТО. Данный показатель принят за долю гибели яиц в кладках орнитофауны и гибели выводка ондатры при различных уровнях. Поскольку значений уровня 457,40–457,85 ранее не наблюдалось, то площади суши при этих уровнях рассчитаны методом интерполяции, где в качестве аппроксимационной функции выбрана экспонента, которая адекватно отражает площадь суши при высоких уровнях. В результате получены данные о численности яиц в кладках и выводков в помете, подпадающих под затопление при высоких уровнях воды оз. Байкал (таблица 1.5.6). Размер суммарного ущерба вследствие прямого уничтожения нескольких видов охотничьих ресурсов исчисляется как сумма вреда в отношении всех особей (кладок яиц и выводков ондатры) каждого вида с учетом процента гнездования (50 %) и представлен в разделе 2.1.



Таблица 1.5.6 – Расчетная численность яиц и выводка охотничье-промысловых животных, попадающих под затопление при высоких уровнях воды оз. Байкал

Уровень оз. Байкал	Ондагра	Шилохвость	Кряква обыкновенная	Чирок-свистун	Чирок-трескун	Серая утка
457,10	9167	970	7220	1610	1560	2599
457,20	17399	1802	13447	3008	2910	4871
457,30	24693	2508	18766	4209	4068	6835
457,40	31328	3115	23378	5260	5076	8566
457,50	37270	3630	27321	6166	5941	10070
457,60	42586	4066	30686	6946	6684	11377
457,70	47379	4442	33614	7629	7333	12529
457,85	53789	4897	37222	8486	8139	13993

Расчет ущерба объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия проведен по Методике исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания [35].

По данным ФГБУ "Байкальский государственный заповедник" в 2022 г. в рамках работ по гранту En+ Group «Найдем чеграву вместе» была обнаружена колония чеграв на песчаной косе между Байкалом и сором дельты Селенги, в 15 км к юго-западу от Кабанского заказника. На колонии учтено 498 гнезд. Остров, на котором располагается колония, невысокий, высота гнезд над уровнем поверхности Байкала на период насиживания составляла 30–50 см. На основе космических снимков Landsat выявлено, что при уровне 457,10 м ТО острова, отделяющие заливы и дельту р. Селенга от оз. Байкал полностью покрываются водой.

## **ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО – ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ (УЩЕРБОВ) ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ БАЙКАЛА И РЕГУЛИРОВАНИИ РАСХОДОВ ИРКУТСКОЙ ГЭС**

**2.1 Проведение покомпонентной оценки потерь природной среды (стоимостная оценка потерь земельных, лесных, охотничье-промысловых, рыбных ресурсов, изменения состояния прибрежных экосистем, оценка затрат на восстановление продуктивности). Выполнение оценки ущерба объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов), сельскому хозяйству (стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции, оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв), социальным объектам и домохозяйствам, с учетом влияния регулирования уровня озера в его прибрежной части**

В соответствии с техническим заданием, при оценке потерь природной среды и ущербов учитывались протекание абразионных процессов на островах, песчаных косах, восточном побережье озера Байкал; ущерб, связанный с уничтожением уникальных памятников природы, размывом автомобильных и железных дорог, инженерных и берегоукрепительных сооружений на побережье.

Подготовка настоящего раздела проводилась Институтом географии им В.Б. Сочавы СО РАН, Байкальским институтом природопользования СО РАН, Институтом систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутским государственным университетом, Институтом динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Институтом общей и экспериментальной биологии СО РАН.

### **2.1.1 Концептуальные положения проведения стоимостных оценок потерь и ущербов**

Согласно техническому заданию, стоимостные оценки (потери и ущербы) определяются по каждому компоненту природной среды и типу объектов. Методики, перечисленные в Техническом задании, имеют ограниченную область применения, не включающую в себя оценки влияния регулирования уровня водного объекта на природные, экологические и социально-экономические факторы. В ходе исследования была изучена применимость иных аналогичных методик. В настоящем исследовании ущербы и потери не рассматриваются как следствие чрезвычайной ситуации или нарушения законодательных норм, так как режимы регулирования не выходят за

проектные границы: то есть, негативное воздействие уровня режима оценивается в условиях правомерной деятельности.

Использованные при стоимостной оценке потерь и ущербов методики оценки вреда при нарушении законодательства, применялись в настоящей работе частично с учетом гарантий получения сравнительных результатов (сравнение стоимостной оценки при различных уровнях затопления), как в верхнем бьефе (оз. Байкал, Иркутское водохранилище), так и в нижнем бьефе, их применения для реализации цели формирования режимов регулирования уровня воды в озере Байкал в условиях минимизации негативного влияния на состояние экосистемы озера и ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории.

Целевая задача исследования также определила содержательное значение результатов стоимостных оценок: выбор режимов регулирования уровня озера Байкал внутри проектного диапазона (456–457 м ТО) не требует абсолютных стоимостных оценок; при моделировании будет осуществляться сравнительная оценка возможных вариантов регулирования режимов работы Иркутской ГЭС с учетом социально-экономических и экологических последствий при выходе отметок уровня выше 457 м и ниже 456 м. Таким образом, ключевой задачей стоимостных оценок является получение сравнимых (сопоставимых) результатов, что обеспечивается единством подходов, методик и показателей для каждого фактора.

Несмотря на длительный эффект изменений уровня озера Байкал, на который рассчитывается большинство действующих методик по стоимостной оценке потерь и ущербов, для целей настоящего исследования, на текущем 2 этапе НИР, авторы формировали годовые экономические оценки для конкретных уровней озера Байкал и расходов Иркутской ГЭС, установленных в Техническом задании. Данный подход обоснован тем, что показатели водности (полезного притока) и изменение (колебание) уровня воды (уровенного режима – внутригодового и внутримесячного диапазона, максимальных и минимальных значений в м ТО, сроков и динамики их достижения) это содержательно разные понятия. Главное отличие «водности (полезного притока)» и «уровня» состоит в том, что первый является неуправляемым (вероятностным), природно-обусловленным фактором, второй – управляемым. Причем, если в период до строительства Иркутской ГЭС водность (поверхностный приток) и уровень имели достаточно высокую корреляцию (приток в большинстве месяцев существенно превышал другие составляющие водного баланса – испарение, осадки на поверхность, подземный сток), то в зарегулированных условиях (с 1959 г.) уровень озера стал зависеть, прежде всего, от расходов Иркутской ГЭС. При одинаковой или близкой водности

(обеспеченности притока) в разные годы могут быть приняты очень разные расходы. В качестве примера можно привести сравнение ситуаций для двух лет с экстремально высокой водностью (оба имели обеспеченность 3–4%) – совсем близкого 2021 г. (по водности четвертый за всю 123-х летнюю историю наблюдений и третий с начала эксплуатации Иркутской ГЭС) и почти такого же по водности 1988 г. (среднегодовые притоки составили 2630 м<sup>3</sup>/с и 2650 м<sup>3</sup>/с соответственно): максимальный уровень оз. Байкал в 1988 г. составил 457,39–457,42 м ТО, а в 2021 г. – 457,23 м ТО. Причина – разные расходы через Иркутскую ГЭС (ИГЭС): в 1988 г. средний расход был 2078 м<sup>3</sup>/с, максимальные в августе-сентябре 2700–3000 м<sup>3</sup>/с; в 2021 г. – средний расход 2556 м<sup>3</sup>/с, рекордно высокий за весь период эксплуатации ИГЭС при максимальном – 3600 м<sup>3</sup>/с. Аналогичный пример можно привести для экстремально маловодных лет. В маловодные 1977–1981 гг. (среднегодовые притоки 1485–1322 м<sup>3</sup>/с – обеспеченность 93–96%) уровень Байкала опускался до отметок 455,27–455,31 м ТО, а в еще более маловодные 2014–2017 гг. (среднегодовые притоки 1281–1123 м<sup>3</sup>/с обеспеченность 97–99%) – до отметки 455,71 м ТО. Средние расходы в 1977–1981 гг. составили 1500 м<sup>3</sup>/с, а в 2014–2017 гг. – 1300 м<sup>3</sup>/с.

Таким образом, учитывая регулирующие возможности ИГЭС (1300–6000 м<sup>3</sup>/с), при одинаковой (близкой) водности (обеспеченности притока) уровень озера и его внутригодовая динамика могут отличаться на десятки см. При этом, внутригодовое (сезонное) изменение уровня это ежегодный обычный процесс как в естественных, так и в зарегулированных условиях, зависящий, прежде всего, от водности (полезного притока) текущего периода.

В настоящей НИР определяется влияние изменения уровня на природные и социально-экономические компоненты. Эти зависимости будут положены в основу выводов о необходимости их учета в Правилах использования водных ресурсов озера Байкал и Иркутского водохранилища при оценке допустимого диапазона изменения уровня. Полученные в настоящем разделе результаты исследования будут использоваться для формирования экологических и рыбохозяйственных требований при регулировании расходов Иркутской ГЭС с учетом социально-экономических последствий; разработки предложений по совершенствованию правил регулирования уровня озера Байкал и Иркутского водохранилища; минимизации рисков и потенциальных ущербов при регулировании уровня озера Байкал.

## 2.1.2 Граничные условия проведения стоимостной оценки потерь компонентов природной среды и социально-экономических ущербов

Изменение уровня озера Байкал в диапазоне 456,00–457,00 м является ежегодным, нормальным, законодательно утвержденным. В этой связи потери природной среды и ущербы социально-экономическим объектам оценивались за пределами указанного диапазона регулирования. В соответствии с Техническим заданием и в целях использования результатов стоимостных оценок для формирования режимов регулирования Иркутской ГЭС, стоимостные оценки ущербов и потерь рассчитывались для следующих уровней озера Байкал (м ТО): 455,54; 455,75; 457,1; 457,2; 457,3, 457,4; 457,5; 457,6; 457,7; 457,85. Для нижнего бьефа Иркутской ГЭС стоимостные оценки ущербов и потерь рассчитывались для следующих расходов ( $\text{м}^3/\text{с}$ ): 1300; 2800; 3200; 3600; 4000; 4400; 4800; 5200; 5600; 6000. Здесь принималось во внимание, что 1300  $\text{м}^3/\text{с}$  – минимально допустимый расход в нижний бьеф (по условиям обеспечения нормальной работы водозаборов и требований действующих ПИВР), 2800  $\text{м}^3/\text{с}$  – расход, с которого зафиксированы затопления в нижнем бьефе.

## 2.1.3 Используемые методики и исходные данные для стоимостных оценок потерь и ущербов

Структура оценок, сформированная на основе требований Технического задания и объектов потерь/ущербов и методики, с использованием которых оцениваются стоимостные показатели, представлены в таблице 2.1.1. Детализированная структура оценок натуральных и количественных показателей по факторам представлена в Приложении Д1.

Таблица 2.1.1 – Перечень компонентов оценки потерь природной среды и типов объектов социально-экономических ущербов, использованные методики стоимостной оценки

Наименование факторов	Методика
1. Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов) – всего	Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий, ВИЭМС, Москва, 2006 [1]
В том числе:	
1.1. объектам транспорта	
1.2. объектам связи	
1.3. объектам промышленности	
1.4. объектам энергетики	
1.5. Инженерные сети (водопроводные, канализационные, очистные)	
1.6. Берегозащитные сооружения	

Наименование факторов	Методика
1.7. Другие производственные объекты, включая ведомственные	
2. Стоимостная оценка ущерба сельскому хозяйству – всего	
В том числе:	
2.1. стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции	
2.2. оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв	
3. Стоимостная оценка ущерба социальным объектам и домохозяйствам	
В том числе:	
3.1. Жилые здания и домохозяйства	
3.2. Предприятия питания, торговли	
3.3. Школы, иные учебные заведения, больницы	
3.4. Рекреационные объекты (объекты капитального строительства)	
3.5. Объекты ООПТ (объекты капитального строительства)	
3.6. Прочие объекты	
4. Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов, включая все категории земель	
4 <sup>1</sup> . Стоимостная оценка земельных ресурсов от затопления	Кадастровые оценки
4 <sup>2</sup> . Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов от абразии	Приказ Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238 «Об утверждении Методики исчисления вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» [2]
5. Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов (от вредного воздействия вод древесным, пищевым лесным ресурсам и лекарственным растениям на территории зон затопления и абразионных участках), в том числе	Постановление Правительства №1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам, вследствие нарушения лесного законодательства» [3], Постановление правительства РФ № 310 «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности», Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины) [4]
6. Стоимостная оценка потерь охотничье-промысловых ресурсов	Приказ Минприроды России от 08.12.2011 № 948 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам"[5]

Наименование факторов	Методика
7. Стоимостная оценка потерь рыбных ресурсов	Приказ Росрыболовства от 06.05.2020 г. № 238 "Об утверждении Методики определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния" [6]
8. Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания	Приказ Минприроды России от 28.04.2008 г. № 107 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания"[7]
9. Уничтожение уникальных памятников природы, включая археологические памятники	Методические указания к определению стоимости и временные расценки полного археологического исследования неолитических поселений, разрушающихся при производстве различных строительных работ / АН СССР, Ин-т археологии. - М.: Наука, 1987. - 14 с. [8]; Нормативный сборник на археологические изыскательские и научно-исследовательские работы СНАИНИР-93. Утвержден приказом Министерства культуры Российской Федерации от 14 декабря 1993 года № 765 [9]
10. Изменение состояния прибрежных экосистем	Методики отсутствуют.
11. Оценка затрат на восстановление продуктивности	Комплексный показатель: пп.2.2 и 8

В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют специализированные Методики оценки ущерба от негативного воздействия вод, утвержденные в установленном порядке. Усиливает неопределенность **отсутствие в принципе** методических подходов к оценке ущербов и потерь от воздействия вод в правомерном диапазоне: именно такая задача стоит в настоящем научном исследовании. В Техническом



задании в качестве основной методики указана «Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий» [1]. Указанная методика была разработана ФГУП «ВИЭМС»; применяется в сфере деятельности Росводресурсов: используется при расчете размера предотвращаемого ущерба и оценке экономической эффективности водохозяйственных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия вод (Приказ Росводресурсов от 9 октября 2020 г. № 236 [10], Приказ Росводресурсов от 15.10.2020 г. № 244 [11]). Методика утверждена генеральным директором ФГУП «ВИЭМС» в 2006 г. (дата отсутствует), официальный текст отсутствует; не является нормативным правовым документом, так как не утверждена в порядке, установленном Постановлением Правительства РФ от 13.08.1997 г. № 1009 (ред. от 18.03.2021 г.) «Об утверждении Правил подготовки нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти и их государственной регистрации» [12].

По мнению экспертов, обобщенном в Отчете Счетной Палаты Российской Федерации «Методика противоречит действующим правовым нормам в части укрупненных нормативов цены строительства, нормативов компенсации ущерба населению, системе ценообразования и содержит значительное число ошибочных и спорных суждений. Примеры, приводимые в «Методике», не содержат полных исходных данных и вычисления, что допускает произвольное применение «Методики» и произвольное трактование результатов. В большинстве случаев, применение «Методики» дает завышенный «предотвращаемый ущерб», и, следовательно, завышенный экономический эффект». [13]. Счетная Палата Российской Федерации рекомендует Правительству РФ разработать и утвердить объективную методику расчета экономической эффективности водохозяйственных мероприятий.

Расчет ущерба объектам социально-экономической сферы проводился структурно, согласно Методике ВИЭМС по строке «затраты на восстановление» [1]. Для целей настоящей работы и в соответствии с Техническим заданием для оценки социально-экономических ущербов были, как правило, применены удельные показатели, определенные в таблице 1 указанной Методики, детализированные для различных объектов и не связанные с различными уровнями обеспеченности притока водного объекта: нормативные удельные базовые показатели предназначены для определения стоимости ущерба по видам предприятий различных отраслей промышленности, по объектам инфраструктуры, по гидротехническим сооружениям, по инженерным сетям, объектам непромышленного назначения городов и населенных пунктов, объектам сельского хозяйства производственного и непромышленного назначения,

сельскохозяйственным угодьям и насаждениям объектам лесного хозяйства, видам компенсационных затрат, видам затрат на аварийно-спасательные работы. Также в таблице 1 приведены коэффициенты для определения косвенных и неучтенных ущербов (при невозможности их определения); В Приложении Д1 указаны конкретные пункты таблицы 1, по которым оценивались ущербы для каждого типа объектов. Отдельные типы объектов оценивались в соответствии с другими разделами Методики ВИЭМС, ссылки на которые также представлены в Приложении Д1. Общие суммы ущерба в целом и по компонентам в дальнейшем были индексированы с применением регионального коэффициента (Приложение 2, таблица 2.1 к Методике: для Иркутской области – 1,55; для Республики Бурятия – 1,75) и индекса-дефлятора по строке «строительство» по Иркутской области – 3,6872 (Приложение Д2 на январь 2022 г.) и по Республике Бурятия – 2,96 (Приложение Г1, на сентябрь 2022 г.).

Анализ территориальных коэффициентов для Иркутской области и Республики Бурятия, указанных в Методике ВИЭМС, позволяет сделать вывод о несоответствии значений фактической динамике затрат. Например, в соответствии с Методикой, при затоплении или подтоплении самый низкий ущерб будет в Москве при самой высокой стоимости недвижимости (Приложение 2, таблица 2.1 Методики ВИЭМС). По значениям индекса-дефлятора, несмотря на использование в настоящем отчете официальных данных Росстата, их количественные значения также вызывают вопросы, связанные с тем, что Росстат не учитывает многие факторы структуры конечной цены. Поэтому для Республики Бурятия коэффициент-дефлятор (2,96) явно занижен: например, в соответствии с [14] стоимость жилья в Республике Бурятия в 2006 г. составляла 12900 руб./м<sup>2</sup>, а в 2022 г. [15] – 79623 руб./м<sup>2</sup>, то есть, фактический рост составляет 6,17 раз.

Из вышеприведенных примеров следует, что фактический рост цен на жилье не соответствует дефляторам Росстата; Методика ВИЭМС рассматривает не только ущерб объектам недвижимости, но и многие другие составляющие. Имея ввиду, что в работах по 3 этапу настоящего исследования планируется уточнение потенциальных ущербов для населенных пунктов, предприятий и организаций, производственных, социальных и жилых объектов, объектов инфраструктуры, рекреации, сельского и лесного хозяйства на территории Республики Бурятия и Иркутской области, подверженных затоплению/осушению, будет рассмотрена целесообразность использования усредненного показателя – дефлятора ВВП или дефлятора Минэкономразвития России, которые отражают средневзвешенный уровень инфляции.

Пояснения по применению методик для стоимостных покомпонентных оценок природных ресурсов представлены в соответствующих параграфах настоящего раздела.

В Приложениях Г2, Д3 прилагаются сводные таблицы стоимостных оценок по всем факторам потерь и ущербов, представленные институтами – исполнителями соответствующих разделов работы.

Оценка ущерба земельным ресурсам, объектам капитального строительства и другим социально-значимым, но не оформленным в установленном нормативно-правовом формате, выполнена на основе следующих данных:

- открытые публичные данные ЕГРН (единого государственного реестра недвижимости); государственные доклады о социально-экономическом положении, «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране»; открытые данные федеральных и региональных ведомств; муниципальных образований, предприятий и учреждений;

- информация по конкретным запросам в территориальные отделения ЕГРН по отдельным проблемным участкам и объектов капитального строительства;

- экспедиционные наблюдения, в результате которых осуществлялось уточнение базовых данных по ключевым значимым площадным территориям (занимаемой территории, эколого-социально-экономической значимости и др.), объектам капитального строительства и прочие (не оформленные или функционирующие как временные сооружения, но выполняющие значимую социальную функцию);

- сравнение данных экспедиционных наблюдений (в качестве аналогов при камеральной работе) с пакетом рабочих крупномасштабных картографических материалов и снимков;

- совместные работы и согласования со специалистами региональных ведомств и муниципалитетов для решения проблемных вопросов по отдельным объектам и строениям, линейным сооружениям (в том числе ЛЭП, участкам теплосети), транспортно-коммуникационным объектам (в том числе пирсы, причальные сооружения и др.);

- использовались механизмы официальных запросов областного правительственного статуса в системообразующие для территории открытые акционерные общества (ОАО) – Восточно-Сибирская железная дорога филиал ОАО РЖД, Восточно-Сибирское речное пароходство и др.;

- официальные запросы в федеральные агентства и ведомства (например, Енисейское Бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов и др.);

- научные отчеты академических институтов, находящихся под научно-методическим руководством РАН и СО РАН;

– социологические опросы местного населения и сотрудников организаций, расположенных на территории региона.

#### **2.1.4 Оценка социально-экономического ущерба на побережье озера Байкал и Иркутского водохранилища**

Социально-экономический ущерб включает стоимостную оценку ущерба хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов), стоимостную оценку ущерба сельскому хозяйству и стоимостную оценку ущерба социальным объектам и домохозяйствам.

##### **2.1.4.1 Оценка возможных затоплений при повышенных уровнях озера Байкал**

Определение границ затопления мелководных зон и прибрежных территорий для озера Байкал (территорий, расположенных в границах отметок 457,00–457,85 м ТО) и Иркутского водохранилища, в пределах которых проводились расчеты потерь и ущербов, разработаны в рамках настоящего исследования ИДСТУ СО РАН, ИСЭМ СО РАН, БИП СО РАН. Для выполнения этих работ были разработаны качественные высокоточные цифровые модели рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера Байкал, с выделением отдельных ключевых участков (раздел 2.2); определены населенные пункты на исследуемой территории и границы их участков, которые могут быть подвержены затоплению; разработаны обзорные карты исследуемой территории с нанесением участков, подверженных рискам колебания уровня Байкала в диапазоне до 457,85 м ТО (раздел 2.3, Приложение Е2). В качестве исходной информации, в том числе полученной в рамках настоящего исследования, использованы:

- лидарная съемка самолетного типа,
- цифровая аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов,
- изолинии рельефа с векторной топоосновы масштабов 1:25000 и 1:50000,
- отметки глубин и изобаты,
- оцифрованные данные изолиний с лоцманских карт Иркутского водохранилища,
- промеры глубин, сделанные во время экспедиций с помощью эхолота.

В таблице 2.1.2 представлены общие площади затопления при различных уровнях озера Байкал.

Таблица 2.1.2 – Общие площади затопления при различных уровнях озера Байкал

Диапазоны уровней, м ТО	Площади затопления (верхний бьеф - оз. Байкал и Иркутское водохранилище), км <sup>2</sup>
457–457,1	37,344
457–457,2	74,686
457–457,3	111,787
457–457,4	148,392
457–457,5	199,183
457–457,6	234,109
457–457,7	262,804
457–457,85	288,982

**2.1.4.2 Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов): объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики, инженерным сетям, берегоукрепительным сооружениям, иным производственным объектам на побережье озера Байкал и Иркутского водохранилища**

Выполнение оценки ущерба объектам хозяйственного комплекса и инфраструктурным объектам, структурным элементам природно-ресурсного блока потенциально затопляемой территории Прибайкалья в результате изменения водного режима оз. Байкал и Иркутского водохранилища основано на качественно-количественных характеристиках и структуре объектов капитального строительства [16]. Применяемые в настоящей работе нормативы указаны в разделе 2.1.3.

В Иркутской области в зоне потенциального затопления в верхнем бьефе зафиксировано всего 197 объектов недвижимости, расположенных в Слюдянском, Иркутском и Ольхонском районе, В Республике Бурятия в зону затопления (подтопления, абразии) попадает 1110 объектов в Кабанском, Баргузинском, Прибайкальском, Северобайкальском районах и г. Северобайкальск Республики Бурятия.

**Транспорт.** На территории воздействия затопления расположены автодороги, автомобильные мосты, причальные сооружения, набережные. Автодорожная сеть Иркутской области и Республики Бурятия, попадающая в зону затопления, включает участки дорог федерального и областного/республиканского значения, а также местные дороги общего пользования, местные дороги необщего пользования. Например, в пределах Иркутской области в потенциальной зоне затопления оказалось 10442 м дорожной сети, в том числе к дорогам городских поселений относится всего 134 м, преобладающая часть – это дороги поселков и сел (в основном с грунтовым покрытием) в

10308 м; и только 3,4% всех потенциально затопляемых дорог внесена в ЕГРН (единый государственный реестр недвижимости). Протяженность объектов транспорта, расположенных в зоне затопления/подтопления/абразии, приведено в таблице 2.1.3.

Таблица 2.1.3 – Натуральные показатели объектов транспорта, расположенных в зоне затопления/подтопления/абразии

Диапазоны уровней, м ТО	Количественные значения показателей			
	Автомосты, км	Автомосты, км	Причальные сооружения, набережные, км	Лодочные станции, м <sup>2</sup>
457 – 457,1	8,02		1,10	562,50
457 – 457,2	8,85		1,10	1 125,00
457 – 457,3	9,40		1,10	1 125,00
457 – 457,4	9,90		1,10	1 125,00
457 – 457,5	14,46	0,04	4,70	1 125,00
457 – 457,6	14,82	0,04	4,70	1 125,00
457 – 457,7	15,24	0,04	4,70	1 125,00
457 – 457,85	16,83	0,04	4,70	1 125,00

**Связь.** Объекты связи в зоне затопления расположены только в г. Иркутске (нижний бьеф), на побережье оз. Байкал отсутствуют. Натуральные показатели объектов энергетики, расположенных в зоне затопления, приведены в таблице 2.1.4.

Таблица 2.1.4 – Натуральные показатели объектов энергетики, расположенных в зоне затопления

Диапазоны уровней, м ТО	Количественные значения показателей – энергетика, ЛЭП, км
457 – 457,1	0,14
457 – 457,2	5,24
457 – 457,3	5,24
457 – 457,4	5,24
457 – 457,5	6,74
457 – 457,6	6,74
457 – 457,7	6,74
457 – 457,85	7,55

**Промышленность.** Предприятия промышленности, подпадающие под затопления, в Республике Бурятия представлены обрабатывающими производствами (лесозаготовительная и лесоперерабатывающая отрасли) и рыбозаводами. В МО ГП «Поселок Усть-Баргузин» в зоне негативного воздействия оз. Байкал находятся субъекты малого предпринимательства, лесозаготовительные организации (база строительной организации, складские помещения для строительных материалов). Рыбное хозяйство на

рассматриваемых территориях представлено следующими предприятиями: Кабанский рыбозавод, Большереченский рыбоводный завод, Нижнеангарский рыбозавод. К объектам промышленности в Иркутской области, которые оказались в зоне затопления, отнесены несколько зданий хозяйственного назначения, сосредоточенные только в одном административном районе – Слюдянском (общее число 5). Площади объектов промышленности, попадающих в зоны затопления, приведены в таблице 2.1.5.

Таблица 2.1.5 – Натуральные показатели промышленных объектов, расположенных в зоне затопления

Диапазоны уровней, м ТО	Количественные значения показателей			
	Базы строительных организаций, м <sup>2</sup>	Складские помещения для цемента, ГСМ и других материалов, м <sup>2</sup>	Предприятия рыбной промышленности, м <sup>2</sup>	Прочие промышленные объекты, м <sup>2</sup>
457 – 457,1				429,50
457 – 457,2				484,50
457 – 457,3				484,50
457 – 457,4				484,50
457 – 457,5		345,00	6 837,00	484,50
457 – 457,6		345,00	6 837,00	484,50
457 – 457,7		345,00	6 837,00	484,50
457 – 457,85	275,30	1 463,00	6 837,00	484,50

**Объекты энергетики.** В Республике Бурятия энергетическая инфраструктура Кабанского, Прибайкальского и Баргузинского районов является частью Южного энергорайона Республики Бурятия, а инфраструктура Северо-Байкальского района и г. Северобайкальск входит в Северобайкальский энергорайон.

В зону затопления попадают линии электропередач как в верхнем, так и в нижнем бьефе. В Республике Бурятия требуется капитальный ремонт берегоукрепления электроподстанции (с. Ключевка Кабанского района), затраты на которое включены в состав берегозащитных сооружений (таблица 2.1.7).

Протяженность ЛЭП, попадающих в зону затопления, указана в таблице 2.1.4.

**Инженерные сети.** В зону затопления попадают инженерные сети: водоснабжения (в Иркутской области и Республике Бурятия), канализации (Иркутская область). Протяженность инженерных сетей представлены в таблице 2.1.6.

В Республике Бурятия в зону негативных воздействий на ст. Боярский Кабанского района попадает водозаборное сооружение. По информации МО ГП «поселок Нижнеангарск», на основе натурных обследований в зону негативных воздействий в пос. Нижнеангарск Северо-Байкальского района попадает водопроводная сеть. Помимо затрат на восстановление водопроводных сетей, требуется капитальный ремонт

берегоукрепительных сооружений указанных объектов, затраты на который включены в состав берегозащитных сооружений (таблица 2.1.7).

Таблица 2.1.6 – Натуральные показатели инженерных сетей, расположенных в зоне затопления

Диапазоны уровней, м ТО	Количественные значения показателей	
	инженерные сети водопроводные, км	инженерные сети канализационные, км
457 – 457,1	1,17	
457 – 457,2	15,19	
457 – 457,3	23,30	
457 – 457,4	31,12	
457 – 457,5	38,11	
457 – 457,6	44,70	
457 – 457,7	48,62	
457 – 457,85	56,50	108,97

**Берегозащитные сооружения.** В зону негативного воздействия попадают только берегозащитные сооружения, расположенные в Республике Бурятия, в частности, габионы 1-й и 2-й линии в с. Максимиха Баргузинского района, берегоукрепительное сооружение на участке «Турка» ТРТ ОЭЗ «Байкальская гавань», берегоукрепительное сооружение в п. Нижнеангарск, капитальный ремонт берегоукрепления электроподстанции и капитальный ремонт берегоукрепления водозаборных сооружений (ст. Боярский Кабанского района и пос. Нижнеангарск Северо-Байкальского района).

Для оценки ущерба берегозащитным сооружениям использовались нормативные укрупненные удельные показатели стоимости реконструкции, стоимости капитального ремонта гидротехнических сооружений таблицы 9.1 Методики ВИЭМС [1] по Дальневосточному федеральному округу. Расчетный период капитального ремонта равен 50 лет. Протяженность берегозащитных сооружений, требующих реконструкции и капитального ремонта, приведена в таблице 2.1.7.



Таблица 2.1.7 – Натуральные показатели берегозащитных сооружений, расположенных в зоне затопления

Диапазоны уровней, м ТО	Количественные значения показателей, км		
	Берегозащитные сооружения поселений	Берегозащитные сооружения для объектов энергетики	Берегозащитные сооружения для водозаборных сооружений
457 – 457,1	3,30	0,10	0,05
457 – 457,2	3,30	0,10	0,05
457 – 457,3	3,30	0,10	0,05
457 – 457,4	3,30	0,10	0,05
457 – 457,5	5,00	0,10	0,05
457 – 457,6	5,00	0,10	0,05
457 – 457,7	5,00	0,10	0,05
457 – 457,85	5,00	0,10	0,05

Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам, попадающим в зону затопления/подтопления/абразии в зависимости от уровней озера Байкал и расходов Иркутской ГЭС, приведена в таблице 2.1.8. Суммарная оценка ущерба хозяйственным объектам в верхнем бьефе (рис. 2.1.1) при уровне озера Байкал 457,3 м составляет более 300 млн. руб., при уровне 457,5 м – около 800 млн. руб.

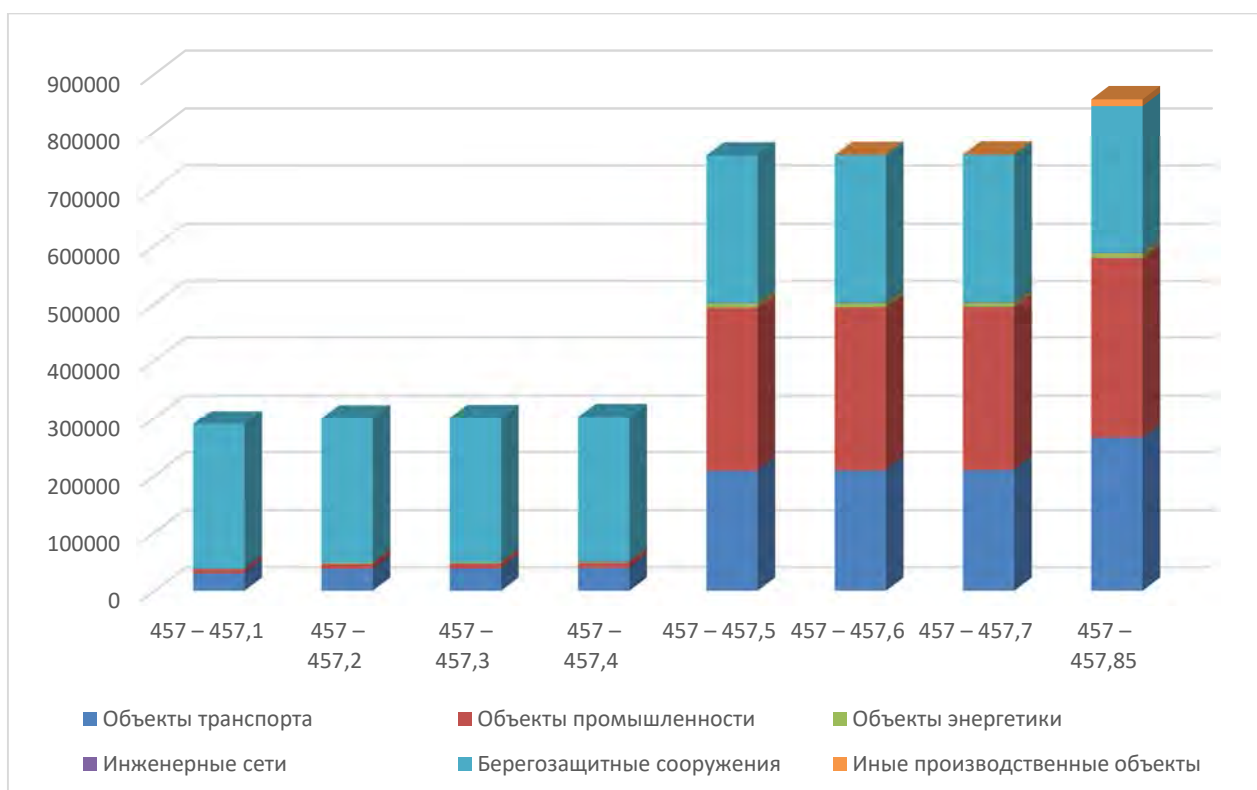


Рисунок 2.1.1 – Оценка ущерба хозяйственным объектам озера Байкал и Иркутского водохранилища, тыс. руб.

Таблица 2.1.8 – Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов): объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики, инженерным сетям, берегоукрепительным сооружениям, иным производственным объектам

Диапазоны уровней, м ТО	Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам, тыс. руб.						
	Всего	В том числе					
		Объекты транспорта	Объекты промышленности	Объекты энергетики	Инженерные сети	Берегозащитные сооружения	Иные производственные объекты
457 – 457,1	289 662,14	30 262,90	7 631,00	155,10	1,74	251 611,40	
457 – 457,2	300 068,99	37 900,10	8 621,90	1 913,00	22,59	251 611,40	
457 – 457,3	300 826,65	38 645,70	8 621,90	1 913,00	34,65	251 611,40	
457 – 457,4	302 628,08	39 391,70	8 621,90	1 913,00	1 090,08	251 611,40	
457 – 457,5	757 915,21	208 763,70	284 906,00	7 380,20	1 099,31	255 766,00	
457 – 457,6	758 718,31	209 261,00	284 906,00	7 380,20	1 109,11	255 766,00	296,00
457 – 457,7	759 556,84	209 896,40	284 906,00	7 380,20	1 114,94	255 766,00	493,30
457 – 457,85	856 205,50	265 141,20	313 921,20	8 376,50	1 326,10	255 766,00	11 674,50

Наибольшая доля ущерба в верхнем бьефе для уровня 457,3 м – берегозащитные сооружения 84% (рис. 2.1.2), для уровня 457,5 м (рис. 2.1.3) – берегозащитные сооружения 34%, промышленность 38% и транспорт 27%.

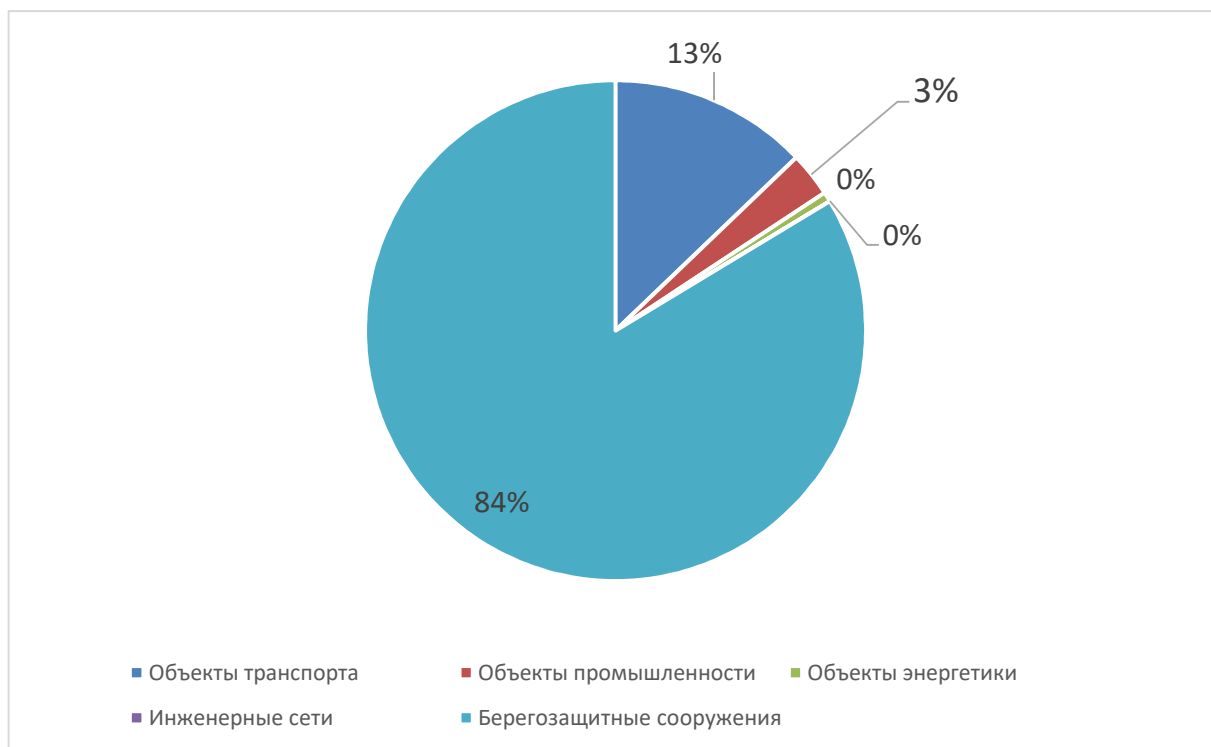


Рисунок 2.1.2 – Структура ущерба хозяйственным объектам в верхнем бьефе при уровне озера Байкал 457,3 м ТО

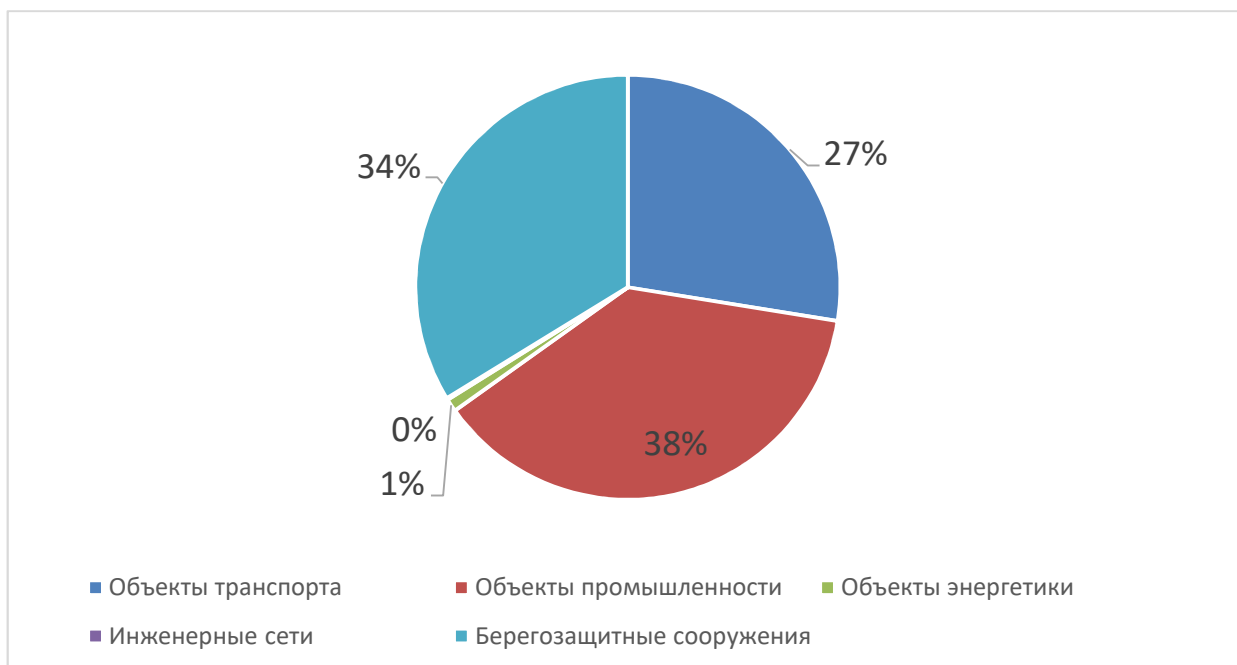


Рисунок 2.1.3 – Структура ущерба хозяйственным объектам в верхнем бьефе при уровне озера Байкал 457,5 м ТО

### 2.1.4.3 Стоимостная оценка ущерба сельскому хозяйству

Сельскохозяйственные объекты, попадающие в зону затопления, расположены в Республике Бурятия. В Иркутской области и ущерб сельскому хозяйству отсутствует. По данным администрации сельских поселений Республики Бурятия, моделирования зон затопления, натурным обследованием, в многогодный период (2019–2021 гг.) сельскохозяйственные земли Кабанского района были подвержены затоплению (с. Дубинино, с. Инкино, с. Сухая, с. Посольское, с. Оймур).

С использованием данных ДЗЗ по всей береговой линии оз. Байкал на территории Республики Бурятия были выделены участки, предположительно используемые в сельском хозяйстве. Контуры участков наземно верифицированы с определением видов сельскохозяйственного использования в ходе полевых исследований. На космоснимки с выделенными участками наложены контуры зон потенциального затопления при подъеме уровня воды в озере Байкал в диапазоне от 457 до 457,85 м с шагом в 0,1 м. Расчет площадей контуров участков выполнен в среде ГИС. Поскольку изолинии затопления затрагивали только участки с типом использования в качестве пастбищ и сенокосов, то в качестве ущерба оценивались затраты на возмещение потерь сельскохозяйственной продукции, а именно кормов. На рис. 2.1.4 для примера представлена карта-схема потенциально затопляемых сельскохозяйственных объектов в с. Посольское.

Натуральные и стоимостные показатели ущерба сельскому хозяйству при затоплении приведены в таблице 2.1.9.

Таблица 2.1.9 – Потери сельскохозяйственной продукции с затопляемых угодий

Диапазоны уровней озера Байкал, м ТО	Площадь затопления, га	Производство кормов с затопляемых угодий, ц	Потери сельскохозяйственной продукции (кормов), с затопленных угодий, тыс. руб.
457 – 457,1	8,5	169,8	138,55
457 – 457,2	9,4	188,6	153,88
457 – 457,3	10,4	208,8	170,36
457 – 457,4	11,4	228,6	186,47
457 – 457,5	12,4	247,9	202,26
457 – 457,6	13,4	268,2	218,79
457 – 457,7	14,4	287,8	234,84
457 – 457,85	20,7	413,9	337,72

КАРТА-СХЕМА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В  
 ЗОНЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАТОПЛЕНИЯ  
 (С. ПОСОЛЬСКОЕ)



Рисунок 2.1.4 – Карта-схема потенциально затопляемых сельскохозяйственных объектов в с. Посольское

При обосновании ущерба сельскому хозяйству исполнителями исследования были рассмотрены и оценены, помимо затрат на возмещение потерь сельскохозяйственной продукции, затраты на восстановление плодородного слоя и затраты на закупку кормов в связи с потерей сельскохозяйственной продукции (позиции институтов приведены в Приложении Д4). Считаю недостаточно обоснованным учет ущерба сельскому хозяйству в результате подтопления, а также расходы на восстановление плодородного слоя по следующим основаниям.

Подтопление до 0,4–0,5 м не наносит вреда пастбищам и сенокосам. При проектировании осушительных систем создают для них оптимальный режим – в среднем на 0,5–0,6 м. По Методике ВИЭМС это получается подтоплением, но указанные в ней параметры подтопления взяты для городской застройки и не имеют отношения к сельскому хозяйству. В соответствии нормативными документами [17] в таблице 2.1.10 указаны Нормы осушения, в зависимости от сельскохозяйственного использования земель.

Таблица 2.1.10 – Нормы осушения, в зависимости от сельскохозяйственного использования земель, см

Сельскохозяйственное использование земель	Нормы осушения, см		
	Период предпосевной обработки и уборки урожая	Первый месяц вегетации	В среднем за вегетацию
Полевые, кормовые, овощные севообороты	40–60	–	90–110
Пастбища	–	70–90	90–110
Сенокосы	–	40–60	60–80

Примечание – Меньшие значения норм осушения принимаются для песчаных и супесчаных почв, большие – для связных минеральных почв и торфяников

Если уровень подземных вод выше или ниже, то снижается урожайность. Даже если уровень подземных вод будет близок к поверхности, это не мешает пасти скот. К концу вегетационного периода трава уже вырастет и подтопление, даже близкое к поверхности земли, практически не повлияет. Уничтожения почвы не будет ни при затоплении, ни при подтоплении: смыв почвы наблюдается только с пашни при наличии течения; таким образом, восстановление плодородного слоя не требуется. Следует иметь в виду, что для восстановления почвы на оцениваемой площади затопления (при реальном уничтожении почвы), потребовалось бы привезти около 10 млн. т почвы. В обоснованиях исполнителей также имеется двойной счет – суммируется потеря кормов и приобретение взамен них.

Критические уровни на Байкале наблюдаются в конце лета - начале осени. Например, в многоводном 2021 г. превышение отметки 457 м ТО было с 8 августа по 23 ноября (Приложение Д5), была превышена отметка 457,1 – 23 августа, 457, 2 – 13 сентября и вернулась 18 октября. Максимальная отметка в 2021 г. 457,23 м ТО держалась с 22 по 28 сентября. В этой связи жители могут не успеть заготовить траву на зиму, поэтому в достаточной степени обосновано учитывать в виде ущерба сельскому хозяйству потери сельскохозяйственной продукции, исходя из полной ее потери при затоплении.

Проблемы с оценкой ущерба сельскому хозяйству связаны с практически полным отсутствием мониторинга по затоплению, подтоплению, водной эрозии и осушению территорий при разных уровнях озера. Значительная доля информации была получена исполнителями путем опроса жителей и местных органов власти в текущем 2022 г. о ситуации в многоводном 2021 г., и соответствующей аппроксимации количественных значений. Для достоверного оценивания требуется проведение целевых продолжительных мониторинговых работ.

В проведенной в работе оценке воздействий регулирования уровня воды на сельскохозяйственные объекты есть целый ряд недоработок:

1. Не рассмотрены воздействия понижения уровня;
2. Не рассмотрены различия воздействий в зависимости от времени наступления тех или иных событий изменений уровня воды. Во временной развертке (в течение года) можно прогнозировать разное воздействие уровня воды на почвы;
3. Не оценивается продолжительность воздействий и межгодовая повторяемость событий изменения уровня воды;
4. Есть серьезные проблемы с учетом объектов сельскохозяйственных угодий. Если брать за основу кадастр, то очень много проблем с тем, что не все объекты поставлены на учет и их использование не всегда четко идентифицируется. Особенно много участков, используемых для выпаса скота, не внесено в кадастр.

Из-за перечисленных выше недостатков Методика ВИЭМС не дает возможности оценить результаты регулирования озера с точки зрения важных параметров гидрологического режима. Кроме того, для расчетов по Методике ВИЭМС нет количественных данных по эрозии земель, кроме абразии, также нет данных по высоте затопления участков и глубине подтопления участков. Необходимо проведение специальных исследований, направленных на понимание процессов изменений уровня грунтовых вод на прибрежных территориях озера в зависимости от уровня воды в озере и процессов водной эрозии при изменениях уровня воды в озере.

#### **2.1.4.4 Ущерб социальным объектам и домохозяйствам при повышенных уровнях озера Байкал**

В состав перечня объектов, отнесенных к социальным объектам и домохозяйствам, включены: жилые дома без подсобного хозяйства и хозяйственных построек и их включающие, предприятия питания, торговли, школы, иные учебные заведения, больницы, лагеря отдыха и спортивные сооружения, учреждения культуры и иные социальные объекты. Полный перечень типов социальных объектов и домохозяйств, а

также используемые нормативные показатели для стоимостной оценки ущерба по каждому типу объектов, приведен в Приложении Д1, количественные оценки в Приложениях Г2, Д3.

В Иркутской области в верхнем бьефе в зоне затопления в Слюдянском районе числятся 13 жилых домов; в Иркутском районе 9 домохозяйств зафиксированы в зоне затопления, причем преимущественно могут быть затоплены хозяйственные постройки. При уровне озера Байкал 457,3 м ТО в зону затопления попадает 1 жилой дом и 3 хозяйственных объекта в домохозяйствах. В Республике Бурятия Максимальное число домохозяйств, попадающих в зону затопления составляет: в Баргузинском районе – 14 ед., в Кабанском районе – 103 ед., в Прибайкальском районе – 48 ед., в Северобайкальском – 43 ед., в г. Северобайкальск – 252 ед. При уровне 457,3 м ТО, число домохозяйств, попадающих в зону затопления в Республике Бурятия составит: в Баргузинском районе – 1 ед., в Кабанском районе – 29 ед., в Прибайкальском районе – 23 ед., в Северобайкальском – 19 ед., в г. Северобайкальск – отсутствуют (таблица 2.1.11).

Таблица 2.1.11 – Натуральные и стоимостные показатели по домохозяйствам, расположенным в зоне затопления/подтопления

Диапазоны уровней, м ТО	Показатели по домохозяйствам, расположенным в зоне затопления/ подтопления	
	Площади, тыс. м <sup>2</sup>	Стоимостная оценка ущерба домохозяйствам, тыс. руб.
457 – 457,1	10883,3	61256,6
457 – 457,2	73553,4	655460,4
457 – 457,3	86864,7	655473
457 – 457,4	103434,1	656370,1
457 – 457,5	379857,6	1744009,6
457 – 457,6	388290,8	1761869,5
457 – 457,7	396506,8	1780380,9
457 – 457,85	471528,3	1957724,9

В Республике Бурятия, в отличие от Иркутской области, вне зависимости от режима чрезвычайной ситуации, в случае нанесения экономического ущерба населению от затопления, определяется сумма компенсации населению в соответствии с правовыми актами местных органов власти.

Постановлением администрации МО «Кабанский район» Республики Бурятия №1227 от 15.09.2021 г. [18] установлены:



– размер разовой материальной помощи составляет 5000 руб. на одного заявителя;

– материальная помощь семьям, чьи жилые дома пострадали от паводка (оказались подтоплены) осуществляется в виде единовременной выплаты в размере 5000 руб. на 1 семью;

– материальная помощь гражданам, полностью утратившим урожай картофеля и (или) овощей вследствие гибели от паводка (подтопления) на земельном участке в стоимостном выражении составляет 2265 руб./чел.

В Прибайкальском районе Республики Бурятия материальная помощь от подтопления дома, причиной которого является повышение уровня водного объекта, выделяется на основании пункта 4 Положения о резервном фонде, утвержденного Постановлением Прибайкальской районной администрации от 06.04.2021 г. № 372 из резервного фонда финансирования непредвиденных расходов МО «Прибайкальский район» на оказание разовой материальной помощи 4000 руб./домохозяйство [19].

По Баргузинскому, Северо-Байкальскому районам, г. Северобайкальск компенсационные выплаты населению определялись Согласно Постановлению Правительства Республики Бурятия от 10.09.2007 г. № 280 (ред. от 01.05.2020 г.) «О Положении о резервном фонде Правительства Республики Бурятия по ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий» сумма компенсационной выплаты на 1 чел. составляет 10 тыс. руб. [20].

Суммы компенсационных выплат определяются в соответствии с количеством домохозяйств, находящихся в зонах негативного воздействия (затопление, подтопление), коэффициента семейности по РБ, вида материальной помощи, установленной в районе. Указанные выплаты в Республике Бурятия при уровнях озера Байкал до отметки 457,4 м ТО оцениваются в 195204,9 тыс. руб., далее до отметки 457,85 м – 699936,4 тыс. руб.

Оценка ущерба социальным объектам и домохозяйствам при затоплении приведена в таблице 2.1.12.

Таблица 2.1.12 – Стоимостная оценка ущерба социальным объектам и домохозяйствам

Диапазоны уровней, м ТО	Ущерб социальным объектам и домохозяйствам, тыс.руб.			
	Всего	В том числе		
		Жилые здания и домохозяйства	Предприятия питания, торговли	Иные объекты (школы, иные учебные заведения, учреждения здравоохранения, спортивные сооружения, лагеря отдыха, спортивные лагеря, учреждения культуры, метеостанции, спасательные станции, кладбища, сакральные места и т.д.)
457 – 457,1	87031	61256,6	9999,6	15774,8
457 – 457,2	681234,8	655460,4	9999,6	15774,8
457 – 457,3	738299	655473	9999,6	72826,4
457 – 457,4	787048,9	656370,1	9999,6	120679,2
457 – 457,5	1876736,8	1744009,6	12048	120679,2
457 – 457,6	2171736	1761869,5	12048	397818,5
457 – 457,7	2190247,4	1780380,9	12048	397818,5
457 – 457,85	2370782,3	1957724,9	15238,9	397818,5

#### 2.1.4.5 Оценка социально-экономических ущербов при пониженных уровнях оз. Байкал

Экстремальное маловодье наблюдалось на озере Байкал в 2014–2017 гг. Органы власти, население и научная общественность Республики Бурятия неоднократно ставили вопрос об ущербах в регионе [21, 22, 23]. В первую очередь отмечались вспышки пожаров и дефицит влаги, который усугубил осушение колодцев и скважин. В Приложении Дб, разработанном в рамках исполнения настоящего проекта Байкальским институтом природопользования СО РАН, оценивается ущерб в связи со снижением уровня озера Байкал ниже отметки 456 м ТО. По расчетам, выполненным на основе произведенных расходов и площадей возгорания, ущерб от торфяных пожаров составил: при уровне 456,55 м ТО – около 3 млн. руб., при уровне 455,99 м ТО – 14 млн. руб. Оценки ущерба от осушения колодцев при уровне 455,99 м ТО – 7,32 млн. руб. Возможный ущерб от осушения колодцев оценен на основе определения расходов, которые необходимы для углубления колодцев в среднем на 2 м (по некоторым оценкам, от 3 до 5 м). Для расчета количества скважин/колодцев учитывалось количество домохозяйств, не оснащенных централизованным водоснабжением и пострадавших от осушения колодцев.

Следует заметить, что расчеты производились в границах правомерного диапазона регулирования уровня озера Байкал (456–457 м ТО). Кроме того, авторы приводят справку

уполномоченного органа власти (Бурприроднадзора) о причинах торфяных пожаров: сочетания факторов дефицита осадков, понижения уровня грунтовых вод, массовых поджогов травы населением, неисправности гидротехнических сооружений, повторного возобновления горения некачественно потушенных пожаров. Отмечается, что вероятность самовозгорания торфа очень мала. Территория осушалась под нужды сельского хозяйства, добыча и складирование фрезерного торфа на ней не производилась. Горение травы могло возникнуть как в результате палов местными жителями, так и сотрудниками ФГУП "Байкальское". Таким образом, связь ущерба от торфяных пожаров с регулированием озера Байкал, недостаточно обоснована, и не включена в настоящей работе в стоимостные оценки ущерба.

Расходы, необходимые для углубления колодцев местным жителям является обоснованной мерой для обеспечения водоснабжения местного населения, однако приведенные оценки в границах правомерного диапазона не могут рассматриваться как соответствующие Техническому заданию; данный вопрос также требует дополнительного обоснования.

#### **2.1.4.6 Суммарная оценка социально-экономических ущербов при изменении уровня озера Байкал**

Суммарная оценка социально-экономических ущербов при изменении уровня озера Байкал представлена в таблице 2.1.13.

При уровне озера Байкал 457,3 м ТО суммарный социально-экономический ущерб составляет 1039 млн. руб., при уровне 457,5 м ТО – 2635 млн. руб. При обоих уровнях 70% это ущерб социально-экономическим объектам и домохозяйствам.

Таблица 2.1.13 – Суммарная оценка социально-экономических ущербов при изменении уровня озера Байкал

Диапазоны уровней озера Байкал, м ТО	Социально-экономический ущерб при затоплении объектов, тыс.руб.			
	Всего	в том числе		
		Ущерб хозяйственным объектам	Ущерб сельскому хозяйству	Ущерб социальным объектам и домохозяйствам
457 – 457,1	376831,6899	289662,1399	138,55	87031
457 – 457,2	981457,6686	300068,9886	153,88	681234,8
457 – 457,3	1039296,009	300826,6487	170,36	738299
457 – 457,4	1089863,448	302628,0776	186,47	787048,9
457 – 457,5	2634854,272	757915,2123	202,26	1876736,8
457 – 457,6	2930673,102	758718,3121	218,79	2171736
457 – 457,7	2950039,081	759556,8414	234,84	2190247,4
457 – 457,85	3227325,52	856205,5	337,72	2370782,3

### 2.1.5 Оценка социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС

К нижнему бьефу Иркутской ГЭС (ИГЭС) относится нерегулируемый участок реки Ангара от плотины ИГЭС до сопряжения с Братским водохранилищем. Его длина может меняться (в зависимости от расхода реки Ангара и её притоков, а также уровня Братского водохранилища) от 80-ти до 125 км (на расстоянии 1–45 км выше города Свирск). В эту территорию попадают города: Иркутск, Ангарск, Усолье-Сибирское, Свирск; населенные пункты: Буреть, Олонки, Тельма, Железнодорожное, Усть-Балей, Усть-Куда, Батарейная и др. с общим населением около 1 млн. чел., промышленные предприятия и объекты инфраструктуры (рис. 2.1.5).

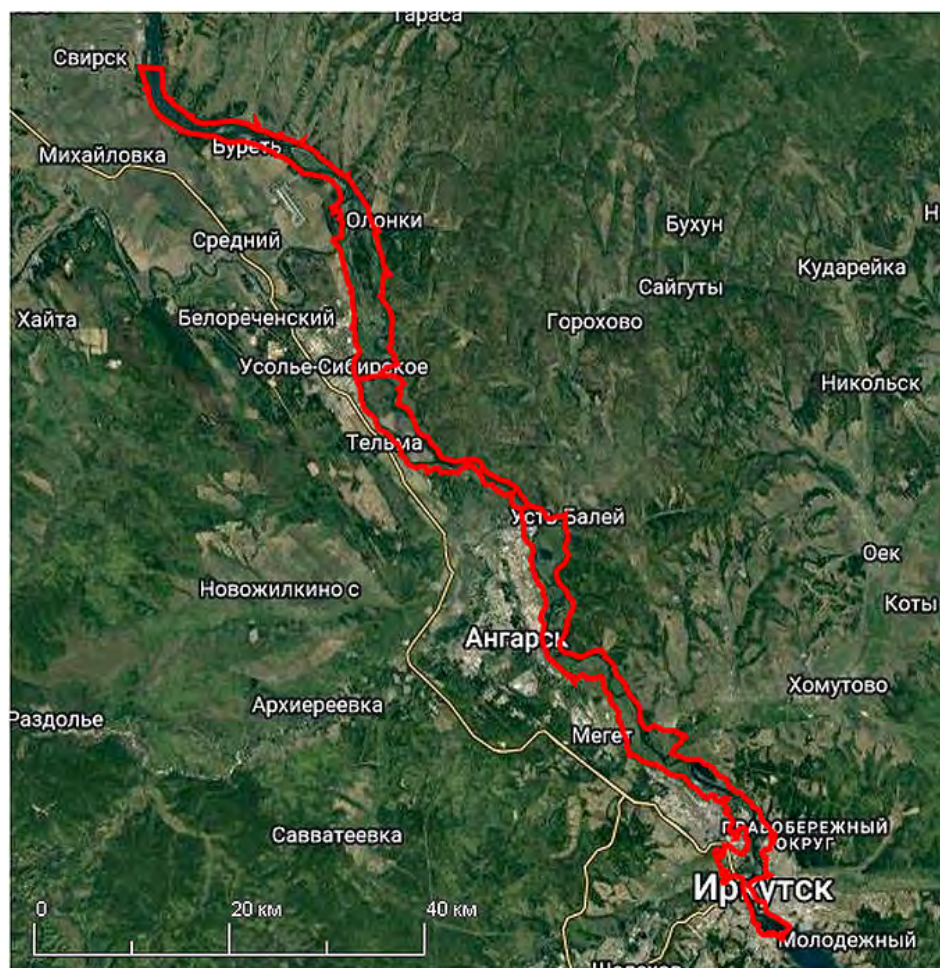


Рисунок 2.1.5 – Границы нижнего бьефа Иркутской ГЭС

Как показал анализ влияния пропуска различных расходов через ИГЭС в период эксплуатации гидроузла, диапазон расходов 1300–2800 м<sup>3</sup>/с не приводит к нарушениям хозяйственной деятельности населенных пунктов и городов, природной среды.

При расходах воды через ИГЭС меньше 1300 м<sup>3</sup>/с (1250 м<sup>3</sup>/с в период ледостава) наиболее уязвимыми являются поверхностные водозаборы. Такие водозаборы очень чувствительны к изменению уровня воды в нижнем бьефе и при его уменьшении до критических значений относительно проектных отметок выходят из строя. Поэтому в данном разделе рассмотрены ущербы населенным пунктам и промышленным предприятиям, которые могут возникнуть в случае остановки работы водозаборов.

При расходах через ИГЭС в объеме выше 2800 м<sup>3</sup>/с возникают риски затопления территорий, нарушается хозяйственная деятельность в городах и населенных пунктах нижнего бьефа, промышленных предприятиях, объектах инфраструктуры, инженерных сетях. Соответственно, необходима оценка потенциальных социально-экономических ущербов при повышенных расходах в диапазоне 2800–6000 м<sup>3</sup>/с, предусмотренном действующим законодательством (ПИВР) и техническим проектом ИГЭС.

### 2.1.5.1 Оценка социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при пропуске расходов менее 1300 м<sup>3</sup>/с

Техническим проектом ИГЭС (1951 г.) было предусмотрено минимальное значение расхода в нижнем бьефе 1050 м<sup>3</sup>/с. Однако, на основании опыта эксплуатации ИГЭС и проверки работы водозаборов при пониженных расходах в период экстремального маловодья 1976–1982 гг., оно было пересмотрено и в действующих ПИВР 1988 г. в качестве минимально допустимого значения принят расход 1300 (1250) м<sup>3</sup>/с. Основная причина повышения минимально допустимого расхода в нижнем бьефе – просадка уровня и увеличение объема русла как следствие значительного изменения русла реки, рельефа дна и площади сечения по всему участку нижнего бьефа в период строительства и эксплуатации гидроузла. Просадка уровней привела к обмелению пойменных протоков и появлению новых, укрупнению островов и в конечном итоге к ухудшению условий работы водозаборов. Изменение русла, в свою очередь, связано с длительным периодом крупномасштабной карьерной разработки русла и проведением дноуглубительных работ. В период 1953–1990 гг. объем русла Ангары в нижнем бьефе увеличился на 66 млн. м<sup>3</sup> относительно проектных условий (НИР «Оценка связи (влияния) уровня режима оз. Байкал (Иркутского водохранилища) с его экологическим состоянием и современными социально-экономическими требованиями ...», гос. контракт от 3 сентября 2015 г., НИР-15-01, 2015 г.). То, что расход 1300 м<sup>3</sup>/с является критическим, подтвердил опыт эксплуатации водозаборов нижнего бьефа в осенне-зимний период 2014–2015 гг.

Водозабор г. Иркутска расположен в верхнем бьефе и не зависит от расходов ИГЭС. В маловодные периоды наиболее уязвимыми являются водозаборы г. Ангарска и его промышленных предприятий, а также водозаборы Усолья-Сибирского и Свирска. Наиболее важными и крупными являются 4 водозабора г. Ангарска. Все они расположены в протоке Еловая р. Ангара и относятся к поверхностным водозаборам ковшового типа. По ведомственной принадлежности: первый водозабор – ТЭЦ-10 ПАО «ЕвроСибЭнерго» («Байкальская энергетическая компания»), второй – АО «АЭХК» (Ангарский электролизно-химический комбинат), и два водозабора АО «АНХК» (Ангарская нефтехимическая компания).

В настоящее время отсутствуют методики расчета ущербов от остановки работы водозаборов как для промышленности, так и для жилого сектора. В этой связи, были сделаны письменные запросы в ПАО «ЕвроСибЭнерго», АО «Ангарский электролизно-химический комбинат (АЭХК)», АО «Ангарская нефте-химическая компания (АНХК)», МУП АО «Ангарский Водоканал», другим организациям – собственникам и

пользователям водозаборов. На основании полученных ответов были выполнены оценки потенциальных ущербов при остановке работы водозаборов (таблица 2.1.14).

Таблица 2.1.14 – Потенциальные ущербы при нарушении работы водозаборов и предприятий нижнего бьефа

№	Название предприятия, водозабор	Населен. пункт (город)	Описание ущерба	Оценка вероятных ущербов (млн. руб. в мес.)
1	Водозабор ТЭЦ-10 (ПАО «ЕвроСибЭнерго»)	Ангарск	Прекращение обеспечения питьевой водой населения	92–100
			Ущерб промышленным предприятиям	1 850
			Затраты, связанные с нарушением теплоснабжения	9 600
			<b>Итого</b>	<b>11 550</b>
2	МУП АО «Ангарский Водоканал»	Ангарск	Остановки водозаборных сооружений, подвоз воды жителям	<b>107</b>
3	Водозабор (АЭХК)	Ангарск	Ущерб промышленным предприятиям	<b>13 880</b>
4	Водозабор №1 (АНХК)	Ангарск	Ущерб промышленным предприятиям	<b>326</b>
5	Водозабор №2 (АНХК)	Ангарск	Ущерб промышленным предприятиям	<b>410</b>
6	Водозабор ТЭЦ-11 (ПАО «ЕвроСибЭнерго» - ООО «АкваСервис»)	Усолье-Сибирское	Прекращение обеспечения питьевой водой населения	31–33
			Ущерб промышленным предприятиям	618
			Затраты, связанные с нарушением теплоснабжения	3 200
			<b>Итого</b>	<b>3 850</b>
7	Водозабор Свирск (Черемховский «Водоканал»)	Черемхово	Прекращение обеспечения питьевой водой населения	<b>3 800</b>
<b>Итого</b>				<b>33 923</b>

Как видно из таблицы, общая сумма потенциальных ущербов по всем водозаборам нижнего бьефа составит около 34 млрд. руб. в месяц.

В письмах – ответах организаций, наряду с оценками ущербов, предложен перечень возможных мероприятий и требуемых инвестиций по реконструкции существующих водозаборов для работы при пониженных расходах, а также варианты и стоимость альтернативных источников водоснабжения.

Так, для возможности работы водозабора ТЭЦ-10 при пониженных расходах через Иркутский гидроузел «Байкальская энергетическая компания» предлагает:

– При понижении попуска воды через ИГЭС с расходами до 1050 м<sup>3</sup>/с необходимо произвести замену насосного оборудования на водозаборе №2, ориентировочная стоимость замены оборудования составляет 530 млн. руб., либо построить две плавучих насосных станции типа «Поток» (разработка ЦПКБ «Стапель»), ориентировочная стоимость – 980 млн. руб.

– При понижении пропуска воды с расходами до 880 м<sup>3</sup>/с в качестве единственного варианта предполагается строительство водоподпорного гидроузла на р. Ангара ниже по течению (400 м до Водозабора №1 АО «АЭХК»), ориентировочная стоимость – 18 млрд. руб.

В настоящее время для решения проблемы обеспечения населения города Ангарска надежным, независимым и защищенным источником питьевого водоснабжения проводятся проектно-изыскательские работы по строительству подземного водозабора на базе Китойского месторождения. Предварительная стоимость строительства комплекса сооружений составляет 8,1 млрд. руб. в текущих ценах.

Решение проблемы водоснабжения для г. Усолье-Сибирское также возможно при переходе на альтернативный источник водоснабжения от Среднекитойского месторождения подземных вод. При этом, стоимость строительства подземного водозабора и водоводов составит 7,2 млрд. руб. в текущих ценах.

Таким образом, в ближайшие годы, без выполнения дорогостоящих мероприятий по реконструкции существующих водозаборов или их перевода на альтернативные источники водоснабжения, снижение допустимых минимальных расходов ИГЭС ниже 1300 м<sup>3</sup>/с не представляется возможным.

#### **2.1.5.2 Оценка социально-экономического ущерба в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при повышенных расходах**

Оценка социально-экономического ущерба проводилась для территорий нижнего бьефа, подверженных рискам затопления при повышенных расходах в диапазоне 2800–6000 м<sup>3</sup>/с.

При определении территорий, попадающих в зоны затопления, были использованы фактические данные космоснимков и данные Администрации г. Иркутска и других муниципалитетов в летне-осенние периоды 2020 и 2021 гг., в которые расход воды через ИГЭС составлял 2800, 3200 и 3600 м<sup>3</sup>/с. Для определения зон затопления при расходах через ИГЭС 4000–6000 м<sup>3</sup>/с использовались расчетные изолинии уровней реки Ангары, полученные на основе разработанных цифровых моделей рельефа и ГИС моделирования (разделы 2.2 и 2.3).



Для определения площадей и объектов, попадающих в зону затопления в нижнем бьефе, были выделены три участка: г. Иркутск, территория Иркутск – Ангарск, территория Ангарск – Свирск.

**1. Участок город Иркутск.** На Иркутск приходится основная часть возможных затоплений в нижнем бьефе при повышенных расходах ИГЭС (рис. 2.1.6 – синия линия соответствует расходу 4400 м<sup>3</sup>/с, красная – 6000 м<sup>3</sup>/с).

В Иркутске наиболее подверженным затоплению является участок территории в устье реки Иркут (рис. 2.1.7). На примере этого участка показаны этапы определения площадей, объектов жилой, социальной и промышленной застройки, дорог, и подземных коммуникаций, попадающих в зоны затопления. На рис. 2.1.7 эти объекты показаны разными цветами. При этом для каждого объекта определены адреса, координаты, назначения и вычислены площади, которые представлены в таблице 2.1.15. Более подробно зоны затопления приведены в Приложении ЕЗ.

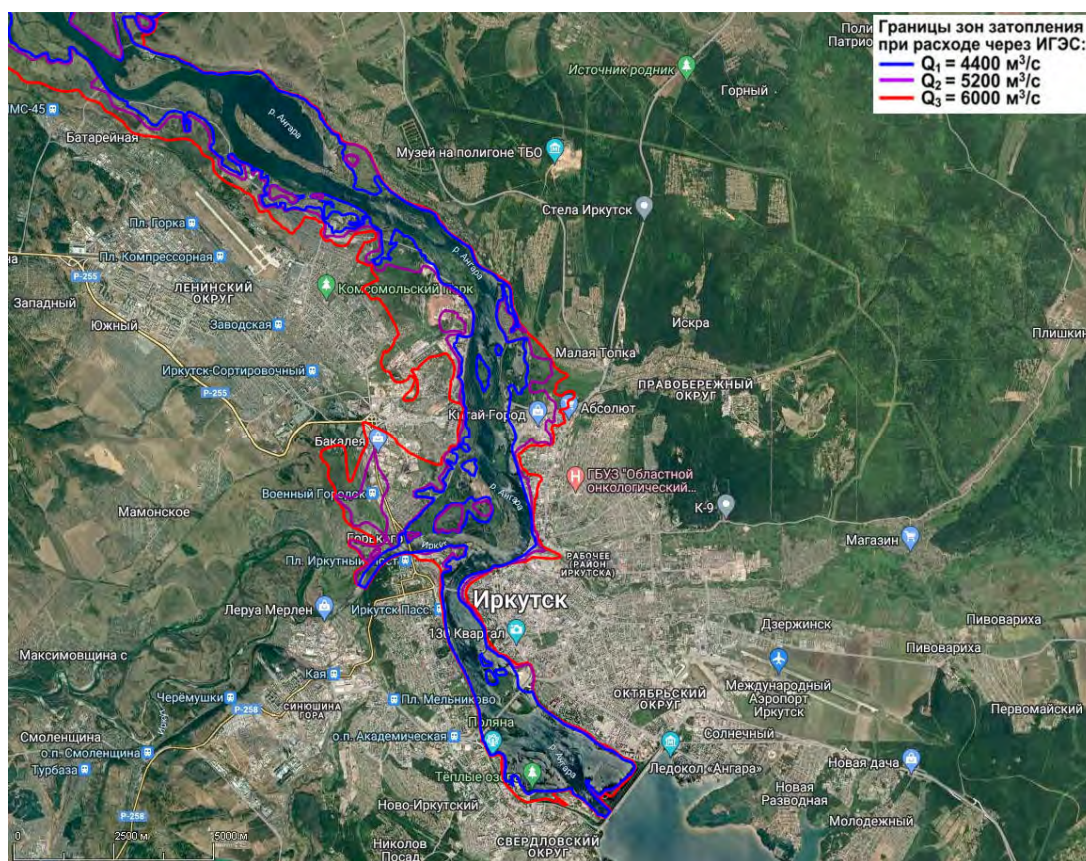


Рисунок 2.1.6 – Зоны затопления города Иркутска



Рисунок 2.1.7 – Границы затопления г. Иркутск в устье р. Иркут

Таблица 2.1.15 – Площади объектов затопления р-на устья р. Иркут (расход 6000 м<sup>3</sup>/с)

Объекты затопления	Площадь, м <sup>2</sup>
Жилые многоквартирные дома	1041,4
Частные дома	304,8
Административные здания	4775,2
Промышленные объекты	4038,6
Строящиеся здания	1501
Автомобильные дороги	3,97 км
Автостоянки	2336,8
Зеленые насаждения	23901,4
Промышленные территории	36474,4

Для определения протяженности инженерных сетей были использованы карты городских подземных коммуникаций (рис. 2.1.8). На основании этих карт были выделены линии электропередач, водопроводные сети, сети канализации, тепловые сети, и линии связи, попадающих в зону затопления и рассчитаны их длины (таблица 2.1.16).





Рисунок 2.1.8 – Определение параметров подземных коммуникаций, попадающих в зону затопления

Таблица 2.1.16 – Длины инженерных сетей, попадающих в зону затопления р-на устья р. Иркут при 6000 м<sup>3</sup>/с

Инженерные сети	Длина, км
Линии электропередач	5,834
Водопроводные сети	4,805
Сети канализации	0,993
Тепловые сети	3,569
Линии связи	1,105

По аналогии с рассматриваемым участком (устье р. Иркут) были проведены расчеты по всем другим территориям города Иркутска. На основании рассчитанных площадей объектов и протяженности инженерных коммуникаций, попадающих в зоны затопления, при пропуске расходов через ИГЭС 2800, 3200, 3600, 4000, 4400, 4800, 5200, 5600, 6000 м<sup>3</sup>/с были определены ущербы по «Методике оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий» ВИЭМС, 2006 г.

Результаты расчетов сведены в таблицы 2.1.17 и 2.1.18.

Таблица 2.1.17 – Расчет площадей затопления объектов г. Иркутска

Площади затопления	6000 м <sup>3</sup> /с	5600 м <sup>3</sup> /с	5200 м <sup>3</sup> /с	4800 м <sup>3</sup> /с	4400 м <sup>3</sup> /с	4000 м <sup>3</sup> /с	3600 м <sup>3</sup> /с	3200 м <sup>3</sup> /с	2800 м <sup>3</sup> /с
Земельные ресурсы*, м <sup>2</sup>	11 603 504	8 122 453	5 685 717	3 980 002	1 990 001	995 001	398 000	79 600	39 800
Объекты связи, км	19,415	6,2	5,3	4,9	4,4	3,3	2,2	0,6	0,6
Объекты энергетики (ЛЭП), км	138,212	47,5	40,7	38	33,9	25	16	4,8	0,5
Жилые здания и домохозяйства, м <sup>2</sup>	2 660 063	1 719 032	1 473 455	1 000 370	749 097	30 734	5 588	1 676	
Административные здания, м <sup>2</sup>	203 200	121 920	101 600	60 960	16 256				
Производственные объекты**									
Инженерные сети и сооружения (без очистных сооружений в комплекте), км.	152,0	38,9	33,2	31,0	27,7	20,8	13,8	4,1	0,4
Предприятия торговли, м <sup>2</sup>	137 447	85 445	73 012	73 012	73 012				
Автомобильные дороги, км	145	102	87	58	30				
Железные дороги, км	35	26	17	10	4				
Прочие***, м <sup>2</sup>	360 367	144 855	31 042	8 554	4 056				

\* - к земельным ресурсам относятся земли населенных пунктов, сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, промышленности, рассчитанные по кадастровой стоимости.

\*\* - объекты находятся в процессе уточнения, предварительные площади составляют: 490 841; 110 571; 94 775; 88 457; 78 979 и 31 592 при расходах от 6000 до 4000 м<sup>3</sup>/с соответственно.

\*\*\* - к прочим относятся автостоянки, школы, детские сады и т.п.

Таблица 2.1.18 – Расчет потенциального ущерба от затопления объектов г. Иркутска

Ущерб	6000 м <sup>3</sup> /с	5600 м <sup>3</sup> /с	5200 м <sup>3</sup> /с	4800 м <sup>3</sup> /с	4400 м <sup>3</sup> /с	4000 м <sup>3</sup> /с	3600 м <sup>3</sup> /с	3200 м <sup>3</sup> /с	2800 м <sup>3</sup> /с
Земельные ресурсы	20 552	14 386	10 071	7 049	3 525	1 762	705	141	70
Объекты связи	13 325	4 255	3 638	3 363	3 020	2 265	1 510	412	412
Объекты энергетики (ЛЭП)	166 006	57 036	48 888	45 629	40 740	30 033	19 326	5 798	580
Жилые здания и домохозяйства	10 856 903	3 781 099	3 240 936	2 683 699	2 258 734	895 289	162 780	48 834	
Административные здания	3 835 268	2 301 161	1 917 634	1 150 580	306 821				
Производственные здания*									
Инженерные сети и сооружения	298 803	76 367	65 145	60 901	54 438	40 531	26 657	7 992	812,169
Предприятия торговли	4 323 705	2 687 865	2 296 757	2 296 757	2 296 757				
Автодороги	2 156 252	1 509 376	1 293 751	862 501	440 158				
Железные дороги	177 596	131 481	87 431	52 994	18 557				
Прочие	660 942	254 865	104 402	81 251	76 621	660 942			
<b>Итого (без земельных ресурсов), тыс. руб.</b>	<b>22 488 800</b>	<b>10 672 024</b>	<b>9 058 582</b>	<b>7 237 675</b>	<b>5 495 847</b>	<b>969 880</b>	<b>210 273</b>	<b>63 037</b>	<b>1 804</b>

\*- объекты находятся в стадии уточнения, поэтому в суммарные показатели не включены, предварительные максимальные значения ущерба при расходах 6000 – 4000 м<sup>3</sup>/с составляют 13 475 352; 3 035 561; 2 601 909; 2 428 449; 2 168 258; 867 303 тыс. руб.

Наиболее важные объекты, попадающие в зону затопления на участке 1:

При расходе 4400 м<sup>3</sup>/с – 3 ВУЗа, Поликлиника. При расходе 5200 м<sup>3</sup>/с к ним добавляется: рынок Китай-город, один из корпусов ИГУ на набережной, 18 жилых домов на Верхней набережной и улицы Сурнова, район Жилкино, СНТ Ангара. При расходе 6000 м<sup>3</sup>/с к перечисленным объектам добавляются торговые комплексы Леруа Мерлен и Яркомол.

**2. Участок Иркутск-Ангарск.** На рис. 2.1.9 показаны зоны затопления населенных пунктов и территории от города Иркутска до города Ангарска включительно.

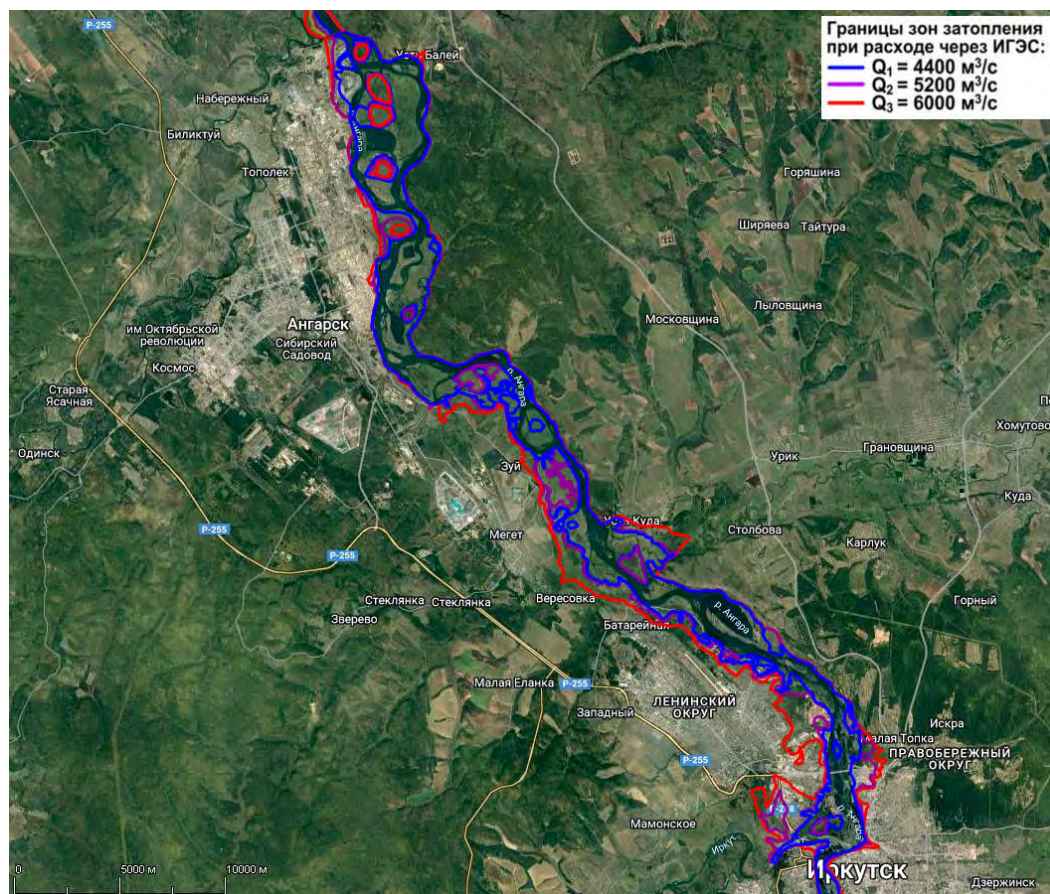


Рисунок 2.1.9 – Зоны затопления территории участка Иркутск-Ангарск

По данному участку потенциальные ущербы по объектам были также определены по методике ВИЭМС, а земельные ресурсы (земли поселений, населенных пунктов, сельскохозяйственного назначения) рассчитаны по кадастровой стоимости.

Результаты сведены в таблицы 2.1.19 и 2.1.20.

Таблица 2.1.19 – Расчет площадей затопления объектов участка Иркутск-Ангарск

Площади затопления	6000 м <sup>3</sup> /с	5600 м <sup>3</sup> /с	5200 м <sup>3</sup> /с	4800 м <sup>3</sup> /с	4400 м <sup>3</sup> /с	4000 м <sup>3</sup> /с	3600 м <sup>3</sup> /с	3200 м <sup>3</sup> /с	2800 м <sup>3</sup> /с
Земельные ресурсы*, м <sup>2</sup>	31 822 272	22 275 590	16 030 371	11 366 265	6 155 669	2 434 641	251 125	50 244	25 113
Жилые здания и домохозяйства, м <sup>2</sup>	480 061	339 026	247 298	172 352	92 945	36 766			
Административные здания, м <sup>2</sup>	536								
Автомобильные дороги, км	21	17	15	11	6	2			
Прочие**, м <sup>2</sup>	0,3								

\* - к земельным ресурсам относятся земли населенных пунктов, земли сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, промышленности, рассчитанные по кадастровой стоимости.

\*\* - к прочим относятся кладбище, насосная станция, мед. пункт и т.п. (данные уточняются)

Таблица 2.1.20 – Расчет потенциального ущерба от затопления объектов и территории участка Иркутск-Ангарск

Ущерб, тыс. руб.	6000 м <sup>3</sup> /с	5600 м <sup>3</sup> /с	5200 м <sup>3</sup> /с	4800 м <sup>3</sup> /с	4400 м <sup>3</sup> /с	4000 м <sup>3</sup> /с	3600 м <sup>3</sup> /с	3200 м <sup>3</sup> /с	2800 м <sup>3</sup> /с
Земельные ресурсы	300 631	210 442	178 939	119 614	88 598	58 272	7 993	1 599	799
Жилые здания и домохозяйства	1 130 766	812 011	698 179	472 391	338 355	19 006			
Административные здания	10 117								
Автомобильные дороги	31 228	25 280	22 306	16 358	8 922	2 974			
Прочие	11 439	11 382	11 353	11 296	11 153				
<b>Итого (без земельных ресурсов), тыс. руб.</b>	<b>1 183 550</b>	<b>848 673</b>	<b>731 838</b>	<b>500 045</b>	<b>358 430</b>	<b>21 980</b>			



Наиболее значимые объекты, попадающие в зону затопления на участке 2, при расходе  $6000 \text{ м}^3/\text{с}$ : водозабор ТЭЦ-10, насосная станция, кладбище, земли под канализационными очистными сооружениями.

**3. Участок Ангарск-Свирск.** На рис. 2.1.10 показаны зоны затопления населенных пунктов и территории от города Ангарска до города Свирска.

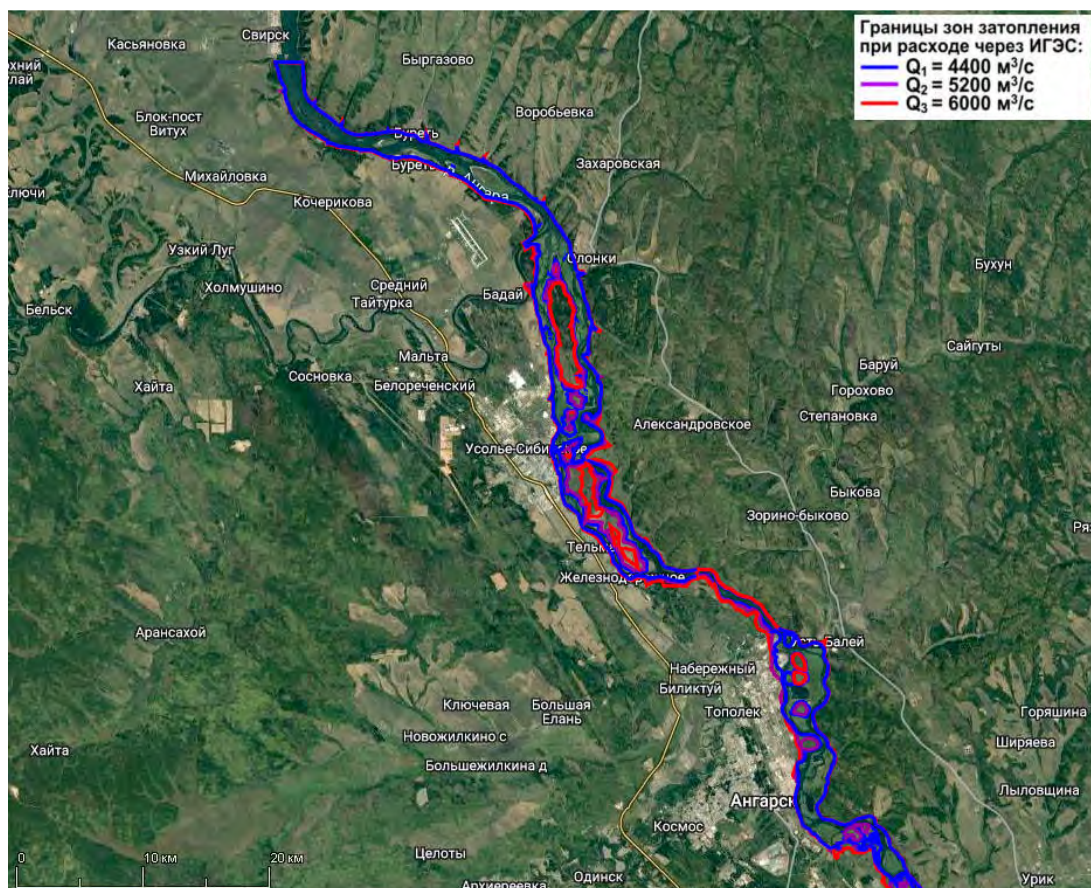


Рисунок 2.1.10 – Зоны затопления территории участка Ангарск-Свирск

По данному участку вероятностные ущербы по объектам были также определены по методике ВИЭМС, а земельные ресурсы (земли поселений, населенных пунктов, сельскохозяйственного назначения) рассчитаны по кадастровой стоимости.

Результаты сведены в таблицы 2.1.21 и 2.1.22.

Итоговые результаты расчетов площадей затопления и потенциальных ущербов в нижнем бьефе приведены в таблицах 2.1.23 и 2.1.24.



Таблица 2.1.21 – Расчет площадей затопления объектов участка Ангарск-Свирск

Площади затопления	6000 м <sup>3</sup> /с	5600 м <sup>3</sup> /с	5200 м <sup>3</sup> /с	4800 м <sup>3</sup> /с	4400 м <sup>3</sup> /с	4000 м <sup>3</sup> /с	3600 м <sup>3</sup> /с	3200 м <sup>3</sup> /с	2800 м <sup>3</sup> /с
Земельные ресурсы*, м <sup>2</sup>	46 641 529	32 813 633	25 140 424	17 531 415	10 905 499	6 376 214	3 965 520	1 170 543	687 372
Жилые здания и домохозяйства, м <sup>2</sup>	1 130 400	791 280	556 978	390 533	197 857	95 043	1 166	583	
Административные здания, м <sup>2</sup>	335								
Производственные объекты**	2561	1554	1554	1017	1017	1017			
Промышленные здания (ремонтное предприятие), м <sup>2</sup>	1 834	1 605	1 605	1 605	1 605	200			
Инженерные сети и сооружения, шт.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Предприятия торговли, м <sup>2</sup>	2 498	2 338	2 338	2 338	2 338				
Автодороги, км	19	14	11	8	5				
Прочие***, м <sup>2</sup>	36 744	8 775	6 737	3256	2767	437			

\* - к земельным ресурсам относятся земли населенных пунктов, сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, промышленности, рассчитанные по кадастровой стоимости.

\*\* - к производственным относятся склады, водонапорная башня, водозабор.

\*\*\* - к прочим относятся общежитие, детский сад и т.п.

Таблица 2.1.22 – Расчет потенциального ущерба от затопления объектов и территории участка Ангарск-Свирск

Ущерб, тыс. руб.	6000 м <sup>3</sup> /с	5600 м <sup>3</sup> /с	5200 м <sup>3</sup> /с	4800 м <sup>3</sup> /с	4400 м <sup>3</sup> /с	4000 м <sup>3</sup> /с	3600 м <sup>3</sup> /с	3200 м <sup>3</sup> /с	2800 м <sup>3</sup> /с
Земельные ресурсы	639 049	447 335	383 410	255 680	191 765	129 866	38 904	8 319	4 189
Жилые здания и домохозяйства	629 743	440 820	359 800	250 840	170 534	17 595	8 002	4 001	
Административные здания	6329								
Производственные объекты	21 347	21 325	21 325	13 960	13 960	13 960			
Промышленные здания	27 628	24 187	24 187	24 187	24 187	3 013			
Инженерные сети и сооружения	15 443	15 443	15 443	15 443	15 443	15 443	15 443	15 443	15 443
Предприятия торговли	78 567	73 534	73 534	73 534	73 534				
Автодороги	28 803	20 162	16 130	11 291	7 652				
Прочие	61 516	45 070	44 581	16 856	16 738	7 284			
<b>Итого (без земельных ресурсов), тыс. руб.</b>	<b>869 376</b>	<b>640 541</b>	<b>555 000</b>	<b>406 111</b>	<b>322 048</b>	<b>57 295</b>	<b>23 445</b>	<b>19 444</b>	<b>15 443</b>

Наиболее значимые объекты, попадающие в зону затопления в нижнем бьефе: при расходе 6000 м<sup>3</sup>/с: школа – 1, детский сад – 1, больница – 2, общежитие – 1, лодочная станция – 1, кладбище – 1, очистные сооружения – 2, пляж, водозабор, водонапорная башня, ремонтное предприятие, пристань, мед. пункт, склады, производственные здания, церковь, стоянка древних народов Уляха, водозабор (п. Железнодорожный), канализационная насосная станция, мясокомбинат, зоны отдыха, соляной завод, лодочная станция (Усолье-Сибирское), кладбище (Тельма), карьер, территории объекта рекреационного назначения (о. Нарым), водонапорная башня, школа (д. Буреть), зона рекреационного назначения.

При расходе 5600 м<sup>3</sup>/с: школа – 1, больница – 2, общежитие – 1, лодочная станция – 1, очистные сооружения, пляж, ремонтное предприятие, пристань, склады, производственные здания.

При расходах 5200–4800 м<sup>3</sup>/с: школа – 1, общежитие – 1, лодочная станция – 1, очистные сооружения, пляж, ремонтное предприятие, пристань, мед. пункт, склады, производственные здания.

При расходе 4400 м<sup>3</sup>/с: лодочная станция – 1, очистные сооружения, пляж, ремонтное предприятие, пристань, склады, производственные здания.

При расходе 4000 м<sup>3</sup>/с: лодочная станция – 1, очистные сооружения, ремонтное предприятие, пристань, склады, производственные здания.

При расходе 3600 м<sup>3</sup>/с: очистные сооружения.

При изменении расходов меняется структура ущербов. Например, наибольшую долю ущерба в нижнем бьефе для расходов 3200 м<sup>3</sup>/с (рис. 2.1.11) составляют инженерные сети (67%); для расходов 4400 м<sup>3</sup>/с (рис. 2.1.12) – объекты транспорта (53%) и иные объекты (37%).

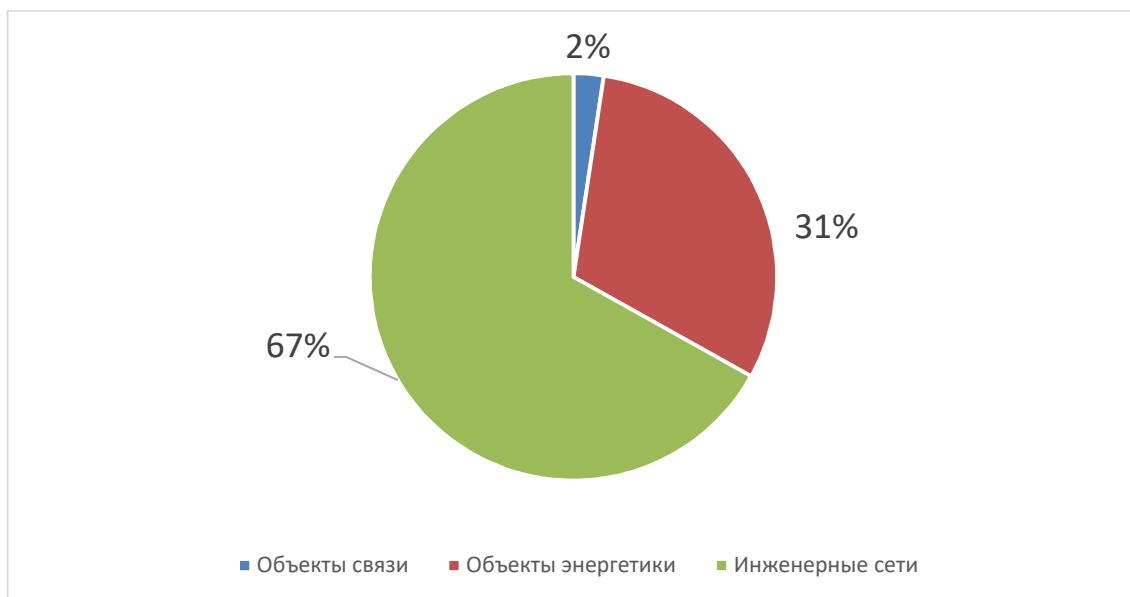


Рисунок 2.1.11 – Структура ущерба хозяйственным объектам в нижнем бьефе при расходах Иркутской ГЭС 3200 м<sup>3</sup>/с

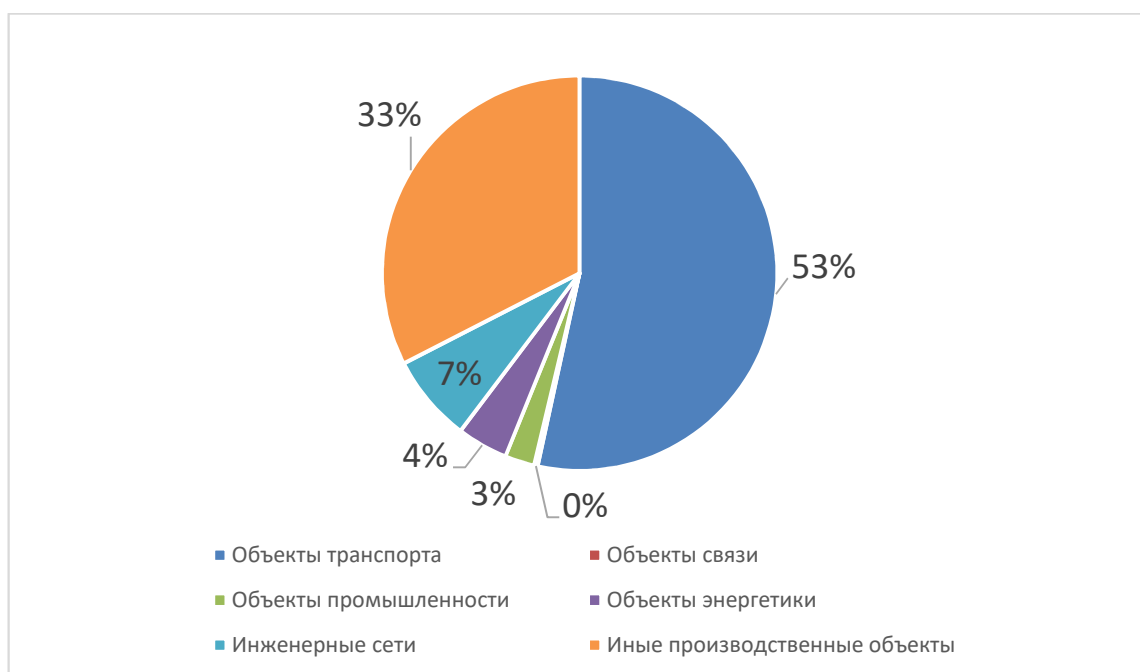


Рисунок 2.1.12 – Структура ущерба хозяйственным объектам в нижнем бьефе при расходах Иркутской ГЭС 4400 м<sup>3</sup>/с

Общее число объектов нижнего бьефа в Иркутской области, попадающих в зону затопления, составляет 9582 ед., в том числе: г. Иркутск – 8321 ед., Иркутский район – 88 ед., г. Ангарск – 674 ед., Ангарский район – 5 ед., г. Усолье-Сибирское – 142 ед., Усольский район – 269 ед., г. Свирск – 9 ед., Боханский район – 74 ед.

Таблица 2.1.23 – Расчет площадей затопления объектов и территорий нижнего бьефа ИГЭС в целом

<b>Площади затопления</b>	<b>6000 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>5600 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>5200 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>4800 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>4400 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>4000 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>3600 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>3200 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>2800 м<sup>3</sup>/с</b>
Земельные ресурсы, м <sup>2</sup>	90 067 305	63 211 676	46 856 512	32 877 682	19 051 169	9 805 856	4 614 645	1 300 387	752 285
Объекты связи, км	19,415	6,2	5,3	4,9	4,4	3,3	2,2	0,6	0,6
Объекты энергетики (ЛЭП), км	138,212	47,5	40,7	38	33,9	25	16,09	4,827	0,4827
Жилые здания и домохозяйства, м <sup>2</sup>	4 270 524	2 849 338	2 277 731	1 563 255	1 039 899	162 543	6 754	2 259	0
Административные здания, м <sup>2</sup>	204 071	121 920	101 600	60 960	16 256				
Производственные объекты, м <sup>2</sup>	2561	1554	1554	1017	1017	1017			
Инженерные сети и сооружения (без очистных сооружений в комплекте), км	152,0	38,9	33,2	31,0	27,7	20,8	13,8	4,1	0,4
Очистные сооружения в комплекте, ед.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Предприятия торговли, м <sup>2</sup>	139 945	87 783	75 350	75 350	75 350				
Автодороги, км	185	133	113	77	41	2			
Железные дороги, км	35	26	17	10	4				
Промышленные здания, м <sup>2</sup>	1834	1605	1605	1605	1605	200			
Прочие, м <sup>2</sup>	398 552	154 833	38 863	12 655	7 073	804			

Таблица 2.1.24 – Расчет потенциального ущерба от затопления объектов и территорий нижнего бьефа ИГЭС в целом

<b>Ущерб, тыс. руб.</b>	<b>6000 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>5600 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>5200 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>4800 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>4400 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>4000 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>3600 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>3200 м<sup>3</sup>/с</b>	<b>2800 м<sup>3</sup>/с</b>
Земельные ресурсы	960 232	672 163	572 420	382 343	283 888	189 900	47 602	10 059	5 058
Объекты связи	13 325	4 255	3 638	3 363	3 020	2 265	1 510	412	412
Объекты энергетики (ЛЭП)	166 006	57 036	48 888	45 629	40 740	30 033	19 326	5 798	580
Жилые здания и домохозяйства	12 617 412	5 033 930	4 298 915	3 406 930	2 767 623	931 890	170 782	52 835	
Административные здания	3 851 714	2 301 161	1 917 634	1 150 580	306 821				
Производственные объекты	21 347	21 325	21 325	13 960	13 960	13 960			
Инженерные сети и сооружения, включая очистные сооружения в комплексе	314 246	91 810	80 588	76 344	69 881	55 974	42 100	23 435	16 255
Предприятия торговли	4 402 272	2 761 399	2 370 291	2 370 291	2 370 291				
Автодороги	2 216 283	1 554 818	1 332 187	890 150	456 732	2 974			
Железные дороги	177 596	131 481	87 431	52 994	18 557				
Промышленные здания	27 628	24 187	24 187	24 187	24 187	3 013			
Прочие	733 897	311 317	160 336	109 403	104 512	668 226			
<b>Итого (без земельных ресурсов), тыс. руб. в год</b>	<b>24 541 726</b>	<b>12 161 238</b>	<b>10 345 420</b>	<b>8 143 830</b>	<b>6 176 325</b>	<b>1 708 335</b>	<b>233 718</b>	<b>82 481</b>	<b>17 247</b>

## **Выводы**

При пропуске расходов воды через ИГЭС в объеме менее 1300 м<sup>3</sup>/с возможна остановка работы водозаборов, что приведет к значительным экономическим и социальным ущербам (34 млрд. руб. в месяц). Снижение допустимых минимальных расходов ИГЭС ниже 1300 м<sup>3</sup>/с возможно только после выполнения мероприятий по реконструкции существующих водозаборов или их перевода на альтернативные источники водоснабжения.

При пропуске повышенных расходов воды через ИГЭС в объеме 2800–6000 м<sup>3</sup>/с возникают риски затопления территорий нижнего бьефа. Наиболее подвержена затоплениям территория г. Иркутска, особенно зона устья р. Иркут. Максимальные потенциальные экономические ущербы возможны при расходах от 4000 м<sup>3</sup>/с и выше (1,7–24,5 млрд. руб. в год).

### **2.1.6 Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов, включая все категории земель**

Затопления, подтопления прибрежных территорий озера Байкал, как и нижнего бьефа Иркутской ГЭС, вносит свои экологические и социально-экономические ограничения. В первую очередь, наступают существенные ограничения прав на земельный участок, вследствие которого правообладатель лишается возможности вести хозяйственную деятельность в соответствии с разрешенным использованием земельного участка, приносящую доход от его использования. На потенциально затопляемых территориях в принципе не могут располагаться объекты строительства. Происходит изъятие земельного участка, что приводит к столкновению интересов собственников, владельцев, арендаторов (вмешательство в частную собственность), затрагивает интересы муниципальных образований и субъектов Российской Федерации. В то же время, значительная доля земельных участков, находящихся в зоне воздействия, не включена в кадастровый учет.

Методик стоимостной оценки потерь земельных ресурсов вследствие затопления (подтопления) в правомерном диапазоне регулирования водных объектов не существует. Единственным возможным вариантом может являться кадастровая стоимость земель, однако в целях настоящего исследования ее применение вызывает большие вопросы, в первую очередь связанные с отсутствием фактического изменения статуса временного затопления (подтопления), учитывая, что такие территории в соответствии с действующим законодательством имеют достаточно серьезные правовые ограничения для размещения объектов, в том числе домохозяйств. Кроме того, кадастровая стоимость

земель не может служить объективным мерилom реальной стоимости земельных участков, а практики формирования цены в результате торгов в регионе практически не существует. В связи с вышеизложенным, на данном этапе исследования стоимостная оценка ущерба затопления и подтопления земель не проводилась.

Иное отношение к стоимостной оценке земельных ресурсов в потенциальной зоне абразии, когда земельные ресурсы фактически утрачиваются. В настоящее время процессы абразии представляют существенную проблему в регионе, поскольку береговая линия разрушается достаточно быстро, что приводит к значительным потерям земельных ресурсов. По данным мониторинга скорость отступления береговой линии на абразионных участках оз. Байкал и Иркутского водохранилища составляет в среднем 1,5–2 м в год, а протяженность береговой линии, подверженной эрозии на территории Иркутской области составляет 326 км по оз. Байкал и 63 км по Иркутскому водохранилищу, исключая участки, оборудованные берегоукрепительными сооружениями. Общая протяженность берегов абразионного и абразионно-аккумулятивного типов в Республике Бурятия составила 350 км.

В ходе исследований на территории Республики Бурятия установлено, что наименьшая интенсивность абразионных процессов характерна для покрытых лесом районов побережья, где ширина прилегающего к береговому уступу аккумулятивного пляжа составляет 7–14 м, а сам уступ имеет незначительную высоту, в пределах 1–1,5 м над урезом воды. Ширина потенциальной зоны абразии в текущих природно-климатических условиях (уровень воды в пределах 456–457 м, уклоны поверхности 3–5°) колеблется здесь в пределах от 0,3 до 1,4 м.

Наибольшая интенсивность абразионных процессов характерна для не покрытых лесом участков побережья с высотой берегового уступа 3–4 м. Ширина прилегающей аккумулятивной части отмели здесь составляет также от 7 до 14 м. Ширина потенциальной зоны абразии в текущих природно-климатических условиях составляет 2,4 м.

Стоимостная оценка размера вреда в результате уничтожения (полного разрушения) плодородного слоя почвы выполнена, согласно Приказу Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238 «Об утверждении Методики исчисления вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» [2]. В данной Методике указаны формулы исчисления размера вреда почвам, которые могут быть применены для целей настоящего исследования: «Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате порчи почв при снятии и (или) перемещении плодородного слоя почвы»

$$УЩ_{сн} = S \times K_{исп} \times T_x \times K_{мпс}, \quad (2.1.1)$$

где  $S$  – площадь участка, на котором обнаружена порча почв при снятии и (или) перемещении плодородного слоя почвы (кв. м);

$Kисп$  для разных категорий земель на потенциально затопляемой территории принят: земли лесного фонда – 1,5; земли населенных пунктов – 1,3; земли особо охраняемых территорий и объектов – 2,0; земли сельскохозяйственного назначения – 1,3; земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики и др. – 1,0; аналогичное значение для земель с неустановленной категорией и земель водного фонда;

$Tx$  – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при порче почв определяется согласно Приложению 1 к настоящей Методике (руб./кв. м);

$Kмпс$  – показатель, учитывающий мощность плодородного слоя почвы, принят как средний арифметический для лесных и степных почв – 4,5.

Формула «Стоимостная оценка размера вреда в результате уничтожения (полного разрушения) плодородного слоя почвы»

$$УЩ_{уничт} = 25 \times S \times Kисп \times Tx \times Kмпс \quad (2.1.2)$$

отличается коэффициентом 25.

Предмет использования настоящей Методики не связан с оценкой ущерба от береговой абразии в рамках правомерной деятельности в результате регулирования озера Байкал, как и любого другого водного объекта. Кроме того, абразия берегов озера Байкал является естественным природным процессом, усугубляющимся его геологическим статусом, и проявляется вне зависимости от регулирования водного режима. По мнению экспертов, использующих Методику по прямому назначению, коэффициент 25 является повышающим как штрафная санкция за преднамеренное уничтожение почвы; и в данной трактовке в целях настоящего исследования должна применяться формула (2.1.2) Методики.

В то же время, универсальная всемирная ценность озера Байкал предопределяет применение максимально строгих требований в случае преднамеренного нарушения естественных экосистемных параметров: применительно к настоящему исследованию – динамики уровня озера Байкал. Настоящая работа показала, что отличия абразионных процессов с регулированием озера Байкал в сравнении с естественными природными процессами, требуют дополнительных научных обоснований. Требования для снижения береговой абразии при регулировании озера Байкал являются предметом исследований на 3 этапе работы в 2023 г.



Отсутствие в Методике конкретного указания применения повышающего коэффициента, а также вышеуказанные аргументы, обусловили оценку ущерба от абразионных процессов в двух вышеизложенных вариантах (таблица 2.1.25).

Таблица 2.1.25 – Площади земель в потенциальной зоне абразии, стоимостная оценка размера вреда в результате абразионных процессов

Диапазоны уровней озера Байкал, м ТО	Площади абразии, кв.м			Стоимостная оценка размера вреда в результате порчи почв при снятии и (или) перемещении плодородного слоя почвы			Стоимостная оценка размера вреда в результате уничтожения (полного разрушения) плодородного слоя почвы, тыс. руб.		
	Иркутская область	Республика Бурятия	Всего	Иркутская область	Республика Бурятия	Всего	Иркутская область	Республика Бурятия	Всего
457–457,1	181803,1	359405	541208,1	754013,6	1455590	2209604	18850340	36389756	55240096
457–457,2	190882	450878	641760	791667,4	1826056	2617723	19791685	45651398	65443083
457–457,3	198721,9	539944	738665,9	824183	2186773	3010956	20604575	54669330	75273905
457–457,4	206240,1	631417	837657,1	855363,7	2557239	3412603	21384093	63930971	85315064
457–457,5	213206	720483	933689	884254,3	2917956	3802210	22106358	72948904	95055262
457–457,6	220334	809549	1029883	913817,3	3278673	4192490	22845433	81966836	104812269
457–457,7	227734,9	857693	1085428	944512	3473657	4418169	23612800	86841416	110454216
457–457,85	242924,2	881765	1124690	1007508,6	3571148	4578657	25187715	89278706	114466421

При уровне озера Байкал 457,3 м ТО площадь абразионных участков составляет около 740 тыс. м<sup>2</sup>, и ущерб от абразионных процессов оценивается в 3–75 млрд. руб. в зависимости от применяемой формулы расчета. При уровне озера Байкал 457,5 м ТО площадь абразионных участков составляет около 934 тыс.м<sup>2</sup>, и ущерб от абразионных процессов оценивается в 3,8–95 млрд. руб. в зависимости от применяемой формулы расчета.

### 2.1.7 Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов

Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов осуществляется в соответствии с Постановлением Правительства № 1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам, вследствие нарушения лесного законодательства» [3].

Лесные насаждения, пострадавшие от береговой абразии, оцениваются по таксам при повреждении до степени прекращения роста; лесные насаждения, пострадавшие от затопления – по таксам при повреждении, не влекущем прекращения роста деревьев.

Оценка объемов недревесной продукции леса проводилась на основе Руководства по учету и оценке второстепенных лесных ресурсов и продуктов побочного лесопользования [24], Таксационным справочником по лесным ресурсам России (за исключением древесины) [25].

Для денежной оценки полученных объемов недревесной продукции использовалось Постановление Правительства РФ от 22 мая 2007 года №310 [4].

Натуральные и стоимостные показатели потерь лесных ресурсов представлены в таблице 2.1.26.

Таблица 2.1.26 – Натуральные и стоимостные показатели потерь лесных ресурсов

Диапазоны уровней, м ТО	Площади лесных ресурсов, га		Всего площадь лесов в потенциальной зоне затопления и абразии, га	Стоимостная оценка ущерба лесным ресурсам, тыс.руб.
	В зоне затопления	В зоне абразии		
457 – 457,1	151,19	20,79	171,98	63937,4254
457 – 457,2	166,787	31,37	198,157	89776,3038
457 – 457,3	182,196	33,74	215,936	93292,6075
457 – 457,4	198,447	36,23	234,677	96872,5797
457 – 457,5	215,883	38,69	254,573	100547,5644
457 – 457,6	272,005	41,16	313,165	108349,3605
457 – 457,7	287,076	43,67	330,746	111827,5788
457 – 457,85	310,33	48,26	358,59	117957,4

Лесные ресурсы в зоне затопления и абразии при уровне 457,3 м ТО расположены на площади 216 га, при 457,5 м ТО – 255 га. Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов оценивается при уровне 457,3 м ТО – 93 млн. руб., при уровне 457,5 м ТО – 100 млн. руб.

### **2.1.8 Стоимостная оценка потерь охотничье-промысловых ресурсов, редких видов растений и объектов, занесенных в Красную книгу**

Места обитания основной части населения приводных позвоночных животных в пониженных формах рельефа побережья, т.е. на наиболее уязвимых к колебаниям уровня воды участках побережья, обуславливают определенные потери (ущербы) животному миру. Многие виды птиц, а также полуводные млекопитающие и амфибии в качестве основного места размножения и кормления предпочитают непосредственно кромку воды в пределах (457,0–457,5 м). Но в то же время это наиболее часто затопляемая зона, вследствие чего происходит гибель кладок и потомства у значительной доли прибрежных обитателей. В случае гибели кладки в мае – начале июня, возможна повторная кладка у части населения птиц, но лишь при условиях, если имеются другие незатопленные участки, обеспеченность кормами, а сами птицы имеют время для размножения. В случае гибели кладок в конце июня и позднее, большинство птиц уже не успевает сделать компенсационные кладки, так как эти сроки уже выходят за рамки их сезонной гормональной цикличности. У млекопитающих повторное появление потомства также

зависит от возможности незначительного по расстоянию переселения и сохранения кормовой базы.

Расчет ущерба охотничье-промысловым видам проведен по Методике исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам вследствие нарушения законодательства РФ в области охраны окружающей среды и законодательства РФ в области охоты и сохранения охотничьих ресурсов [5]. Расчет ущерба объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области, осуществлен в соответствии с [7]. Для подверженной затоплению территории Иркутской области расчет ущерба, нанесенного охотничьим видам млекопитающих, водно-болотным угодьям, расположенным на разных участках побережья проведен при возможной элиминации 50% популяций околотовных животных (ондатра, водяная полевка) и при вероятности 50% затопления кладок охотничьих птиц (утиные, кулики). Оценка проведена для численности ондатры в 82–98 особей, водяной полевки – 54–66 особей и охотничьим видам птиц исходя из средней численности гнездящихся 42–54 пар утиных при среднем количестве в 12 яиц в одной кладке. Численность прочих видов охотничьих птиц принята в 20–40 особей при среднем количестве яиц – 4–8 шт. в одной кладке. Расчеты ущерба видам занесенным в Красную книгу Иркутской области выполнен исходя из численности огаря 100–120 особей при количестве 10 яиц в одной кладке, монгольской жабы при среднем количестве кладок 400 шт и среднем количестве икринок в одной кладке – 2300 шт.

Размер вреда вследствие прямого уничтожения конкретного вида охотничьих ресурсов, их незаконной добычи (отлова, отстрела), уничтожения по неосторожности исчисляется как произведение таксы для исчисления размера вреда, причиненного данному виду охотничьих ресурсов, согласно Приложению 1 к Методике, пересчетного коэффициента, указанного в Приложении 2 к Методике, и количества уничтоженных особей охотничьих ресурсов данного вида по формуле:

$$U = T \times K \times N,$$

где  $U$  – размер вреда, причиненного вследствие прямого уничтожения конкретного вида охотничьих ресурсов, их незаконной добычи (отлова, отстрела), уничтожения по неосторожности, руб.;  $T$  – такса для исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам, руб.;  $K$  – пересчетный коэффициент;  $N$  – количество особей уничтоженных охотничьих ресурсов.

Расчет проводился по коэффициенту 1 – уничтожение охотничьих ресурсов по неосторожности (кроме случаев осуществления охоты).

Общий ущерб охотничье-промысловым ресурсам для побережья оз. Байкал в Иркутской области при 50% вероятности затопления местообитаний составляет 2132,83 тыс. руб. (табл. 2.1.27).

Таблица 2.1.27 – Ущерб охотничье-промысловым видам животных на побережье оз. Байкал (при уровне 457,85 м ТО)

Район, местность, участок	Ущерб охотничье-промысловым ресурсам, руб.			
	Водяная полевка	Ондатра	Утиные и кулики	Общий ущерб
Слюдянский р-н, междуречье Похабиха–Култучная	3000	40000	300000	342950
Иркутский р-н, дельта реки Голоустная	2000	5000	180000	187000
Ольхонский р-н, участок МРС – мыс Шида	600	5000	171720	177320
Ольхонский р-н. Хужир – Нугайский залив – мыс Хадарта	1800	15000	432300	449100
Ольхонский р-н, МысХадарта – мыс Ото-Хушун	600	10000	289440	300040
Ольхонский р-н, острова пролива	–	–	554580	554580
Ольхонский р-н, о. Ольхон восточное побережье	–	–	299160	299160
Итого Иркутская область	8000	75000	2227200	2132830

Число видов околотовных животных, попадающих в зону влияния колебаний оз. Байкал и занесенных в Красную книгу Иркутской области, небольшое. Это связано со спецификой образа жизни и лимитирующими условиями обитания и размножения. Исчисление размера вреда при уничтожении, либо незаконном добывании объектов животного мира, проведено согласно Методике [7]. Согласно которой при уничтожении, либо незаконном добывании объектов животного мира исчисление размера вреда производится по формуле:

$$B_{ожм} = N \times НС \times K_{Ит},$$

где:  $B_{ожм}$  – размер вреда, причиненного объектам животного мира, руб.;  $N$  – количество особей (экземпляров) одного вида, уничтоженных либо незаконно добытых, включая отдельные яйца птиц и рептилий, экз.;  $НС$  – норматив стоимости объекта животного мира данного вида, определенный в соответствии с приложениями 1 и 2 к настоящей Методике, руб./экз.;  $K_{Ит}$  – показатель, учитывающий инфляцию, безразмерный.

В Красную книгу Иркутской области внесены зимородок, огарь и монгольская жаба, для которых размер ущерба рассчитан для условий 50 % затопления кладок. В итоге общий размер вреда объектам животного мира побережья оз. Байкал составляет 48557,6 тыс.руб. (табл. 2.1.28).

Таблица 2.1.28 – Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области\*

Район, местность, участок	Ущерб редким видам, руб.			
	Огарь	Зимородок	Монгольская жаба	Общий ущерб
Слюдянский р-н, междуречье Похабиха–Култучная	62400	24960	–	87360
Иркутский р-н, дельта реки Голоустная	62400	–	–	–
Ольхонский р-н, участок МРС – мыс Шида	93600	–	17940000	18033600
Ольхонский р-н, Хужир – Нугайский залив – мыс Хадарта	124800	–	15548000	15672800
Ольхонский р-н, мыс Хадарта – мыс Ото-Хушун	93600	–	–	93600
Ольхонский р-н, острова пролива.	156000	–	–	156000
Ольхонский р-н. о. Ольхон восточное побережье	156000	–	14352000	14508000
Ольхонский район				48551360
Иркутский район				62400
Общий				48557600

Примечание: \* – значком «→» отмечены районы, где данный вид встречается редко и не размножается

Расчеты потенциальных экономических ущербов для прибрежной территории выполнены по данным ГИС-моделирования уровней затопления с нарастанием через 0,1 м в диапазоне 457,0–457,9 м ТО. В таблице 2.1.29 представлены показатели стоимостной оценки ущерба охотничье-промысловым животным Иркутской области, в таблице 2.1.30 – ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области.

По Республике Бурятия данные о численности охотничьих ресурсов предоставлены Бурприроднадзором, который осуществляет контроль за промысловыми животными на закрепленных территориях, а также на общедоступных охотничьих угодьях (таблица 1.5.6 в разделе 1.5.3).

Таблица 2.1.29 – Ущерб охотничье-промысловым животным Иркутской области

Уровни, м	Слюдянский район		Иркутский район		Ольхонский район		Всего	
	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.
457,0-457,1	69402,76	279,95	1219658,77	145,15	1599995,30	1564,29	2889056,83	1989,39
457,0-457,2	75994,11	301,22	1366219,22	159,10	1704989,97	1629,45	3147203,30	2089,77
457,0-457,3	81294,48	314,90	1496556,87	169,03	1805613,81	1678,67	3383465,17	2162,60
457,0-457,4	86337,57	325,48	1608805,68	175,98	1903576,15	1715,56	3598719,39	2217,02
457,0-457,5	91069,98	333,12	1701484,63	180,39	1998372,95	1742,15	3790927,56	2255,66
457,0-457,6	95081,77	337,65	1800625,80	183,69	2088560,74	1759,66	3984268,31	2281,00
457,0-457,7	98815,41	340,66	1886510,75	185,74	2176464,97	1771,51	4161791,12	2297,91
457,0-457,8	105834,38	342,95	2013632,51	187,00	2341060,74	1780,20	4460527,62	2310,15

Таблица 2.1.30 – Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области

Уровни, м	Слюдянский район		Иркутский район		Ольхонский район		Всего	
	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.	Площадь, кв. м	Ущерб, тыс. руб.
457,0-457,1	69402,76	71,31	1219658,77	48,44	1599995,30	39984,96	2889056,83	40104,71
457,0-457,2	75994,11	76,73	1366219,22	53,09	1704989,97	42684,27	3147203,30	42814,09
457,0-457,3	81294,48	80,22	1496556,87	56,40	1805613,81	44698,64	3383465,17	44835,26
457,0-457,4	86337,57	82,91	1608805,68	58,72	1903576,15	46124,71	3598719,39	46266,34
457,0-457,5	91069,98	84,85	1701484,63	60,19	1998372,95	47100,53	3790927,56	47245,58
457,0-457,6	95081,77	86,01	1800625,80	61,30	2088560,74	47732,57	3984268,31	47879,87
457,0-457,7	98815,41	86,78	1886510,75	61,98	2176464,97	48160,85	4161791,12	48309,60
457,0-457,8	105834,38	87,36	2013632,51	62,40	2341060,74	48464,00	4460527,62	48613,76

В Республике Бурятия в зоне затопления произрастают редкие виды растений. Ущерб редким видам растений, занесенных в Красную книгу Республики Бурятия, при высоких уровнях воды оз. Байкал (в пределах административных границ Республики Бурятия) представлены в таблице 2.1.31. Расчет ущерба объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия проводили на основе Приказа Министерства природных ресурсов Республики Бурятия от 30 ноября 2020 г. № 480-ПР «Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования» [26].

Согласно таксам для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования, утвержденным настоящим приказом, ущерб для одного экземпляра побега или розетки травянистого покрытосеменного (цветкового), папоротниковидного или плауновидного растения независимо от его размера оценивается в 300 руб. При этом, за уничтожение, добывание, сбор объектов растительного мира, а также за уничтожение мест их произрастания (местообитаний) в центральной экологической зоне Байкальской природной территории размер вреда исчисляется по настоящим таксам, увеличенным вдвое.

Таблица 2.1.31 – Ущерб редким видам растений в зоне затопления Республики Бурятия

Уровень оз. Байкал, м	Ущерб по редким видам растений, тыс. руб.*				Общий ущерб**, тыс. руб.
	Черепоплодник почтишерстистый ( <i>Craniospermum subvillosum</i> )	Луговик Турчанинова ( <i>Deschampsia turczaninowii</i> )	Верблюдка курчавокрылая ( <i>Corispermum ulopterum</i> )	Астрагал шелковисто-седой ( <i>Astragalus sericeocanus</i> )	
457,1	0	223,8	0	0	223,8
457,2	49,8	0	0	0	273,6
457,3	14,4	0	0	0	288,0
457,4	18,0	0	0	0	306,0
457,5	45,6	0	0	0	351,6
457,6	161,4	0	0	0	513,0
457,7	192,6	0	12,6	0	718,2
457,85	2360,4	0	5,4	14,4	3098,4

\*размер таксы составляет 300 руб. В ЦЭЗ БПТ размер вреда исчисляется по таксам, увеличенным вдвое [37]

\*\*нарастающим итогом

Оценка ущерба охотничье-промысловым животным, редким видам растений и объектам животного мира, занесенным в Красную книгу, представлена в таблице 2.1.32.

Таблица 2.1.32 – Оценка ущерба охотничье-промысловым ресурсам, животным, редким видам растений и объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области и Республики Бурятия (тыс. руб.)

Уровень оз. Байкал, м ТО	Ущерб охотничье-промысловым животным	Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области	Ущерб редким видам растений, занесенным в Красную Книгу Республики Бурятия	Ущерб охотничье-промысловым ресурсам и объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия*
457,0-457,1	18676,09	40104,71	223,8	51047,82
457,0-457,2	33357,27	42814,09	273,6	85138,02
457,0-457,3	46036,7	44835,26	288,0	114705,42
457,0-457,4	57200,82	46266,34	306,0	140874,12
457,0-457,5	66892,66	47245,58	351,6	163706,52
457,0-457,6	75298	47879,87	513,0	183616,32
457,0-457,7	82703,21	48309,60	718,2	201224,22
457,0-457,8	92109,05	48613,76	3098,4	223781,22

\*нарастающим итогом. Размер таксы для охотничье-промысловых видов составляет: ондатра – 500 руб., утки – 600 руб. Размер таксы для объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации: чеграва – 10000 руб.

### 2.1.9 Стоимостная оценка потерь рыбных ресурсов

Стоимостная оценка потерь рыбных ресурсов осуществлялась в соответствии с «Методикой определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния» (далее – Методика), утвержденной приказом Федерального агентства по рыболовству от 6 мая 2020 г. № 238 [6]. На базе исследований, представленных в разделе 1.3, оценивалось негативное воздействие сезонного изменения уровня режима озера Байкал на кормовую базу (зоопланктон) байкальского омуля в прибрежно-соровой зоне и воздействие сезонного изменения уровня режима озера Байкал на состояние популяции бычка желтокрылки как кормовой базы омуля.

Для расчета ущерба, наносимого в результате потери кормовой базы в виде планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля в Посольском соре, Истокско-Истоминском соре, заливе Провал и Ангарском соре в этой связи применяли формулу в соответствии с пунктом 26 Методики, так как гипотетически при снижении уровня уменьшается объем воды, в котором могли получать развитие планктонные организмы, потребляемые личинкой омуля в момент её нахождения в данных районах оз. Байкал в мае-июне. Суммарные потери водных биологических ресурсов от потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля при снижении уровня воды до отметки 455,7 м в соответствии с расчетом составляет 8,64 кг, при снижении уровня воды до отметки 455,4 – 12,61 кг.

Суммарное количество личинок омуля, необходимое для компенсации предполагаемого ущерба водным биологическим ресурсам от потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля при снижении уровня воды до отметки 455,7 м составляет 18149 экз., при снижении уровня воды до отметки 455,4 – 26507 экз. Суммарные затраты на выпуск личинок омуля, необходимых для компенсации предполагаемого ущерба водным биологическим ресурсам от потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля при снижении уровня воды до отметки 455,7 м составляет 48 639,51 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 20689,94 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства); при снижении уровня воды до отметки 455,4 м – 71 039,95 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 30 218,49 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства).



Следует отметить, что для комплексной оценки затрат более обоснованным является использование показателя себестоимости, а также включение приведенных к годовому исчислению капитальных вложений на реконструкцию и расширение мощностей рыбоводных предприятий. Указанные мероприятия включены в Федеральный проект «Сохранение озера Байкал», и могут быть включены в соответствующие оценки в рамках исполнения 3 этапа НИР.

Воздействие сезонного изменения уровня режима озера Байкал на состояние популяции бычка желтокрылки как наиболее уязвимого вида используется для оценки влияния изменений уровня озера Байкал. Желтокрылая широколобка, наряду с голомянками, омулем и длиннокрылкой является одним из наиболее многочисленных видов рыб оз. Байкал и важным компонентом трофической структуры прибрежно-склоновой области. Наиболее уязвима, как по влиянию естественных факторов, так и вызванных хозяйственной деятельностью, майская популяция, размножающаяся в верхней части литорали на глубинах до 1,5 м.

В современный период основными факторами, влияющими на эффективность процесса размножения желтокрылки, являются температура воды и сезонный ход изменения уровня режима озера.

В связи с размножением майской популяции желтокрылки в весенний период (период минимальных значений уровня режима) негативное воздействие экстремально высоких и высоких значений уровня озера не отмечается. В экстремально маловодные и многоводные годы отклонение от принятого нормального диапазона 457–456 м может достигать 0,5–0,6 м. Оценка потерь осуществлялась в соответствии с п. 20 Методики: потери водных биоресурсов от утраты площадей нерестилищ (донных нерестилищ, нерестилищ на макрофитах и других субстратах) того или иного вида рыб.

В целях наглядности и возможности выражения ущерба при незначительных изменениях уровня расчеты проводились для колебания уровня воды с шагом в 0,1 м.

На основании имеющихся собственных научных данных средняя масса одной воспроизводимой особи желтокрылой широколобки в промысловом возврате составляет 0,0173 кг.

В связи с отсутствием официальных данных по величине промыслового возврата желтокрылой широколобки, она была принята равной 0,02%. Подобная величина промыслового возврата характерна для ряда мелких, непромысловых, коротко циклических видов приводящаяся в приказе [27].

Общие суммарные потери водных биологических ресурсов от утраты площадей нерестилищ желтокрылой широколобки составят при снижении уровня до 456 м – 68535,19 кг (68,54 т); до 455,7 м – 95228,93 кг (95,23 т); до 455,4 м – 108000,74 кг (108 т).

Для планирования восстановительных мероприятий, осуществляемых посредством искусственного воспроизводства, в нашем случае омуля, расчет осуществлялся по воспроизводству личинки омуля, так как основная часть компенсационного рыбоводства в бассейне Байкала ориентирована на выпуск личинки омуля основного промыслового вида, численность которого нуждается в восстановлении.

Расчет количества личинок омуля, необходимого для восстановления нарушаемого состояния водных биоресурсов посредством их искусственного воспроизводства, выполняется в соответствии с п. 35 Методики: количество личинок омуля, которое необходимо выпустить для компенсации вероятного ущерба при снижении уровня до 456 м – 143 981 495 экз.; при снижении до 455,7 м – 200 060 771 экз.; при снижении до 455,4 м – 226 892 308 экз.

Для стоимостного выражения оценки предполагаемого ущерба в результате снижения уровня Байкала на данном этапе исследований был взят за основу существующий расчет стоимости оказания услуг по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов ФГБУ «Главрыбвод» (Приложение Д7.). Стоимость оказания услуг по искусственному воспроизводству 1 экземпляра 2–3 дневной личинки омуля составляет 2,68 руб. при учете полных затрат на воспроизводство и 1,14 руб. при учете только себестоимости воспроизводства личинки омуля.

Суммарные затраты на мероприятия по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов в рамках компенсации ущерба составят при снижении уровня до 456 м – 385 870 406 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 164 138 904 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства); при снижении уровня до 455,7 м – 536 162 866 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 228 069 279 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства); при снижении до 455,4 м – 608 071 384 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 258 657 231 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства).

Натуральные и стоимостные показатели ущерба водным биоресурсам в соответствии с требованиями Технического задания по уровням озера Байкал (455,7; 455,54 м ТО) приведены в таблице 2.1.33. При этом, для оценки потерь водных биологических ресурсов расчеты по абсолютным значениям уровня озера Байкал не могут являться научно верными: для данного фактора основным критерием является динамика изменения уровня воды в озере Байкал в определенные периоды, критическая для каждого вида биоты.

Таблица 2.1.33 – Оценка ущерба водным биологическим ресурсам

Показатели	Уровни, м ГО	
	456,0-455,7	456,0-455,4
1. Потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля, шт.	18149	26507
2. Затраты на выпуск личинок омуля, необходимых для компенсации предполагаемого ущерба водным биологическим ресурсам от потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля, тыс.руб.		
2.1. с учетом накладных расходов на воспроизводство	49	71
2.2. при учете только себестоимости воспроизводства	21	30
3. суммарные потери водных биологических ресурсов от утраты площадей нерестилищ желтокрылой широколобки, т	95,23	108
4. Количество личинок омуля, которое необходимо выпустить для компенсации вероятного ущерба от утраты площадей нерестилищ желтокрылой широколобки, шт.	200 060 771	226 892 308
5. Суммарные затраты на мероприятия по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов в рамках компенсации ущерба от утраты площадей нерестилищ желтокрылой широколобки, тыс.руб.		
5.1. с учетом накладных расходов на воспроизводство	536 163	608 071
5.2. при учете только себестоимости воспроизводства	228 070	258 657
6. Общие суммарные потери водных биологических ресурсов от утраты площадей нерестилищ желтокрылой широколобки и от потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля, тыс. руб.		
6.1. с учетом накладных расходов на воспроизводство	536 212	608142
6.2. при учете только себестоимости воспроизводства	228 090	258 687

Общие суммарные затраты на мероприятия по искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов в рамках компенсации ущерба от потери нерестилищ желтокрылки и потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля, составят при снижении уровня до 456 м – 385 870 406 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 164 138 904 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства); при снижении уровня до 455,7 м – 536 211 506 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 228 089 969 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства); при снижении до 455,4 м – 608 142 424 руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство), 258 687 449 руб. (при учете только себестоимости воспроизводства).

### **2.1.10 Стоимостная оценка потерь от уничтожения уникальных памятников природы, археологических памятников**

Памятники природы, попадающие в зону затопления при изменении уровня озера Байкал, расположены в Иркутской области. Негативного воздействия на памятники природы, утвержденные в качестве таковых Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Республики Бурятия № 1-ПР от 10.01.2022 г. не установлено.

В прибрежной зоне озера Байкал в границах районов Иркутской области расположены объекты культурного наследия, представленные архитектурными и археологическими памятниками. Значительное количество памятников культурного наследия находится в составе объекта федерального значения «Комплекс Кругобайкальской железной дороги». Кроме этого, большое количество памятников археологического наследия расположено непосредственно в береговой зоне озера на территории Ольхонского района.

Исследования показали, что основная часть памятников, входящих в комплекс «КБЖД», расположена вне зоны потенциального влияния колебаний уровня оз. Байкал. Отдельные инженерные сооружения, находящиеся на участках возможного затопления, представлены каменными берегоукрепительными сооружениями, возведенными в XIX веке, не подвергались разрушению под действием колебаний уровня воды оз. Байкал за столь длительный период. В связи с этим, считаем целесообразным предположить, что амплитуда колебания уровня 455,45–457,85 м ТО не окажет разрушительного воздействия на данные сооружения.

Отрицательное влияние колебания уровня воды в оз. Байкал оказывают на памятники археологического наследия, представленные могильниками, стоянками и погребально-ритуальными комплексами (Ольхонский район). Стоимостная оценка ущерба, который может быть причинен объектам археологического наследия при повышении уровня воды, выполнена в границах территории объекта археологического наследия [28] на основании утвержденных государственных методик и правовых актов для археологических работ [29, 30]. Результаты показали, что возможный ущерб при повышении уровня озера и затоплении прибрежных территорий в Иркутской области составит при максимальной отметке 770 млн. руб. Наибольшее количество археологических объектов относится к Ольхонскому району – 95,6 % от общего показателя стоимостного ущерба (Приложения Г2, Д3). В таблице 2.1.34 приведены показатели по натуральной и стоимостной оценке ущерба археологическим памятникам в зоне затопления.

Таблица 2.1.34 – Показатели по натуральной и стоимостной оценке ущерба археологическим памятникам в зоне затопления

Диапазоны уровней, м ТО	Показатели по археологическим памятникам, расположенным в зоне затопления	
	Площади, тыс.м <sup>2</sup>	Стоимостная оценка ущерба, тыс.руб.
457 – 457,1	5690	79358,09
457 – 457,2	11494	160306,71
457 – 457,3	18582	259173,22
457 – 457,4	25220	351769,41
457 – 457,5	30887	430790,08
457 – 457,6	36301	506299,53
457 – 457,7	42357	590763,79
457 – 457,85	55250	770495,9

В таблице 2.1.35 представлены сводные покомпонентные стоимостные оценки потерь природных ресурсов и ущерба социально-экономическим факторам в результате повышения уровня озера Байкал выше отметки 457 м ТО.

Таблица 2.1.35 – Покомпонентная стоимостная оценка потерь природных ресурсов и социально-экономических ущербов

Диапазоны уровней, расходы Иркутской ГЭС	Покомпонентная стоимостная оценка потерь природных ресурсов и социально-экономических ущербов, тыс.руб.																				
	Социально-экономический ущерб при затоплении объектов													Стоимостная оценка размера		Стоимостная оценка ущерба лесным ресурсам	Ущерб охотничье-промысловым животным	Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области	Ущерб редким видам растений, занесенным в Красную Книгу Республики Бурятия	Показатели по археологическим памятникам, расположенным в зоне затопления	
	в том числе													Вариант 1	Вариант 2						
	Всего	Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам							Ущерб социальным объектам и домохозяйствам				Ущерб сельскому хозяйству	Стоимостная оценка размера вреда в результате порчи почв при снятии и (или) перемещении плодородного слоя почвы	Стоимостная оценка размера вреда в результате уничтожения (полного разрушения) плодородного слоя почвы						
В том числе							Всего	В том числе													
Объекты транспорта	Объекты связи	Объекты промышленности	Объекты энергетики	Инженерные сети	Берегозащитные сооружения	Иные производственные объекты		Жилые здания и домохозяйства	Предприятия питания, торговли	Иные объекты											
Диапазоны уровней, м ТО																					
457 – 457,1	376 832	289 662	30 263		7 631	155	2	251 611		87 031	61 257	10 000	15 775	139	2 209 604	55 240 096	63 937	18 676	40 105	224	79 358
457 – 457,2	981 458	300 069	37 900		8 622	1 913	23	251 611		681 235	655 460	10 000	15 775	154	2 617 723	65 443 083	89 776	33 357	42 814	274	160 307
457 – 457,3	1 039 296	300 827	38 646		8 622	1 913	35	251 611		738 299	655 473	10 000	72 826	170	3 010 956	75 273 905	93 293	46 037	44 835	288	259 173
457 – 457,4	1 089 863	302 628	39 392		8 622	1 913	1 090	251 611		787 049	656 370	10 000	120 679	186	3 412 603	85 315 064	96 873	57 201	46 266	306	351 769
457 – 457,5	2 634 854	757 915	208 764		284 906	7 380	1 099	255 766		1 876 737	1 744 010	12 048	120 679	202	3 802 210	95 055 262	100 548	66 893	47 246	352	430 790
457 – 457,6	2 930 673	758 718	209 261		284 906	7 380	1 109	255 766	296	2 171 736	1 761 870	12 048	397 819	219	4 192 490	104 812 269	108 349	75 298	47 880	513	506 300
457 – 457,7	2 950 039	759 557	209 896		284 906	7 380	1 115	255 766	493	2 190 247	1 780 381	12 048	397 819	235	4 418 169	110 454 216	111 828	82 703	48 310	718	590 764
457 – 457,85	3 227 326	856 206	265 141		313 921	8 377	1 326	255 766	11 675	2 370 782	1 957 725	15 239	397 819	338	4 578 657	114 466 421	117 957	92 109	48 614	3 098	770 496
Расходы Иркутской ГЭС, м³/с																					
2800	17 246	17 246		412		580	16 255														
3200	82 302	29 645		412		5 798	23 435			52 658	52 658										
3600	233 126	62 936		1 510		19 326	42 100			170 191	170 191										
4000	1 083 168	154 532	49 292	2 265	16 974	30 027	55 974			928 636	928 636										
4400	6 206 397	976 789	521 608	3 020	23 566	40 740	69 881		317 974	5 229 608	2 761 702	2 370 298	97 608								
4800	8 179 802	2 314 690	989 461	3 363	38 148	45 642	76 344		1 161 732	5 865 112	3 392 669	2 370 298	102 145								
5200	10 378 130	3 572 822	1 465 936	3 638	44 991	48 885	80 588		1 928 785	6 805 308	4 283 631	2 370 298	151 379								
5600	12 389 932	4 243 039	1 732 618	4 255	44 991	57 052	91 809		2 312 314	8 146 892	5 016 100	2 761 396	369 396								
6000	24 007 574	6 845 611	2 440 197	13 325	48 953	166 006	314 246		3 862 885	17 161 963	11 985 614	4 402 271	774 078								

## **Выводы**

1. В действующем правовом поле отсутствуют Методики по оценке влияния регулирования уровня водного объекта на природные, экологические и социально-экономические факторы. Используемые при стоимостной оценке потерь и ущербов методики при нарушении законодательства применялись в настоящей работе частично, с учетом гарантий получения сравнительных результатов (сравнение стоимостной оценки при различных уровнях затопления/осушения) и их применения для реализации цели формирования режимов регулирования уровня воды в озере Байкал, в условиях минимизации негативного влияния на состояние экосистемы озера и ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории. При этом, было обеспечено единство подходов, методик и показателей для каждого фактора.

2. В настоящем исследовании ущербы и потери не рассматриваются как следствие чрезвычайной ситуации, так как режимы регулирования не выходят за проектные границы: то есть, негативное воздействие уровня режима оценивается в условиях правомерной деятельности. При этом под потерями понимались натуральные показатели экологического вреда, а под ущербами стоимостные показатели затрат, необходимые для его возмещения.

3. Для целей настоящего исследования авторы на текущем этапе НИР формировали годовые экономические оценки для конкретных уровней озера Байкал и режимов сброса Иркутской ГЭС, установленных в техническом задании на научное исследование. Данный подход обоснован тем, что показатели водности и изменение уровня воды - содержательно разные понятия: «водность (полезный приток)» - неуправляемый (вероятностный) природно-обусловленный фактор, «уровень» - управляемый. Таким образом, учитывая регулирующие возможности Иркутской ГЭС (1300–6000 м<sup>3</sup>/с), при одинаковой водности (обеспеченности притока) уровень озера и его внутригодовая динамика могут отличаться на десятки см.

4. Покомпонентные оценки социально-экономического ущерба позволяют сделать следующие предварительные выводы:

4.1. Ущерб в верхнем бьефе на низких уровнях затопления связан, в значительной мере, с необходимостью капитального ремонта берегоукрепительных сооружений на территории Республики Бурятия. Полученные экономические затраты можно рассматривать, возможно в значительной степени, как следствие инженерных ошибок и ошибок проектирования; что усугубляется назначением данных объектов, которые и предназначены для берегоукрепления. Данное предположение подтверждается и сроком службы указанных сооружений – менее 5-10 лет, хотя для сооружений подобного уровня

срок службы должен составлять 50 лет. Кроме того, по отдельным объектам, в том числе и построенным за счет средств федерального бюджета (например, Визит-центр ФГБУ Байкальский государственный природный биосферный заповедник), проектная документация, предположительно, не соответствовала гидрогеологическим требованиям и условиям, поскольку, по информации института-исполнителя, проектирование и строительство велось в период маловодья (разрешение на строительство выдано в 2012 г.). Из вышеприведенного следует, что проектные и строительные работы, в том числе и фактически в прибрежной зоне, должны соблюдать требования для территорий, находящихся в зоне затопления в соответствии с действующим законодательством.

4.2. Более высокие объемы ущербов на побережье при уровнях озера Байкал ниже 457,3 м ТО в сравнении с ущербами при расходах Иркутской ГЭС 3200 м<sup>3</sup>/с свидетельствует об относительно высокой доли объектов, не поставленных на кадастровый учет. Причиной может являться установление противоречивого правового режима на прибрежной территории. В частности, Постановление Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» вплоть до 2015 г. устанавливало требования диапазона 456–457 м ТО, что прямо противоречило Техническому проекту строительства Иркутской ГЭС и соответствующим ПИВРам, а также диапазону, наблюдаемому в естественных природных условиях.

4.3. По результатам выполненных расчетов, значительный рост ущербов социально-экономическим объектам на побережье оз. Байкал происходит при отметках выше 457,4–457,5 м ТО, соответственно в нижнем бьефе - при расходах выше 4000–4400 м<sup>3</sup>/с.

4.4. Ущерб социально-экономическим объектам, в том числе и домохозяйствам, и иным объектам в диапазоне от 457,1 до 457,5 м ТО (1%-ной обеспеченности), также как и для расходов ниже 4400 м<sup>3</sup>/с свидетельствует о необходимости проведения контрольных мероприятий по определению соблюдения требований законодательства, и формированию комплекса мер для снижения экономического ущерба, предотвращения рисков для граждан и надежного функционирования объектов.

5. Многие показатели социально-экономического ущерба вызывают определенную долю сомнения в достоверности исходной информации, что в первую очередь это связано с практически полным отсутствием постоянного целевого мониторинга затопления и подтопления прибрежных территорий, поведения грунтовых вод при разных уровнях озера, а также мониторинга объектов социально-экономической сферы в водоохранной зоне озера Байкал.



Методика ВИЭМС не дает возможности объективно оценить результаты регулирования озера с точки зрения важных параметров гидрологического режима. Кроме того, для расчетов по Методике ВИЭМС нет количественных данных по эрозии земель, кроме абразии, также нет данных по высоте затопления участков и глубине подтопления участков. Необходимо проведение исследований, направленных на понимание процессов изменений уровня грунтовых вод на прибрежных территориях озера в зависимости от уровня воды в озере и процессов водной эрозии при изменениях уровня воды в озере. В этой связи, рекомендуется проведение специальных исследований и работ по обоснованию и подготовки специальной Методики для оценки социально-экономических ущербов при регулировании уровней водоемов в правовом диапазоне, а также проведение для получения результатов целевой системы мониторинга.

6. Для экосистемных факторов, таких как ущерб водным биоресурсам, ущерб растительному и животному миру нулевая оценка режимов регулирования внутри диапазона 456–457 м не может приниматься как объективная, поскольку для сохранения биотических характеристик требуется определенная динамика абиотических параметров - внутримесячная и внутрисуточная для определенных периодов. Несмотря на то, что в соответствии с Техническим заданием, в настоящем разделе НИР стоимостные оценки всех факторов рассчитываются только для вышеуказанных уровней и расходов, комплексные показатели для обоснования экологически безопасных режимов регулирования Иркутской ГЭС будут включать и требования по сохранению биоты, разработка которых включена в 3 этап НИР на 2023 г.

Кроме того надо иметь в виду выявленные в результате исследований закономерности, разнонаправленного действия факторов изменения уровня режима на показатели рыбопродуктивности соровых участков, когда снижение ведет к повышению рыбопродуктивности, а повышение наоборот.

7. В качестве индикаторов состояния прибрежных водных экосистем предлагается принять и оценивать ущерб водным биоресурсам. В качестве индикатора состояния прибрежных экосистем затапливаемой суши наиболее объективным натуральным показателем является площадь затапливаемых земель. Обоснование стоимостного показателя для формирования экологических и рыбохозяйственных требований при регулировании расходов Иркутской ГЭС планируется подготовить в рамках выполнения 3 этапа настоящего исследования.

8. Анализ территориальных коэффициентов для Иркутской области и Республики Бурятия, указанных в Методике ВИЭМС, позволяет сделать вывод о несоответствии значений коэффициентов фактической динамике затрат. По значениям индекса-

дефлятора, несмотря на использование в настоящем отчете официальных данных Росстата, их количественные значения также вызывают вопросы, связанные с тем, что Росстат не учитывает многие факторы, определяющие структуру конечной цены. Имея в виду, что в работах по 3 этапу настоящего исследования планируется уточнение потенциальных ущербов для населенных пунктов, предприятий и организаций, производственных, социальных и жилых объектов, объектов инфраструктуры, рекреации, сельского и лесного хозяйства на территории Республики Бурятия и Иркутской области, подверженных затоплению/осушению, будет рассмотрена целесообразность использования усредненного показателя – дефлятора ВВП или дефлятора Минэкономразвития России, которые отражают средневзвешенный уровень инфляции.

9. При оценке потери земли как объекта недвижимости (например, при изъятии для государственных нужд) используется ее рыночная стоимость. Данный подход не может применяться для оценки потерь земли на побережье Байкала от абразии, так как особый статус озера и ООПТ накладывают ограничения и ведут к снижению рыночной стоимости земли. В связи с этим для оценки стоимости потери земельных ресурсов использовалась методика исчисления вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды.

Предмет использования настоящей Методики не связан с оценкой ущерба от береговой абразии в рамках правомерной деятельности в результате регулирования озера Байкал, как и любого другого водного объекта. Кроме того, абразия берегов озера Байкал является естественным природным процессом, усугубляющимся его геологическим статусом, и проявляется вне зависимости от регулирования водного режима. По мнению экспертов, использующих Методику по прямому назначению, коэффициент 25 является повышающим как штрафная санкция за преднамеренное уничтожение почвы; и в данной трактовке в целях настоящего исследования должна применяться формула (2.1.1) Методики.

В то же время, универсальная всемирная ценность озера Байкал предопределяет применение максимально строгих требований в случае преднамеренного нарушения естественных экосистемных параметров: применительно к настоящему исследованию – динамики уровня озера Байкал. Настоящая работа показала, что отличия абразионных процессов с регулированием озера Байкал в сравнении с естественными природными процессами, требуют дополнительных научных обоснований. Требования для снижения береговой абразии при регулировании озера Байкал являются предметом исследований на 3 этапе работы в 2023 г.

10. Представлены сводные покомпонентные стоимостные оценки потерь природных ресурсов и ущерба социально-экономическим факторам в результате повышения уровня озера Байкал выше отметки 457 м ТО.

11. Представленные в настоящем отчете общие суммарные потери водных биологических ресурсов от утраты площадей нерестилищ желтокрылой широколобки и от потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля, при снижении уровня озера Байкал до 455,7 м ТО составляет 536 212 тыс. руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство) и 228 090 тыс. руб. (при учете только себестоимости воспроизводства). При снижении уровня озера Байкал до отметки 455,4 м ТО ущерб водным биоресурсам составляет: 608 142 тыс. руб. (с учетом накладных расходов на воспроизводство) и 258 687 тыс. руб. (при учете только себестоимости воспроизводства).

В качестве одного из сравнительных социально-экономических показателей воздействия изменения уровня озера Байкал на животный мир, в том числе водные биологические ресурсы, на 3 этапе исследований предполагается рассмотреть налоговые поступления (или их отсутствие) в бюджет Российской Федерации. Необходимые расчеты можно провести на основании установленных статьей 333.3 Налогового Кодекса РФ ставок сбора за пользование объектами животного мира.

12. Полученные в настоящем разделе результаты исследования будут использоваться в последующих исследованиях в качестве критических факторов для формирования экологических и рыбохозяйственных требований при регулировании уровня озера Байкал и предложений по совершенствованию правил регулирования уровня озера Байкал и Иркутского водохранилища, минимизации рисков и потенциальных ущербов при регулировании уровня озера Байкал.

Выполненные оценки потенциальных социально-экономических ущербов при повышенных отметках уровня озера Байкал и расходах в нижнем бьефе ИГЭС (разделы 2.1.4, 2.1.5) следует считать предварительными, так как они будут уточняться на 3 этапе НИР при выполнении раздела «Социально-экономическая оценка последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС».

## 2.2 Разработка цифровых моделей рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера Байкал, с выделением отдельных участков (для озера Байкал, Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС)

В рамках научного проекта проведены аналитические работы для определения влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий. Определены границы затопления/осушения мелководных зон и прибрежных территорий для озера Байкал (территорий, расположенных в границах отметок 455,54–457,85 м ТО), Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС с выделением отдельных участков по границе Иркутской области в зависимости от уровней озера и расходов через Иркутскую ГЭС, построены карты зон затопления на основе спутниковых и топографических материалов, подготовлены обзорные схемы с отображением территорий зон затопления/осушения, определены координаты зон затопления для различных уровней озера и расходов через Иркутскую ГЭС.

Для выполнения этих работ разработаны качественные высокоточные цифровые модели рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня оз. Байкал, с выделением отдельных ключевых участков (рис. 2.2.1–2.2.15) для озера Байкал, Республики Бурятия, Иркутского водохранилища и нижнего бьефа Иркутской ГЭС.

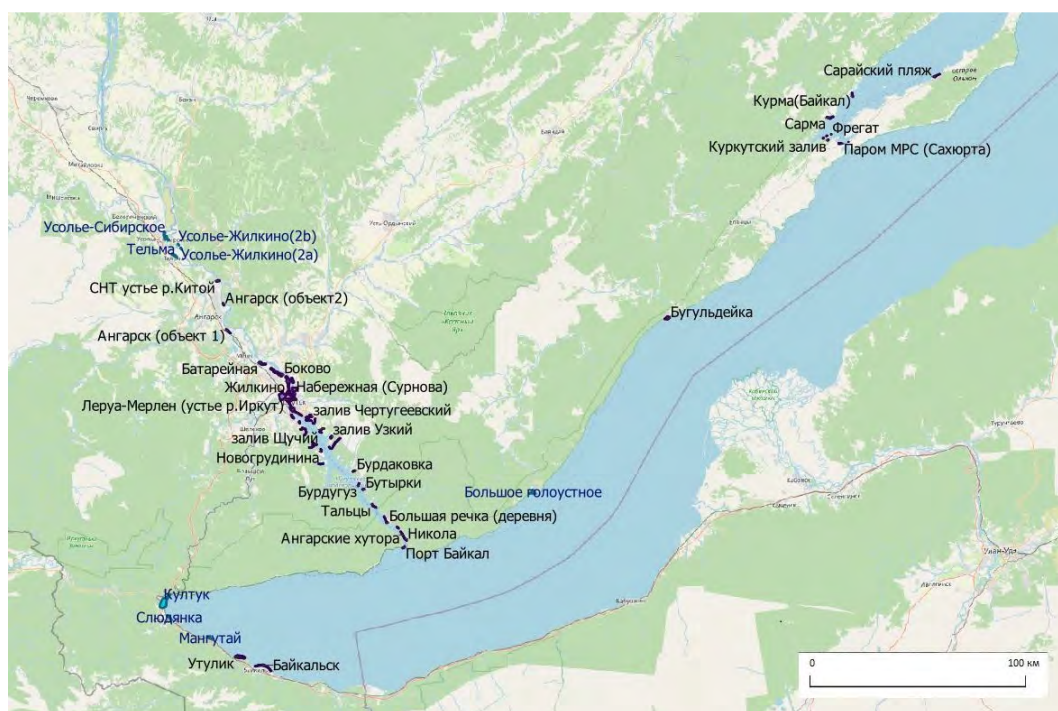


Рисунок 2.2.1 – Обзорная карта (схема) по исследуемой территории с выделением ключевых участков

Для формирования точных цифровых моделей ключевых участков по Иркутской области также проведена лидарная съемка (рис. 2.2.2) и съемка при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) (рис. 2.2.3).

Лидарная съемка (*Lidar - Light Identification, Detection and Ranging*) - это технология получения и обработки информации дистанционного зондирования с помощью активных оптических систем (лазеров), использующих, в том числе, явления отражения света от поверхности Земли с проведением высокоточных измерений X, Y, Z координат. Лидар, изначально использовался в приложениях воздушной лазерной съемки, является с экономической точки зрения прекрасной альтернативой традиционной съемке с использованием фотограмметрической обработки данных.

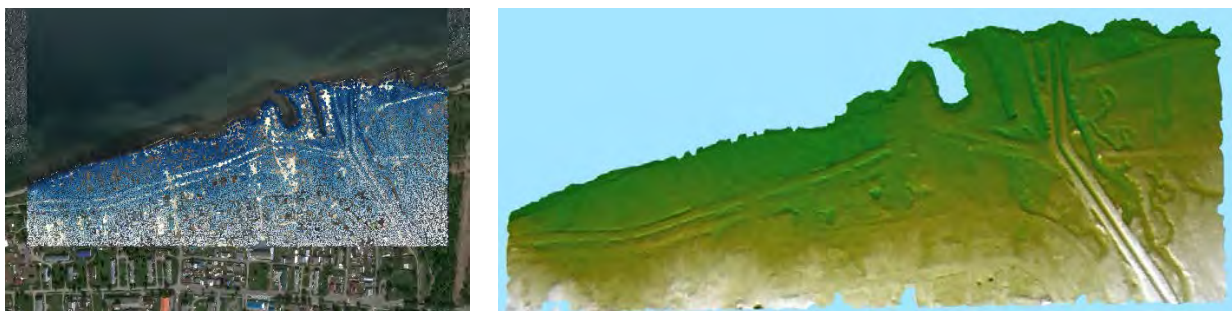


Рисунок 2.2.2 – Пример результатов лазерного сканирования (лидарная съемка слева) и 3D модель, построенная по точкам лидарной съемки (справа)

Данные лидарной съемки представляют собой наборов измерений, содержащих облака точек, которые могут управляться, отображаться, анализироваться при помощи современных программных ГИС-пакетов.

Таблица 2.2.1 – Перечень ключевых участков Иркутская область (съемка при помощи БПЛА)

№	Участок	Район	Бассейн	Площадь(км <sup>2</sup> )
1	Култук	Слюдянский район	Верхний бьеф	5,606
2	Слюдянка	Слюдянский район	Верхний бьеф	0,360
3	Мангутай	Слюдянский район	Верхний бьеф	0,230
4	Большое Голоустное	Иркутский район	Верхний бьеф	1,256
5	Усолье-Сибирское	Усолье-Сибирское	Нижний бьеф	0,849
6	Усолье-Жилкино (фрагмент 1)	Усольский район	Нижний бьеф	0,146
7	Усолье-Жилкино (фрагмент 2)	Усольский район	Нижний бьеф	0,094
8	Усолье-Жилкино (фрагмент 3)	Усольский район	Нижний бьеф	0,087
9	Усолье-Жилкино	Усольский район	Нижний бьеф	0,156

№	Участок	Район	Бассейн	Площадь(км <sup>2</sup> )
	(фрагмент 4)			
10	Тельма	Усольский район	Нижний бьеф	0,837
	<b>Всего</b>			<b>9,667</b>

Таблица 2.2.2 – Лидарная съемка ключевых участков (Иркутская область)

№	Наименование участка	Район	Бассейн	Ширина (м)	Длина, (км)	Площадь (км <sup>2</sup> )
1	Большая речка (деревня)	Иркутский район	Верхний бьеф	125	3,1	0,272
2	Тальцы	Иркутский район	Верхний бьеф	129	2,3	0,203
3	Бутырки	Иркутский район	Верхний бьеф	97	1	0,084
4	Бурдугуз	Иркутский район	Верхний бьеф	113	1,3	0,138
5	Бурдаковка	Иркутский район	Верхний бьеф	161	1,3	0,148
6	Патроны	Иркутский район	Верхний бьеф	194	6,1	0,818
7	залив Узкий	Иркутский район	Верхний бьеф	316	1,3	0,354
8	залив Щучий	Иркутский район	Верхний бьеф	121	3,1	0,331
9	Залив Топка	Иркутский район	Верхний бьеф	121	2,5	0,232
10	залив Чертугеевский	Иркутск (выше плотины)	Верхний бьеф	169	7,5	0,965
11	Якоби	Иркутск (выше плотины)	Верхний бьеф	127	1,1	0,119
12	залив Ершовский	Иркутск (выше плотины)	Верхний бьеф	80	3,1	0,195
13	залив Ершовский продолжение	Иркутск (выше плотины)	Верхний бьеф	119	2	0,187
14	Мельничная Падь	Иркутский район	Верхний бьеф	113	6,1	0,567
15	Новогрудинина	Иркутский район	Верхний бьеф	89	1,5	0,128
16	Калей	Иркутский район	Верхний бьеф	85	2,1	0,152
17	Байкальский тракт (ст Ангарские хутора)	Иркутский район	Верхний бьеф	58	1,2	0,067
18	Ангарские хутора	Иркутский район	Верхний бьеф	137	2,9	0,303
19	Никола	Иркутский район	Верхний бьеф	125	1,3	0,139
20	Порт Байкал	Иркутский район	Верхний бьеф	135	1,4	0,156
24	Утулик	Слюдянский район	Верхний бьеф	564	3,7	2,038
25	Байкальск	Слюдянский район	Верхний бьеф	255	6,4	1,210
28	Бугульдейка	Ольхонский район	Верхний бьеф	388	2,5	0,781
29	Паром МРС (Сахюрта)	Ольхонский район	Верхний бьеф	48	0,2	0,009
30	Паром Ольхон	Ольхонский район	Верхний бьеф	58	0,3	0,015

№	Наименование участка	Район	Бассейн	Ширина (м)	Длина, (км)	Площадь (км <sup>2</sup> )
31	Сахюрта	Ольхонский район	Верхний бьеф	102	1,4	0,137
32	Куркутский залив	Ольхонский район	Верхний бьеф	182	0,7	0,126
33	Фрегат	Ольхонский район	Верхний бьеф	64	0,4	0,023
34	Мандархан	Ольхонский район	Верхний бьеф	85	0,7	0,056
35	Зуун-Хагун	Ольхонский район	Верхний бьеф	146	0,7	0,100
36	Сарма	Ольхонский район	Верхний бьеф	321	2,6	0,545
37	Курма(Байкал)	Ольхонский район	Верхний бьеф	182	1,9	0,310
38	Сарайский пляж	Ольхонский район	Верхний бьеф	157	2,8	0,434
48	Ушаковка	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	293	1,5	0,436
49	Кузьмиха	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	162	2	0,326
50	Верхняя набережная	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	176	3	0,526
51	о.Юность/Комсомолл	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	546	2,7	1,494
52	Набережная (бул. Гагагина)	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	158	4,3	0,673
53	Леруа-Мерлен (устье р.Иркут)	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	329	2,3	0,755
54	о. Комсомольский	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	349	1,9	0,652
55	Набережная (Сурнова)	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	308	2,4	0,729
56	Горького-Кирова	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	722	6,9	4,965
57	Рабочего Штаба - Сурнова	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	645	2,8	1,794
58	СНТ устье р.Топка	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	391	2,2	0,822
59	Жилкино	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	568	4,5	2,596
60	Боково	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	412	5,8	2,390
61	Кировский п-ов	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	373	1,7	0,640
45	Ангарск (фрагмент 2)	Ангарск	Нижний бьеф	211	1,2	0,216
47	СНТ устье р.Китой	Ангарск	Нижний бьеф	297	1,5	0,416
46	Ангарск (фрагмент 1)	Ангарск	Нижний бьеф	172	2,2	0,369
62	Батарейная	Иркутск (ниже плотины)	Нижний бьеф	398	2,9	1,140
	Всего					32,279



Основными компонентами аппаратного обеспечения лидарной съемки являются: транспортное средство или устройство (самолет, вертолет, штатив), система лазерного сканирования, GPS (Глобальная система позиционирования) и INS (Внутренняя система позиционирования). INS (Внутренняя система позиционирования) измеряет крен, тангаж и рысканье системы. В нашем случае была использована лидарная съемка самолетного типа.

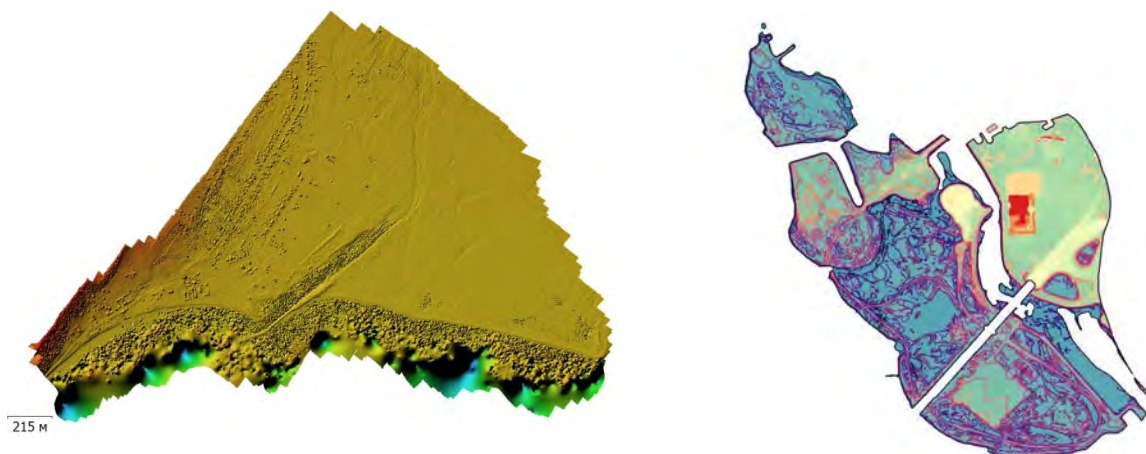


Рисунок 2.2.3 – Пример построения ЦММ на основе БПЛА съемки (слева) и построение изолиний затопления на основе лидарной съемки (справа)

Для создания комбинированных моделей рельефа (объединенный наземный рельеф с прибрежной подводной частью) также были использованы следующие источники информации: изолинии рельефа с векторной топоосновы масштабов 1:25000 и 1:50000; отметки глубин и изобаты, оцифрованные с лоцманских карт водохранилища, промеры глубин, сделанные во время экспедиции с помощью эхолота. Требовалось согласовать всю эту информацию для получения комбинированной модели рельефа. Для представления модели рельефа использовались триангуляции (нерегулярные триангуляционные сети, TIN – Triangular Irregular Network) - одна из основных структур данных ГИС. Для работы с триангуляциями применялась собственная разработка – библиотека для построения и обработки триангуляций Делоне и триангуляций Делоне с ограничениями, которая является быстрой, надежной и может обрабатывать большие наборы данных. Для повышения качества моделей рельефа, построенных с использованием горизонталей топоосновы, был применен разработанный авторами алгоритм обработки триангуляций, позволяющий удалить артефакты моделей, построенных по изолиниям. Ряд задач выполнялся с помощью программы QGIS и бесплатной версии программы EasyTrace.

После построения модели рельефа по изолиниям на ней становятся заметны характерные артефакты - горизонтальные участки, полученные по точкам изолиний



одного уровня. В результате гребни и ложбины выглядят, как лестницы, состоящие из большого числа ступеней. Для устранения этих артефактов разработан специальный оригинальный алгоритм. Кроме того, алгоритм построения модели рельефа по векторным данным позволяет задавать несколько различных ролей для используемых векторных слоёв: “изолинии рельефа” и “отметки высот”, “отметки уреза воды”, “изобаты” и “отметки глубин”, “прочие водные объекты”, “озёра”, “потоки”, “внешний контур”. Построение модели выполняется в несколько этапов обработки соответствующих им видов слоёв. При наличии “отметок уреза воды” по ним строится вспомогательная триангуляция, описывающая поверхность уровня воды. Относительно этой поверхности отсчитываются глубины “отметок глубин” и “изобат”, а высоты точек “прочих водных объектов” непосредственно берутся с этой триангуляции. “Озёра” (к которым относятся и водохранилища) имеют постоянную высоту, которая определяется ближайшим урезом воды. Помимо основной триангуляции “озёра” наряду с “отметками уреза воды” также используются и при построении поверхность уровня воды. “Потоки” описывают линейные водные объекты, не выраженные в масштабе (ручьи, небольшие реки), для определения высоты точек которых выполняется линейная интерполяция между точками пересечения этими объектами изолиний. Наличие “потоков” позволяет уточнить рельеф и убрать вышеупомянутые артефакты в тех распадках, где они протекают.

Для получения векторного представления рельефа были отсканированы и векторизованы бумажные листы лоций с помощью программы EasyTrace 7.99. В результате были получены карты в формате Shape. Листы получаемых карт ориентированы произвольно, поэтому требуется выполнить преобразование координат, чтобы совместить эти карты с топоосновой. Для поиска параметров такого преобразования координат используется метод наименьших квадратов, для работы которого требуется найти список пар характерных точек, присутствующих на обеих картах.

После поворота и сдвига совпадение топографической карты и лоцманской карты всё равно не будет идеальным, потому что лоцманская карта очень схематична. Поскольку обе карты содержат изображения береговых линий, эти изображения можно попытаться сопоставить.

Для этого были разработаны технология и программное обеспечение для морфинга карт, которое позволяют задавать соответствия между точками линий двух карт и, в результате, получать преобразование неточной карты, перемещающее все её точки в более правильные положения. Алгоритм морфинга использует триангуляцию, каждой вершине которой сопоставлен вектор сдвига, что далее служит для определения вектора смещения

любой точки плоскости посредством линейной интерполяции этих векторов на том треугольнике, куда эта точка попадает. Сами по себе сдвинутые береговые линии нам не нужны (потому что уже имеются более точные), но получаемое при этом преобразование координат позволяет переместить все остальные слои лоцманской карты в положения, не противоречащие топографической карте.

Для обеспечения цифровой модели дополнительными высокоточными данными и уточнения моделей рельефа прибрежной территории на ключевых участках проведена цифровая аэрофотосъемка (АФС) с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Для этого используется квадрокоптер DJI Mavic 2 Pro и беспилотный комплекс самолетного типа для аэрофотосъёмки Геоскан 101. АФС по Иркутской области проводилась с высоты 100, 153 и 220 м. Получаемые в результате съёмки с этих БПЛА изображения позволяют создавать при помощи специализированного программного обеспечения (Agisoft Metashape PRO) ортофотопланы и 3D модели рельефа (ЦММ - цифровые модели местности) с точность выше 10 см на пиксель, что приблизительно соответствует масштабу топографического плана М 1:1000. При проведении АФС обеспечивалось продольное и поперечное перекрытие снимков около 70% для обеспечения качественного построения 3D модели, при этом каждый полет производился отрезками - галсами по длине и ширине участка. Полетные маршруты БПЛА в автоматическом режиме строились с использованием приложения PIX4Dcapture (для квадрокоптера DJI Mavic 2 Pro) (рис. 2.2.4) и ПО Геоскан (для БПЛА самолетного типа).

В результате обследования нескольких ключевых участков различными типами БПЛА был сделан вывод о том, что для территорий площадью от нескольких десятков гектар целесообразнее использовать аппараты самолетного типа. Так, для обследования ключевого участка, представленного на рис. 2.2.4, пришлось выполнить 4 полёта квадрокоптера. Общая площадь съёмки при этом составила 0,36 км<sup>2</sup>, а чистое время полета на 4-х аккумуляторах – 1 час.

При этом были разряжены все имеющиеся аккумуляторы, а зарядка каждого из них требует около полутора часов, поэтому следующая съёмка такого объёма может быть выполнена не ранее, чем через 6 часов, поскольку зарядное устройство, хотя и позволяет подключить сразу все 4 аккумулятора, но заряжает их только последовательно из-за ограничений мощности. Таким образом, даже при наличии поблизости источников электроэнергии за сутки с использованием квадрокоптера вряд ли получится снять более двух таких участков, а время съёмки территории площадью несколько км<sup>2</sup> будет измеряться неделями.



Рисунок 2.2.4 – Построение маршрутов для БПЛА в автоматическом режиме

При обследовании другого ключевого участка площадью  $1 \text{ км}^2$  при помощи БПЛА самолетного типа Геоскан 101 время полета получилось около 50 мин, при этом был разряжен один аккумулятор. К минусам использования БПЛА самолетного типа можно отнести более продолжительное время подготовки к полету и то, что при облёте узких участков короткими поперечными галсами больше половины времени полёта будет затрачено на развороты между галсами. Также возможно появление размытости на некоторых изображениях при наличии воздушных потоков из-за ветра.

Методы построения итоговых данных базируются на принципах фотограмметрии. Этот метод в простейшем случае сопоставляет пространственные координаты точек объекта, которые определяются путём измерений, выполняемых по двум или более фотографиям, снятым из разных положений. При этом на каждом изображении отыскиваются общие точки. Затем луч зрения проводится от местоположения фотоаппарата до точки на объекте. Пересечение этих лучей и определяет расположение точки в пространстве.

Полученные снимки обработаны в ПО Agisoft Metashape Professional. Обработка снимков и получение цифровых моделей местности (ЦММ) в данном ПО включает следующие шаги:

1. На этапе выравнивания происходит оценка положения и ориентации камеры для каждого снимка и поиск связующих точек. На данном этапе учитываются координаты точки фотографирования, полученные по данным бортовой ГНСС-системы БПЛА. Общие связующие точки снимков отображаются в виде разреженного облака точек.

2. Создание маркеров. Оповзнаки отмечаются на снимках как маркеры с известными координатами, полученными с помощью двухчастотных ГНСС-приемников. Каждый маркер должен иметь проекцию минимум на 4 снимках.

3. Процедура оптимизации выравнивания. Применяется для повышения точности произведенных расчетов, а также для корректировки возможных нелинейных искажений (дисторсий) модели.

4. Создание плотного облака. ПО Agisoft Metashape Professional, как правило, генерирует очень плотные облака точек.

5. Построение ЦММ в виде регулярной сетки значений высот. ЦММ можно построить на основании плотного и разреженного облака точек, карт глубины или полигональной модели. Карта высот рассчитана на основании плотного облака точек, что позволяет получить наиболее точные результаты.

6. Построение ортофотоплана на основании исходных снимков (что позволяет создавать результирующее изображение высокого разрешения) и полученной ЦММ.

7. Удаление растительности. Дополнительно проведена автоматическая мультиклассификация точек плотного облака для удаления растительности с целью получения ЦМР из ЦММ. Данная процедура применялась для участков с густой растительностью в единичных случаях, поскольку в основном в зонах с потенциальным затоплением до уровня 457,85 м растительность отсутствует или имеет небольшое проективное покрытие.

Отсутствие в БПЛА высокоточного геодезического GNSS-приемника потребовало дополнительной привязки ключевых участков на местности. Для этого устанавливалась сеть опознаков. В качестве опознаков использовались белые квадраты и характерные ярко выраженные естественные точки на местности. Планово-высотная привязка опознаков производилась при помощи GNSS-приемников (использовался геодезический приемник EFT M1) с привязкой к пунктам государственной геодезической сети (рис. 2.2.5–2.2.7).



Рисунок 2.2.5 – Планово-высотная привязка опознаков

Для разработки ЦМР территорий, не обеспеченных картографическими материалами по Республике Бурятия проведена цифровая аэрофотосъемка (АФС) отдельных участков.

АФС проводилась с использованием беспилотного летательного аппарата DJI Mavic Pro, оборудованным 12 Мп RGB-камерой с трехосевой стабилизацией и углом обзора 78°. АФС проводилась с высоты 150 м. Размер пикселя ортофотоплана на местности при выбранной высоте полета не превышает 9 см, что соответствует масштабу топографического плана М 1:1000. При проведении АФС обеспечивалось продольное и поперечное перекрытие снимков не менее 70 % в соответствии с рекомендациями программного обеспечения (ПО) обработки аэрофотоснимков Agisoft Metashape. АФС выполнялась при высоте Солнца над горизонтом не менее 15°, в большинстве случаев – более 50°. Также АФС проводилась в отсутствии облачности или при сплошной облачности среднего или верхнего яруса.

До проведения АФС на территории съемочных участков устанавливалась сеть опорных точек местности (опознаков) с плотностью, обеспечивающей не менее двух-трех опознаков в каждом снимке (рис. 2.2.6). В качестве опознаков использованы черно-белые квадраты для создания хорошо видимых на снимке точек. Планово-высотная привязка опознаков производилась с применением двух двухчастотных ГНСС-приемников EFT M1 Plus в режиме реального времени (Real Time Kinematic – RTK) с привязкой к пунктам государственной геодезической сети. В результате получены координаты и высотные отметки опознаков со среднеквадратической погрешностью измерения: 2,5 мм ± 0,3 мм/км в плане, 5 мм ± 0,5 мм/км по высоте.





Рисунок 2.2.6 – Слева: пример размещения опознаков, справа: определение координат и высот опознака с использованием ГНСС-приемника



Рисунок 2.2.7 – ГНСС-приемник в качестве базовой станции на пункте ГГС

Разработка ЦМР зон осушения проводилась методом засечек с помощью прямого промера глубин нивелирной рейкой. Координаты точки уреза воды, от которой по нормали к береговой линии проводились замеры глубин вдоль прямой линии, определялись с помощью высокоточного двухчастотного ГНСС-приемника. Оператор

измерял расстояние от точки уреза воды до точки промера глубин с помощью геодезической рулетки (рис. 2.2.8). Всего до глубины соответствующей отметке 455,54 м ТО проводилось 2–3 измерения. Далее полученные данные заносились в векторной форме в ПО ArcGIS, где аналогичным образом (подобно с картографическими материалами) получены ЦМР зон осушения. Далее все полученные ЦМР с помощью инструмента «Алгебра карт» (ПО ArcGIS) пересчитаны в Тихоокеанской системе высот. Перевод из Балтийской системы в Тихоокеанскую систему высот осуществляется добавлением поправки 52 см к БС.

Средние погрешности съемки рельефа по высоте для ЦМР, построенных по картографическим материалам масштаба 1:2000 не превышает 0,16 м, по АФС – 0,08 м.

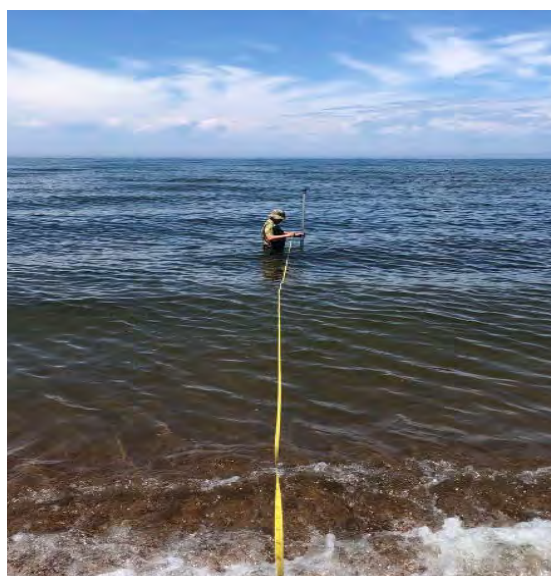


Рисунок 2.2.8 – Работы по промеру глубин

В результате проведенных работ получены цифровые модели рельефа мелководных зон и прибрежных территорий, подверженных потенциальным ущербам при регулировании уровня озера Байкал на отдельных участках в пределах административных границ Республики Бурятия и Иркутской области.

В результате обработки аэрофотоснимков в ПО Agisoft Metashape Professional получены цифровые модели местности (ЦММ) и ортофотопланы. Методология АФС с использованием БПЛА является общепринятой за счет доступной цены при полевых работах и показала свою эффективность при построении и уточнении моделей рельефа на ряде ключевых участков.

В ходе подготовительной экспедиции был поставлен достаточно показательный эксперимент, изначальной целью которого было сравнение качества результатов, получаемых при разной высоте съёмки: для двух полётов, выполненных в один день на



разных высотах (153 м и 220 м), не дожидаясь завершения обработки геодезических измерений, были независимо построены ортофотопланы и ЦММ без использования опознаков. Оказалось, что, несмотря на то, что оба полёта были выполнены непосредственно друг за другом с интервалом около 1 часа, полученные ЦММ имеют существенное относительное смещение по горизонтали. Была сделана попытка скомпенсировать это смещение сдвигом растра. При этом совмещение растров выполнялось для фрагмента территории в восточной части изображения, где расположены здания, для чего пришлось сделать сдвиг растра, снятого с высоты 220 м, на вектор (0,77–3,19 м). В результате в той области, по которой выбирали сдвиг, получилось очень хорошее соответствие, при котором переключение между разными растрами ЦММ почти не заметно. Однако при этом в западной части с лесными участками наблюдается сдвиг на восток (точнее, в направлении длины исследуемой области) около 2 м у ЦММ для полёта на высоте 220 м (при этом все полученные контура лесных массивов также очень похожи на двух снимках). Таким образом, в горизонтальной плоскости произошло сжатие по длине модели местности на величину около 2 м.

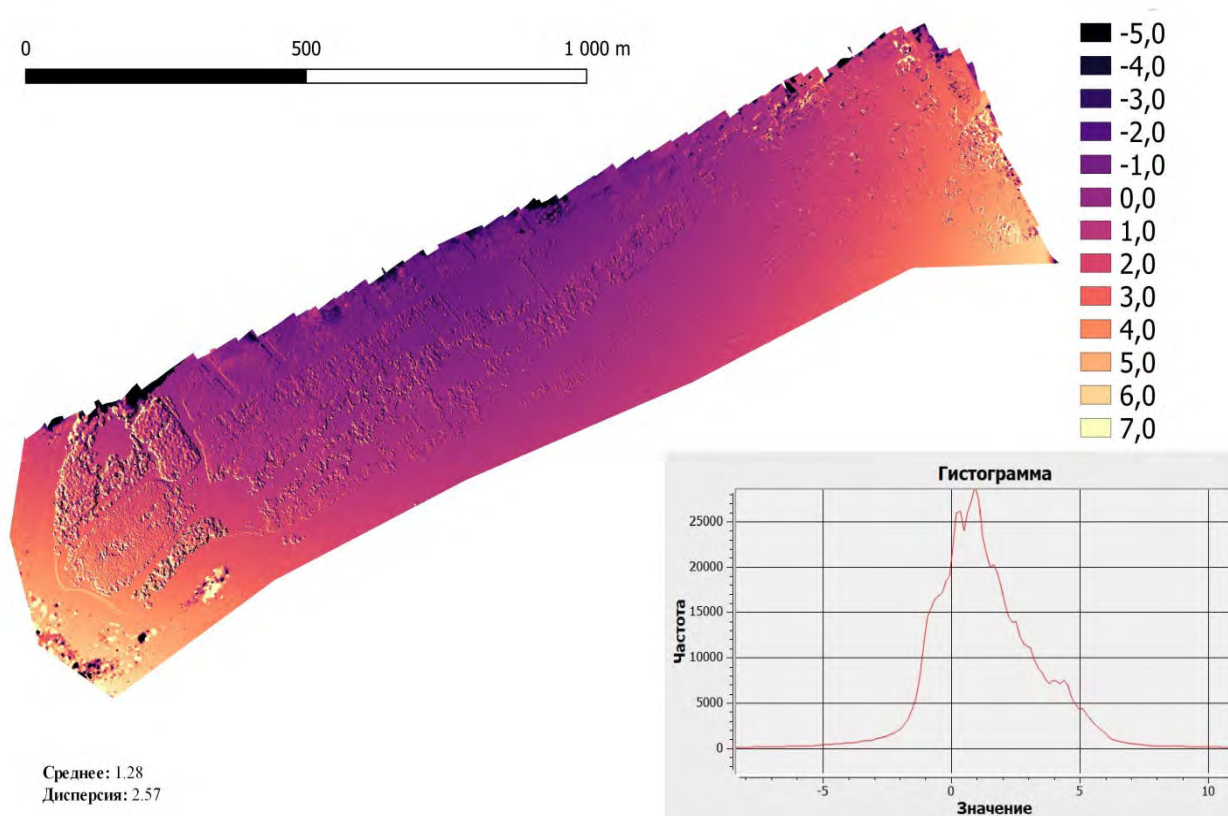


Рисунок 2.2.9 – Разность двух растров и её гистограмма

Далее (уже после сдвига) была вычислена разность двух растров (рис. 2.2.9). Помимо хорошо заметных контуров лесных массивов в западной части, появление



которых объясняется вышеупомянутым сжатием в горизонтальной плоскости, на рисунке видна общая для всех пикселей тенденция, вызванная различиями в степени прогиба двух полученных моделей местности в основном в направлении их длины: по краям области разность ЦММ по высоте составляет около +3м, а в средней части – от +1м на юге до -1м на севере.

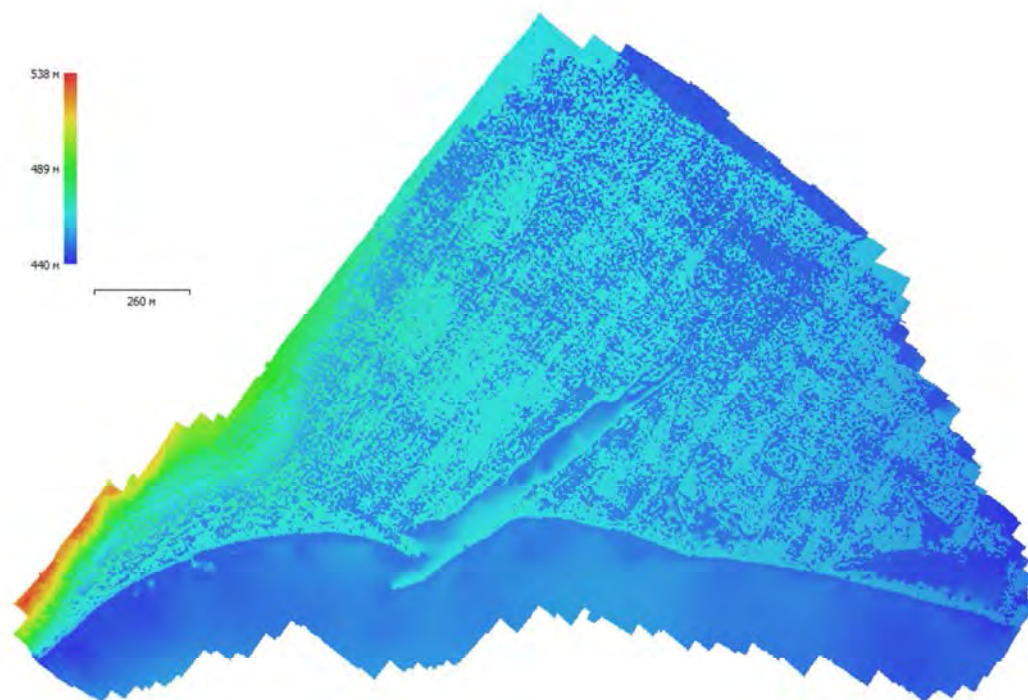


Рисунок 2.2.10 – Пример построения цифровой модели местности, съемка при помощи БПЛА

Выполненный эксперимент показывает, что при применении на БПЛА ГНС-приёмника бытового уровня (не двухчастотного) без использования геодезической привязки погрешность получаемых моделей местности будет составлять несколько метров во всех направлениях, причём это может быть не общая для всех пикселей систематическая погрешность, а сжатие/растяжение и изгиб всей модели, которые будет невозможно компенсировать простыми преобразованиями.

Определены населенные пункты на исследуемой территории и границы их участков, которые могут быть подвержены затоплению (таблицы 2.2.1–2.2.4) для Иркутской области). Разработаны обзорные карты исследуемой территории с нанесением участков, подверженных рискам колебания уровня Байкала.

### 2.2.1 Участки и объекты Иркутской области

В пределах Иркутской области цифровые модели рельефа построены для следующих участков и объектов:

- Мелководные и подверженные экзогенным процессам и потенциальным ущербам участки прибрежных территорий и населенных пунктов озера Байкал, в том числе:

- п. Хужир, с. Сахюрта, п. Бугульдейка, п. Большое Голоустное, п. Большие Коты, р.п. Листвянка, р.п. Култук, г. Слюдянка, г. Байкальск, п. Солзан, п. Новоснежная;

- участки побережья Малого моря (д. Курма – д. Сахюрта), побережья о. Ольхон, участки юго-западного побережья оз. Байкал (Слюдянка – порт Байкал, г. Слюдянка – д. Новоснежная);

- Участки ВСЖД (Слюдянка-порт Байкал);

- Участки Иркутского водохранилища в границах населенных пунктов, рекреационных и инфраструктурных объектов;

- Участки нижнего бьефа Иркутской ГЭС, в том числе:

- от плотины Иркутской ГЭС до Глазковского моста (г. Иркутск);

- от Глазковского моста (г. Иркутск) до пос. Жилкино;

- от пос. Жилкино до пос. Боково;

- от пос. Боково до устья р. Куда;

- от устья р. Куда до пос. Мегет;

- от пос. Мегет до о. Грановский (протока Еловая);

- от о. Грановский (протока Еловая) до г. Ангарск;

- от о. Лиственничный до о. Большой (г. Ангарск);

- от о. Большой до устья р. Китой;

- от устья р. Китой до устья р. Белая.

- Населенные пункты (г. Иркутск, г. Ангарск), дачные поселки, производственные и социальные объекты, объекты транспорта и инфраструктуры (причалы, водозаборы и др.), объекты непромышленного назначения, сельского, рыбного и лесного хозяйства.

Обзорная карта участков нижнего бьефа ИГЭС, подверженных затоплению, представлена на рис. 2.2.11. Карты с результатами моделирования обозначенных участков при различных расходах через ИГЭС (от 3600 до 6000 м<sup>3</sup>/с, включая повышенный боковой приток р. Иркут) приведены в Приложении ЕЗ.



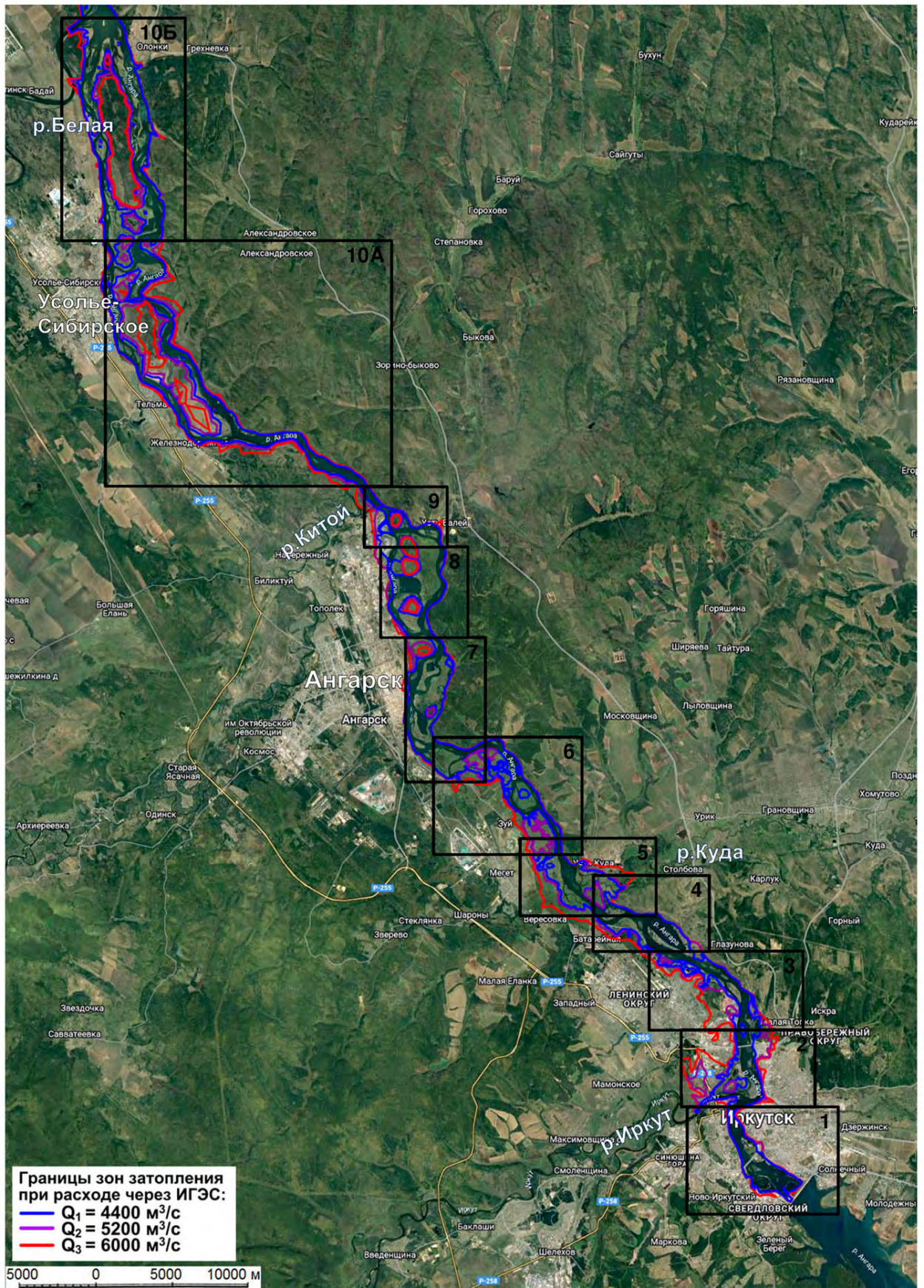


Рисунок 2.2.11 – Обзорная карта участков нижнего бьефа Иркутской ГЭС, подверженных затоплению

Для разработки цифровой модели рельефа рассматриваемая территория разбита на 8 тематических районов (таблица 2.2.3): Ангарск и Ангарский район, Иркутск, Иркутский район (Байкальский тракт), Иркутское водохранилище, Листвянка (озеро Байкал), озеро Байкал, озеро Байкал (южная часть), Усолье-Сибирское (Усольский район).

Таблица 2.2.3 – Перечень районов и населенных пунктов исследования территорий по Иркутской области

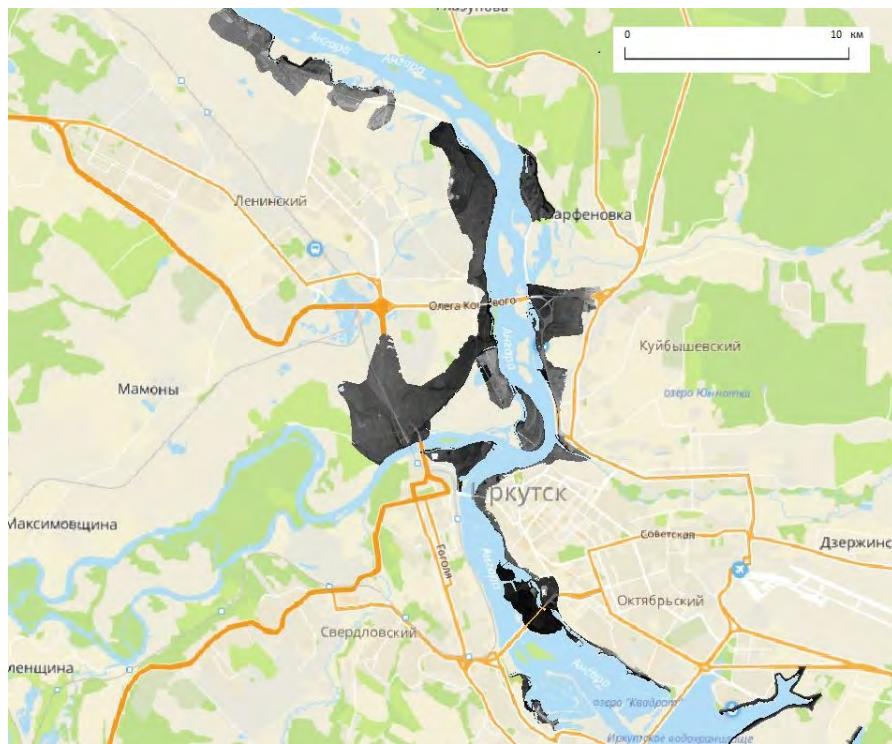
Административный район (наименование)	Населенные пункты
Ангарск и Ангарский район	город Ангарск, нас. пункты Мегет и Усть-Балей
Иркутск	город Иркутск, заливы Якоби, Ерши
Иркутский район (Байкальский тракт)	Солнечный м-н, Новая Разводная, Молодежный микрорайон, садоводства и турбазы, расположенные по Байкальскому тракту, нас. пункты Большая речка, Байкальские хутора, Никола, тренировочная база МЧС
Иркутское водохранилище	нас. пункт Мельничная Падь, Ново Груднино, садоводства в заливе Большой и Малый Калей
Листвянка (озеро Байкал)	поселок Листвянка (озеро Байкал)
озеро Байкал	нас. пункты Большое Голоустное, Большие Коты, базы отдыха, расположенные на Малом Море, Сахюрта, Хужир, Сарма, залив Курма
озеро Байкал (южная часть)	Порт Байкал, КБЖД, нас. пункты Слюдянка, Култук, Мангутай, Утулик, г. Байкальск, Солзан, Мурино, Выдрино
Усолье-Сибирское (Усольский район)	Усолье-Сибирское, поселок Тельма и нас. пункт Олонки

Получен перечень объектов, попадающих в зоны риска – это основные населенные пункты, попадающие в верхний (оз. Байкал) и нижний бьефы Иркутской ГЭС (Приложения Е1, Е2).

Таблица 2.2.4 – Сводная таблица по административным районам в границах Иркутской области

Наименование района	Площадь, км <sup>2</sup>
г. Иркутск	20,98
Иркутский район	5,16
г. Ангарск	1,08
Ольхонский район	2,11
Слюдянский район	14,5
Усольский район	0,82
Общая площадь	44,65





(a)



(б)

Рисунок 2.2.12 – Фрагменты пунктов нижнего бьефа Иркутской ГЭС (а) и оз. Байкал (б), уточненных с помощью лидарной съемки и БПЛА

В результате обработки данных, полученных при помощи БПЛА, лидарной съемки и других источников информации, были получены цифровые модели рельефа, определены границы затопления и осушения мелководных зон и прибрежных территорий озера для озера Байкал (территорий, расположенных в границах отметок 455,54–457,85 м ТО), которые представлены в Приложении Е2. В Приложении Е4 приведен пример полученных координат береговых линий для ключевого участка в п. Большое Голоустное при различных уровнях воды в оз. Байкал.



Рисунок 2.2.13 – Пример определения зон затопления/осушения с построением предельных и промежуточных изолиний на ключевом участке (поселок Култук)

### 2.2.2 Участки и объекты Республики Бурятия

Согласно техническому заданию, разработка цифровых моделей рельефа (ЦМР) мелководных зон и прибрежных территорий Республике Бурятия (рис. 2.2.14, таблица 2.2.5) предполагалась для следующих объектов:

Посольский Сор, Чивыркуйский перешеек п-ова Святой Нос (в створе оз. Арангатуй), отдельные участки дельты р. Селенга, дельты р. Верхняя Ангара, острова архипелага Ярки, Баргузинского и Чивыркуйского заливов;

Участки ВСЖД: перегон ст. Мамай – ст. Речка-Выдрино (7,5 км), перегон ст. Переемная – ст. Прибой (11,5 км), ст. Мишиха (3 моста), г. Бабушкин (мост), ст. Култушная (4 км), местность Байкальский Прибой (3 км);

Автодороги: от с. Посольское в сторону с. Исток (6 км), с. Горячинск – с. Максимиха;

Населенные пункты: п. Нижнеангарск, пос. Усть-Баргузин, отдельные участки в окрестностях сел Горячинск, Максимиха, с. Турка, с. Гремячинск, с. Сухая, пос. Энхалук, с. Оймур, с. Дубинино, с. Корсаково, с. Инкино, с. Байкало-Кудара, с. Истомино, с. Исток, с. Посольское, г. Бабушкин, с. Танхой, с. Выдрино.

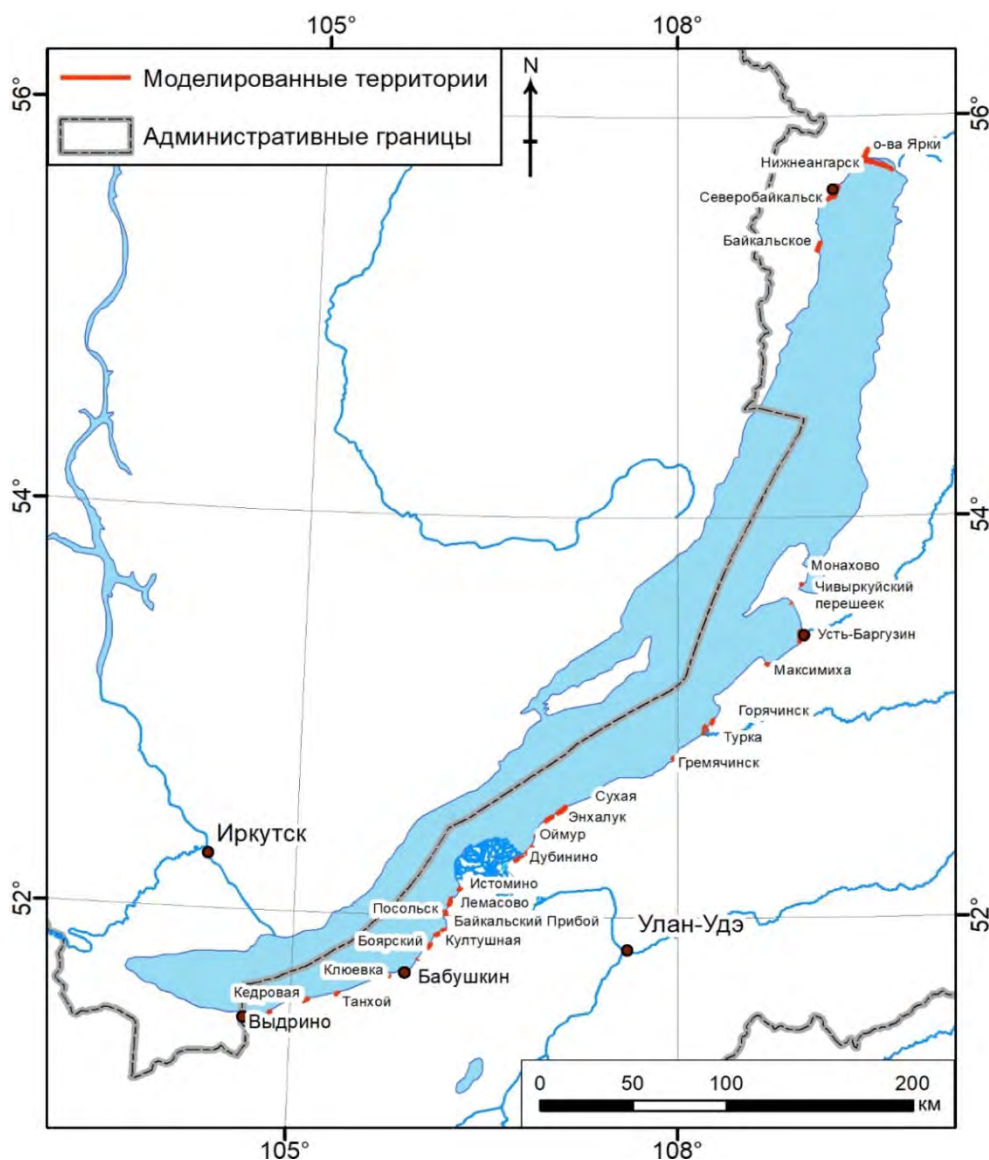


Рисунок 2.2.14 – Обзорная карта исследуемых ключевых участков по Республике Бурятия

Дополнительно к вышеперечисленному перечню объектов получены ЦМР в следующих участках: пос. Байкальский Прибой, пос. Байкальское, пос. Боярский, пос. Дулан, пос. Заречье, пос. Кедровая, пос. Ключевка, пос. Мантуриха, пос. Мишиха, пос. Осиновка, пос. Переемная, пос. Речка Выдрино, пос. Холодная, местность Загза, местность Лемасово, прибрежная часть, примыкающая к с. Выдрино.

Таблица 2.2.5 – Исследуемые объекты по Республике Бурятия

N	Административный район	Населенные пункты
1	г. Северобайкальск	г. Северобайкальск
2	Северобайкальский район	пгт. Нижнеангарск, Байкальское, Холодная, Ангарский Сор, о-ва Ярки
3	Баргузинский район	пгт. Усть-Баргузин, Максимиха, Чивыркуйский перешеек (створ оз. Арангатуй), местность Монахово
4	Кабанский район	г. Бабушкин, Байкальский Прибой, Боярский, Дубинино, Дулан, Заречье, Исток, Кедровая, Ключевка, Мантуриха, Мишиха, Осиновка, Переемная, Посольское, Речка Выдрино, Танхой, Энхалук, Байкало-Кудара, Выдрино, Инкино, Истомино, Оймур, Сухая, местность Загза, местность Байкальский Прибой, местность Култушная, местность Лемасово, Авандельта р. Селенга, автодорога Посольское – Исток, участки ВСЖД: ст. Мамай – ст. Речка-Выдрино, ст. Култушная, ст. Байкальский Прибой, ст. Переемная – ст. Прибой
5	Прибайкальский район	Горячинск, Гремячинск, Турка, автодорога Горячинск - Максимиха

Исходные материалы в виде векторных слоев элементов рельефа (изолиний и отметок высот масштаба 1:2000) для части объектов получена по запросу в Государственном бюджетном учреждении «Центр информационных технологий Республики Бурятия». Из полученных горизонталей и отметок высот с помощью средств ГИС ArcGIS получена триангуляционная сеть, которая впоследствии была переведена в регулярную сетку точек с известными и/или интерполированными значениями высоты. Таким способом были созданы ЦМР – корректные гипсометрические поверхности, пригодные для гидрологического моделирования и учитывающие особенности рельефа изучаемого района.





Рисунок 2.2.15 – Пример построения координат зон затопления по ключевым участкам озера Байкал, Республика Бурятия (село Оймур, Кабанский район)

Благодаря уточнённым данным и построению по ним моделей рельефа были построены изолинии затопления и обмеления при различных сценариях и уровнях воды на Байкале (рис. 2.2.15), Иркутском водохранилище и нижнем бьефе иркутской ГЭС (река Ангара) при различных расходах ГЭС.

## **2.3 ГИС моделирование зон затопления/осушения побережья оз. Байкал при разных уровнях режима озера на отдельных участках**

### **2.3.1 ГИС моделирование в границах Иркутской области**

В результате выполнения большого объема комплексных работ получен набор совмещенных 3D модели рельефа для ряда водных объектов и их участков. Получена комплексная модель совмещенного рельефа на протяжении от ГЭС в городе Иркутске до впадения в Ангару р. Белая (и далее до г. Свирск) протяженностью порядка 132 км. Разработана оригинальная технология сопряжения надводного рельефа с подводным (рис. 2.3.1).

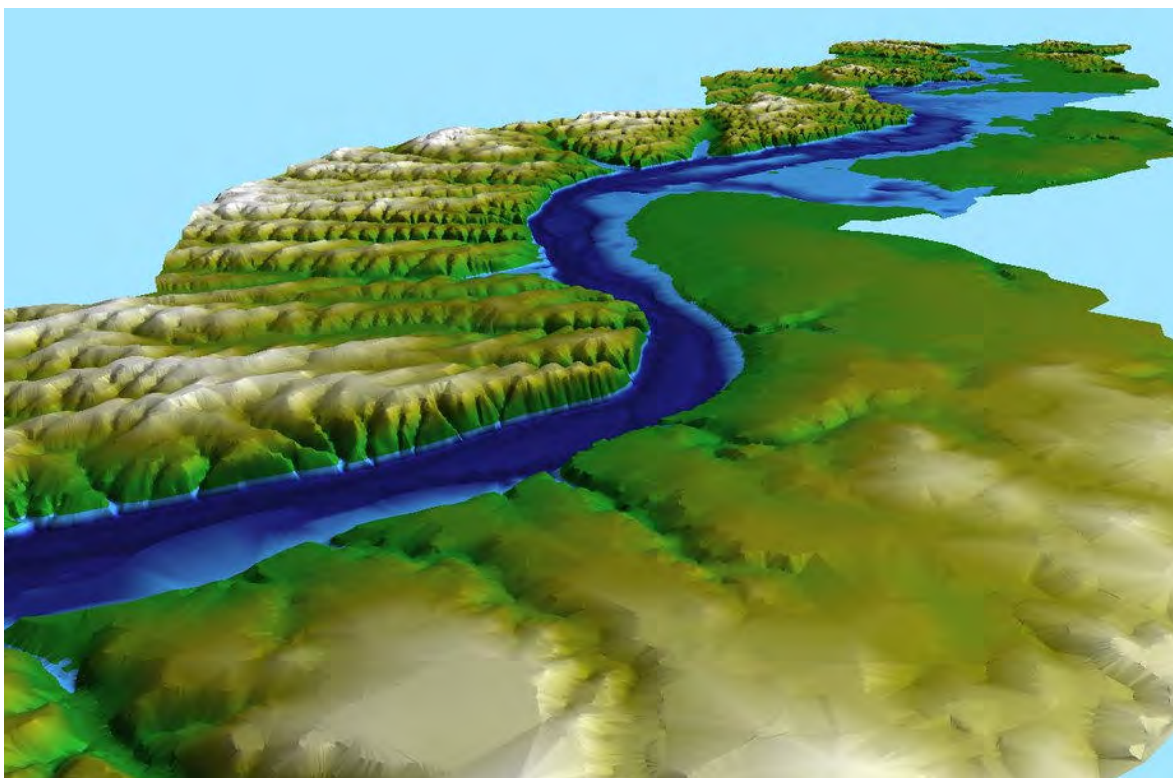


Рисунок 2.3.1 – Комплексная цифровая модель совмещенного подводного с надводным рельефов реки Ангара на территории от Иркутской ГЭС до г. Свирск

Для уточнения моделей рельефа были использованы два источника информации: результаты лидарной съёмки с самолёта и результаты цифровой фотосъёмки (ЦФС) с БПЛА. Рассмотрим используемые способы обработки этих данных.

Результаты лидарной съёмки в значительной части можно рассматривать, как ЦМР, поскольку они позволяют оставить лишь самые последние отклики от каждого лазерного импульса (приходящие от земной поверхности), игнорируя отклики от таких объектов, как провода или ветви деревьев. При этом в облаке точек остаются отклики от домов, которые в передаваемых данных в основном были отфильтрованы с использованием соответствующих макросов программы обработки. Исключение могут составлять здания большой площади (в основном торговые центры).

Облака точек переданы в текстовых файлах и могут содержать большие количества точек (большая часть участков содержит несколько миллионов точек, есть участок с 37 миллионами точек). Непосредственное включение таких данных в итоговую модель рельефа, которая, например, для озера Байкал содержит около 5,5 миллионов точек, сильно увеличит её объём и сделает неудобным практическое использование. Кроме того, детализация такой модели рельефа будет чрезмерной для рассматриваемой задачи. Например, там заметны пешеходные островки на парковке, кучи грунта рядом с котлованом строящегося здания, а также следы фильтрации зданий и других объектов

(рис. 2.3.3). Построение изолиний непосредственно по такой модели приведёт к тому, что они будут отражать все эти особенности, например, огибать бордюры вокруг «островков» (рис. 2.3.6а).

Для работы с облаками точек были использованы алгоритмы построения триангуляций Делоне и триангуляций Делоне с ограничениями, реализованные в программе TINSmith, разработанной в ИДСТУ СО РАН. Пример триангуляции, построенной по типичному участку, приводится на рис. 2.3.2 и 2.3.3. После собственно построения триангуляции к ней был применён алгоритм поиска незаполненных треугольников, при работе которого внешние треугольники, имеющие внешнее ребро длиннее заданного порога, последовательно помечаются, как вспомогательные (которые на приведённых рисунках не отображаются). Именно поэтому на рисунках видна граница участка, протока, а также следы удаления зданий, частично выходящих за пределы участка. Такая фильтрация треугольников впоследствии влияет на результаты растеризации: все точки, попадающие во вспомогательные треугольники, получают значение «Нет данных».

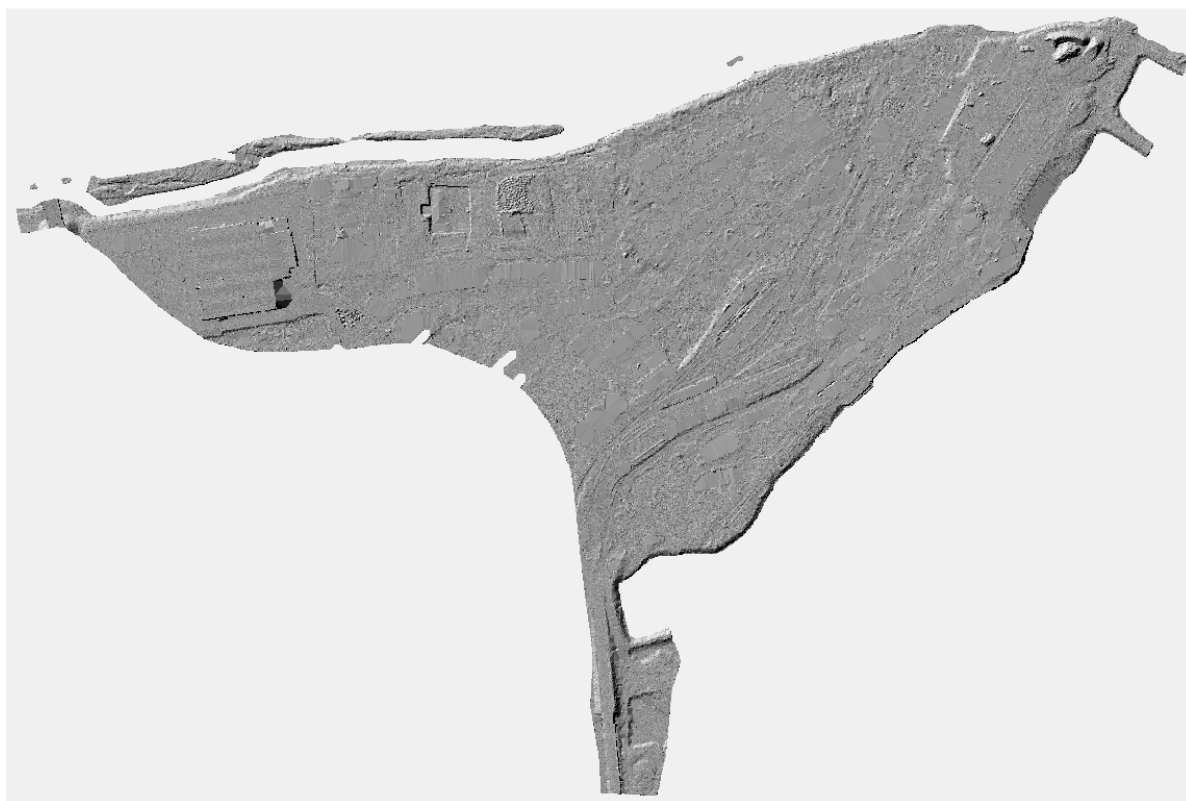


Рисунок 2.3.2 – Триангуляция, построенная по всем точкам для участка в районе Иркутского моста



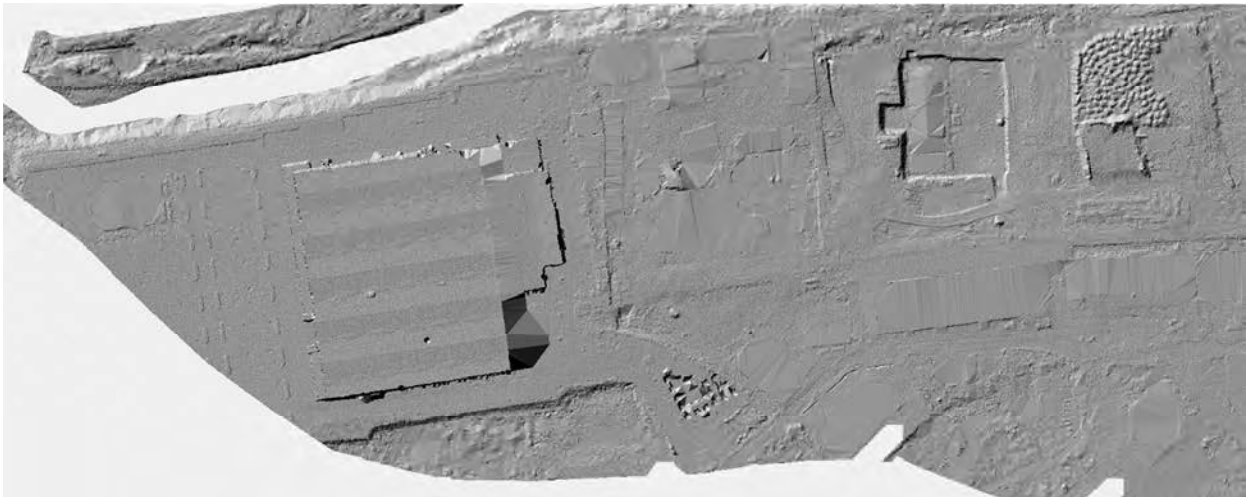


Рисунок 2.3.3 – Увеличенный фрагмент триангуляции. Видны «островки» на парковке, особенности конструкции крыши, следы удаления объектов (например, зданий и машин)

Для получения более гладкой модели рельефа была использована растеризация триангуляционной модели с последующим её сглаживанием с использованием гауссовского фильтра. Растеризация выполнялась с шагом 20 см/пиксель (рис. 2.3.4). Алгоритм гауссовской фильтрации пришлось доработать, чтобы он корректно игнорировал значения «нет данных». Результат сглаживания приведён на рис. 2.3.5. После гауссовской фильтрации снижаем разрешение растра до 1м/пиксель.



Рисунок 2.3.4 – Полученная растровая модель рельефа для участка в районе Иркутского моста на фоне Яндекс спутник. Разрешение – 20см/пиксель

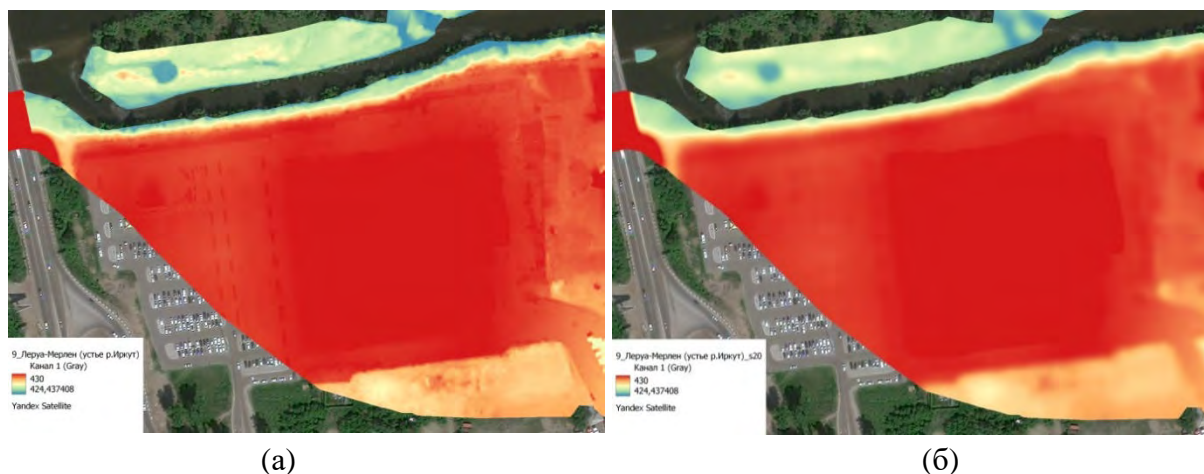


Рисунок 2.3.5 – Фрагмент растровой модели (а) до и (б) после сглаживания с  $\sigma = 20$  пикселей = 4 м

Далее непосредственно по сглаженному растру могут быть построены изолинии. На рис. 2.3.6б приведён пример таких изолиний. При этом рис. 2.3.6а наглядно демонстрирует необходимость сглаживания.

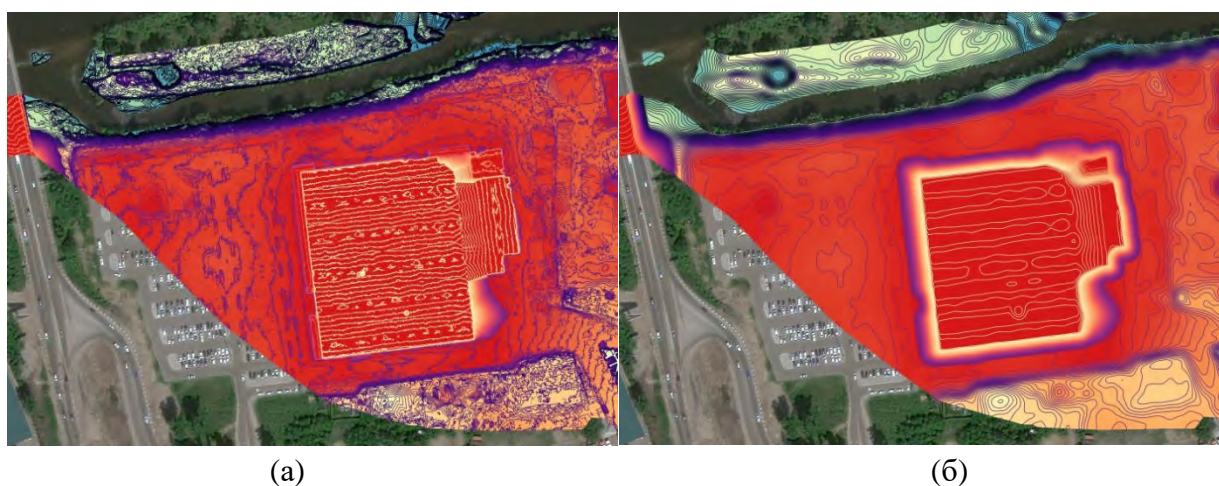


Рисунок 2.3.6 – Изолинии, построенные с шагом 0,1 м по растровой модели (а) до и (б) после сглаживания

Такие изолинии позволяют определить, какие объекты будут подвержены затоплению при соответствующем уровне воды. Для озёра Байкал и Иркутского водохранилища этот уровень задаётся явно, а для нижнего бьефа требуются расчёты по гидравлической модели, связывающей расходы воды с уровнем на конкретных участках (здесь мы считаем такие фрагменты достаточно малыми, чтобы можно было использовать один уровень воды для всего участка).

Для того, чтобы построить общую уточнённую модель территории, в которую будут включены все отснятые участки, необходимо получить упрощённые модели этих участков. Для этих целей используем алгоритм построения триангуляции по растру с

фильтрацией точек, который позволяет получить аппроксимацию модели рельефа с заданной точностью. На вход алгоритма подаём сглаженный растр с разрешением 1м/пиксель, используем точность аппроксимации 5 см. Алгоритм добавляет в триангуляцию точки растра, на которых достигается максимальное отклонение от триангуляции, до тех пор, пока эта величина не станет меньше заданного порога. Результат для рассматриваемого участка показан на рис. 2.3.7. В данном случае упрощённая триангуляция содержит 26467 точек, при этом изначально в модели было 4510582 точки.

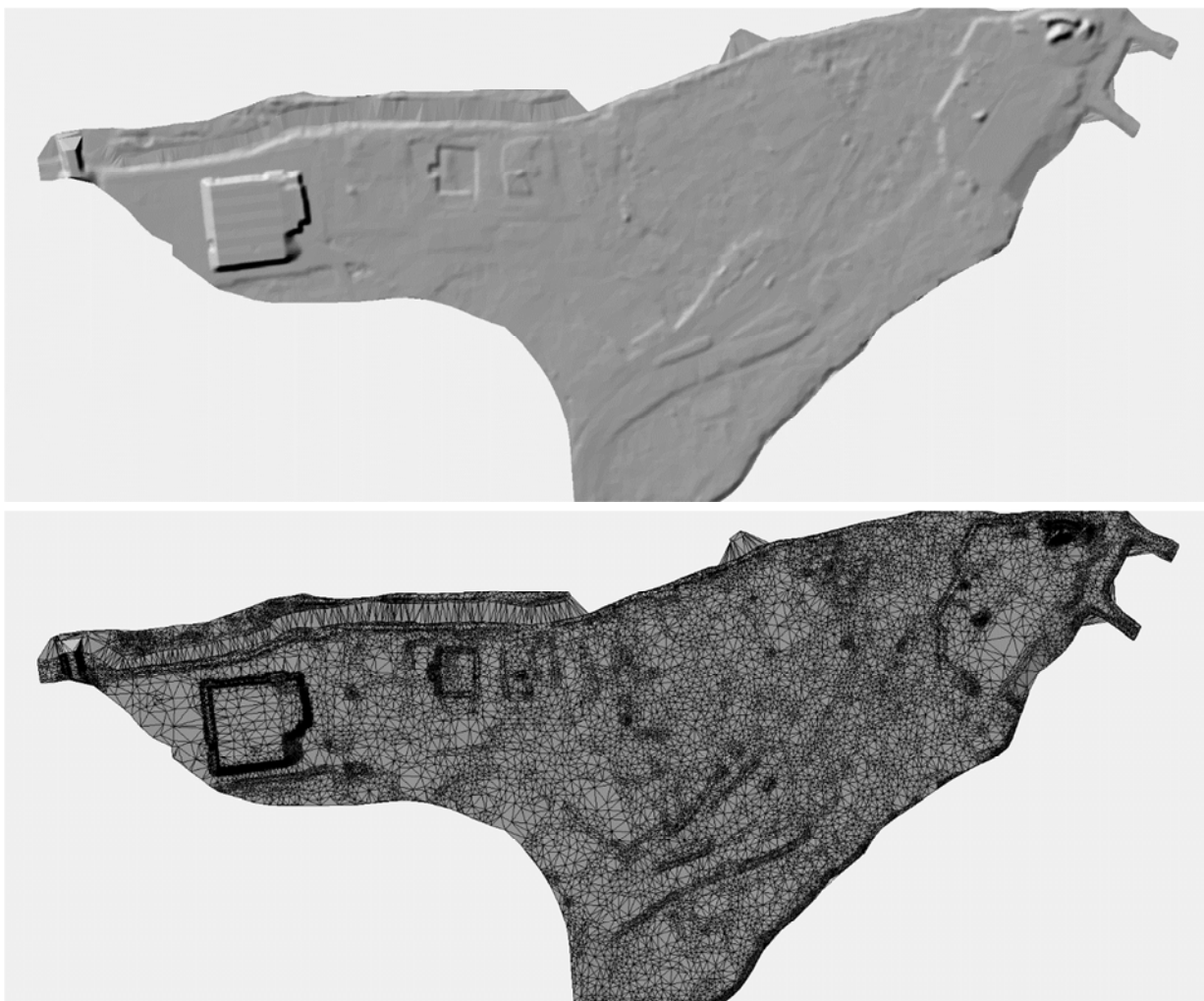


Рисунок 2.3.7 – Упрощённая триангуляция (без выделения и с выделением рёбер)



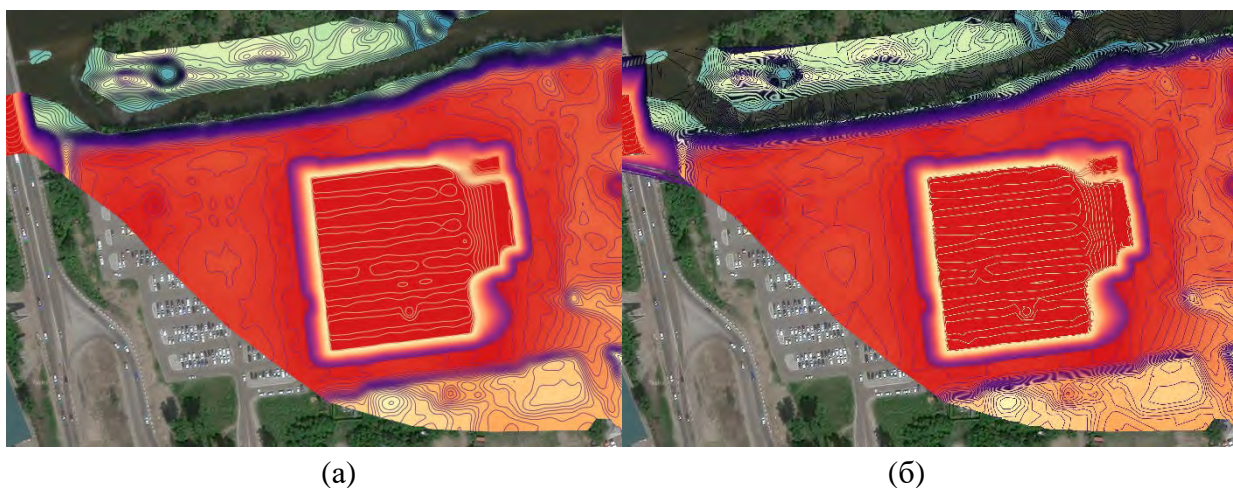


Рисунок 2.3.8 – Сравнение изолиний с шагом 0,1 м, построенных по сглаженному растру (а) с изолиниями, построенными по упрощённой триангуляции (б)

При использовании упрощённой триангуляции для построения изолиний получим результат, показанный на рис. 2.3.8б, который можно сравнить с изолиниями, построенными по растру рис. 2.3.8а. С учётом того, что изолинии идут с шагом 10 см, видно, что различия не являются существенными и находятся как раз в пределах 5 см по вертикали.

Далее используется алгоритм, позволяющий заменить фрагмент триангуляции на более точный, чтобы включить в априорные модели рельефа все уточнённые фрагменты. По этой модели рельефа могут быть построены изолинии, описывающие затопление любых фрагментов территории, а не только уточнённых ключевых участков. Пример уточнённого фрагмента модели показан на рис. 2.3.9. Видно, что на этом участке модель почти везде существенно изменилась, поскольку были использованы новые данные, но юго-восточная часть осталась неизменной – там по-прежнему используются горизонтали от априорной модели.



Рисунок 2.3.9 – Изолинии, построенные по (а) априорной и (б) уточнённой модели рельефа Иркутского водохранилища в районе посёлка Бурдугуз



В ходе фотограмметрической обработки съёмки с БПЛА получена растровая модель рельефа, которая может быть непосредственно использована для дальнейшей обработки. Кроме того, в ходе обработки создаётся плотное облако точек. Эти точки также могут быть использованы для получения ЦМР. Само плотное облако содержит чрезмерное количество точек (сотни миллионов точек на небольшой участок). В Agisoft Metashape реализовано прореживание плотного облака с заданным шагом, что позволяет получить более подходящее для дальнейшей обработки количество. Так, прореживание с шагом 0,8 м (в 10 раз больше исходной плотности точек) оставляет уже несколько миллионов точек. По этим точкам можно построить триангуляцию, однако она описывает ЦММ (рис. 2.3.10, 2.3.11). В Agisoft Metashape реализована классификация точек рельефа по углу наклона треугольников. После применения этого алгоритма с параметрами по умолчанию ( $15^\circ$  наклона) получаем в основном точки рельефа (рис. 2.3.12, 2.3.13).

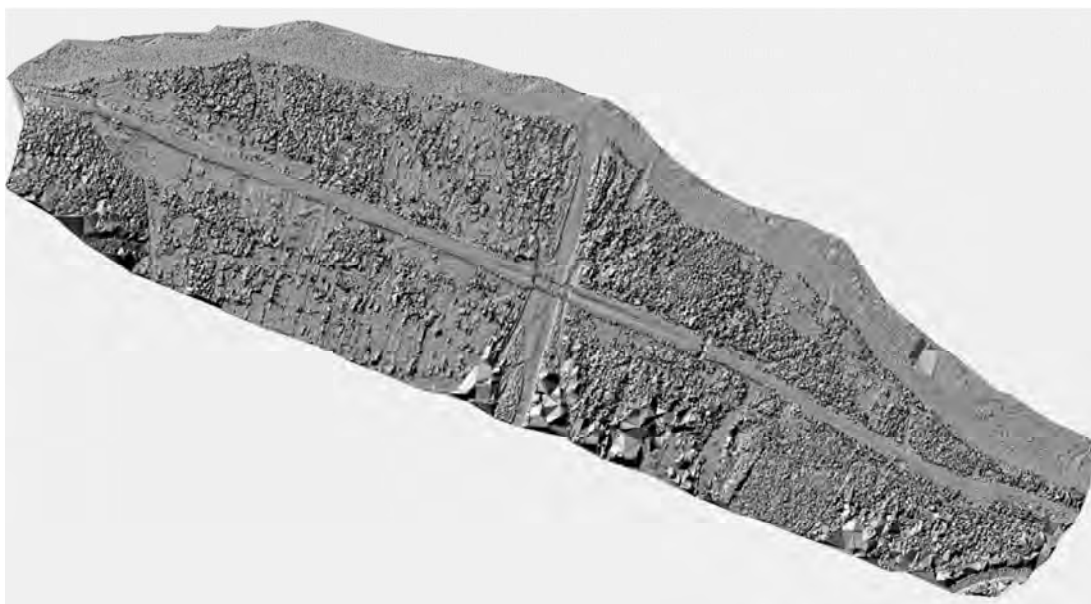


Рисунок 2.3.10 – Триангуляция, построенная по прореженному плотному облаку точек для участка Мангутай

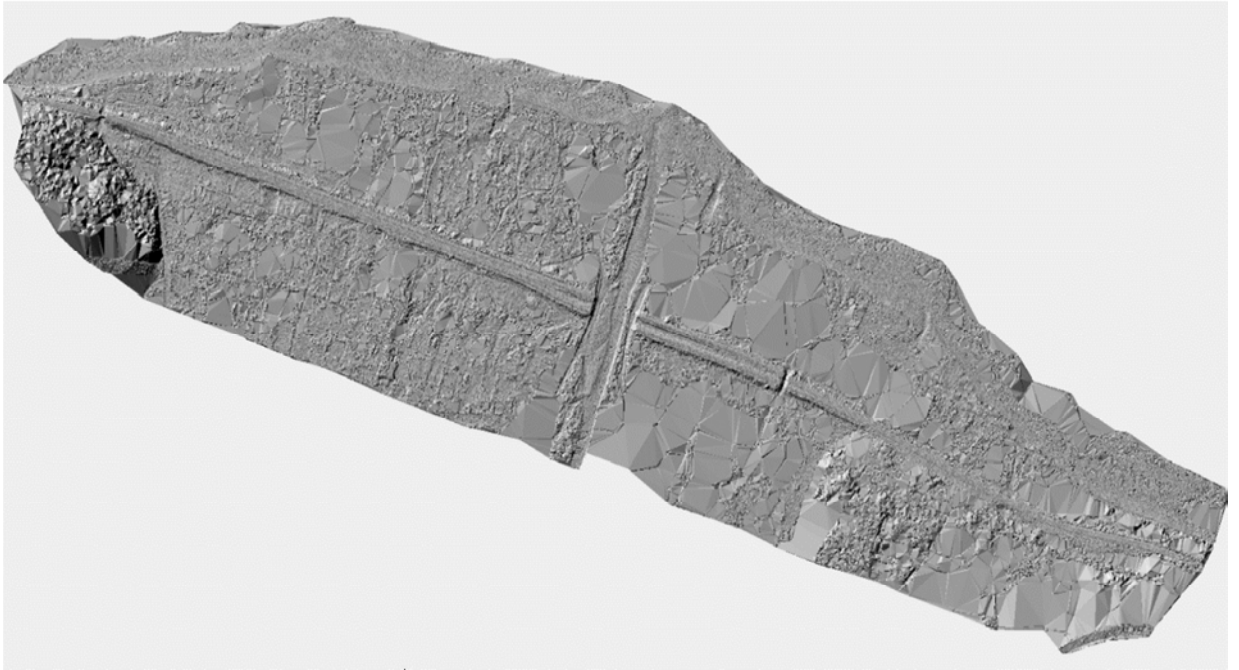


Рисунок 2.3.11 – Триангуляция, построенная по “точкам земной поверхности”  
прореженного плотного облака точек

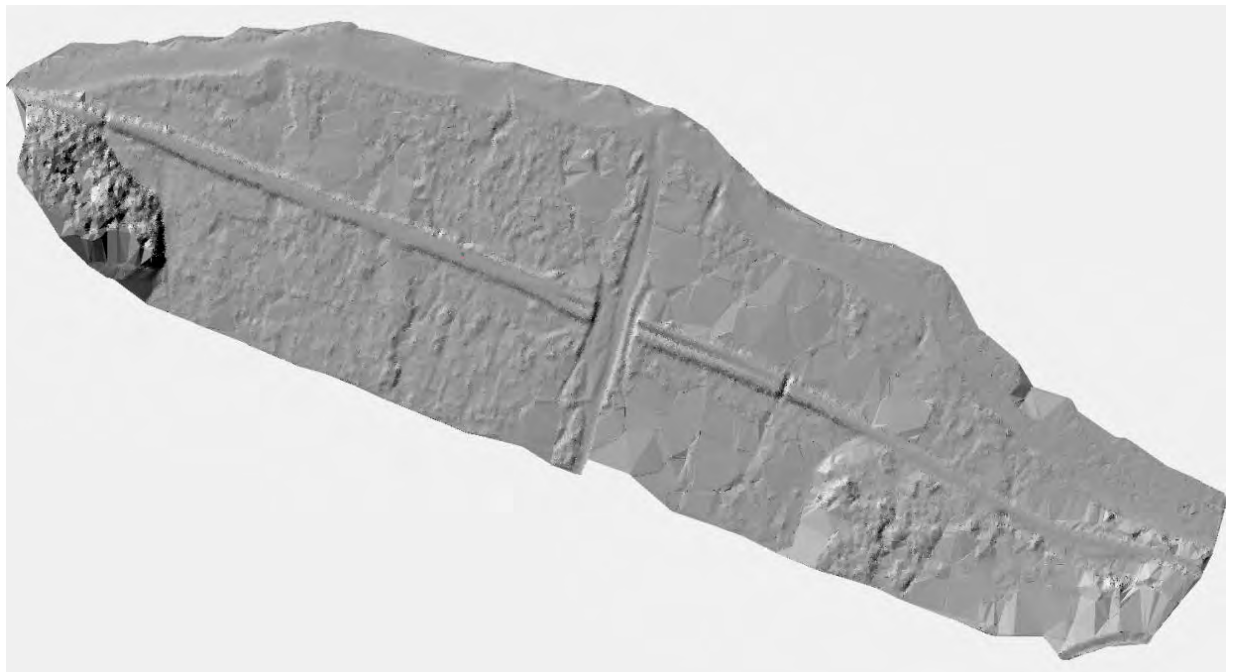


Рисунок 2.3.12 – Сглаженная триангуляция по “точкам земной поверхности”

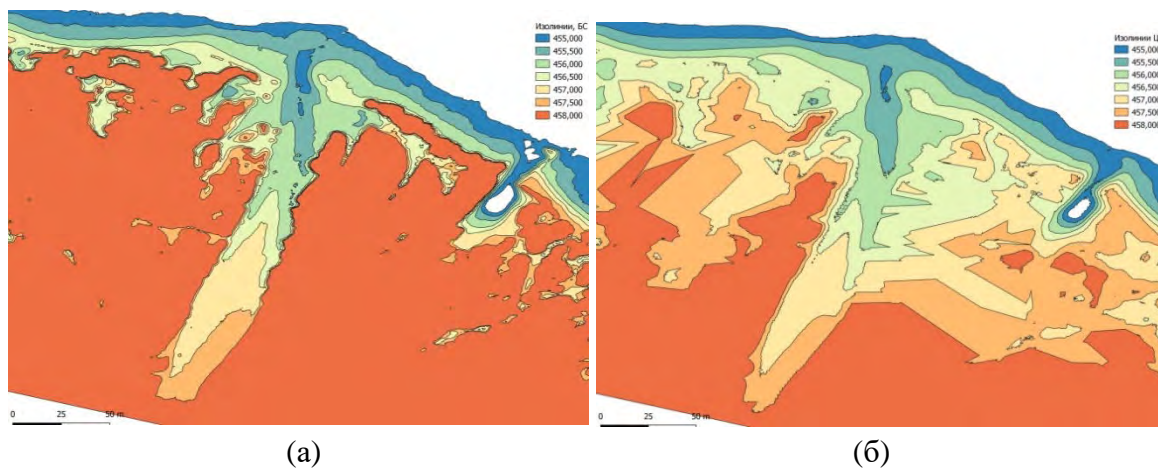


Рисунок 2.3.13 – Площадные изолинии, построенные по (а) всему облаку точек, (б) “точкам земной поверхности”

Таким образом, дальнейшая обработка разреженного и отфильтрованного облака точек выполняется уже рассмотренным для результатов лазерного сканирования способом: построение триангуляции по всем этим точкам, её растеризация, сглаживание, снижение разрешения до 1 м, построение упрощённой триангуляции с фильтрацией, замена фрагмента априорной модели на уточнённый (рис. 2.3.14–2.3.18). В результате таких замен получаем модель рельефа, уточнённую на ключевых участках, изолинии которой позволяют точнее определить зоны затопления и попадающие в них объекты.

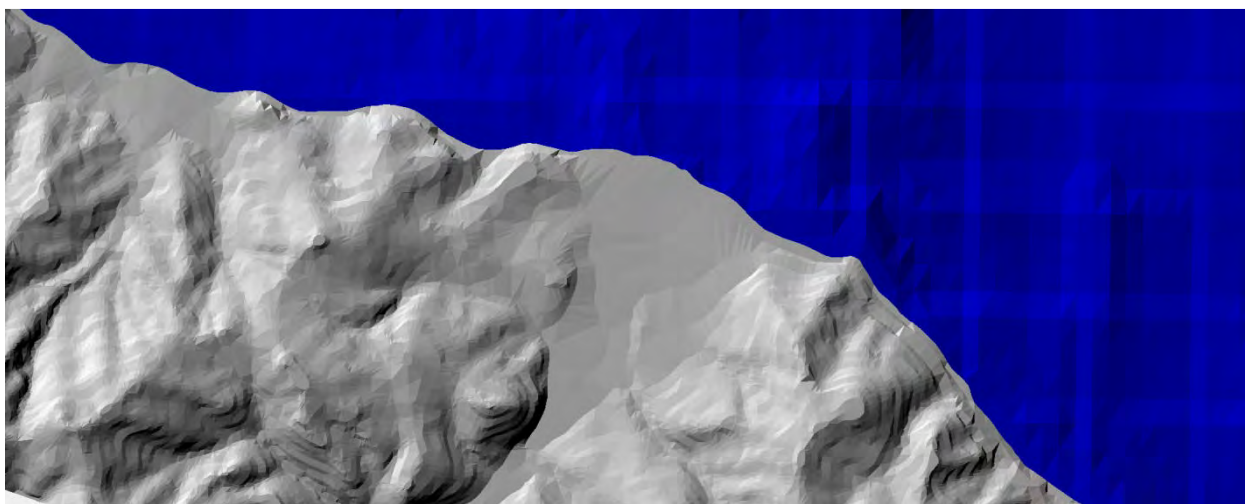


Рисунок 2.3.14 – Мангутай – априорная совмещённая модель



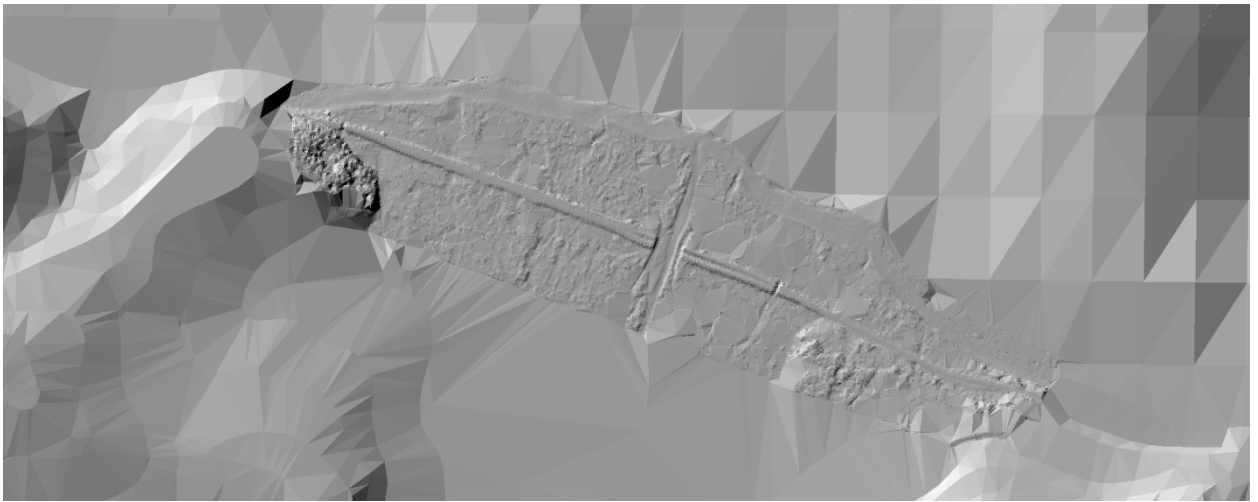


Рисунок 2.3.15 – Совмещённая модель после замены фрагмента

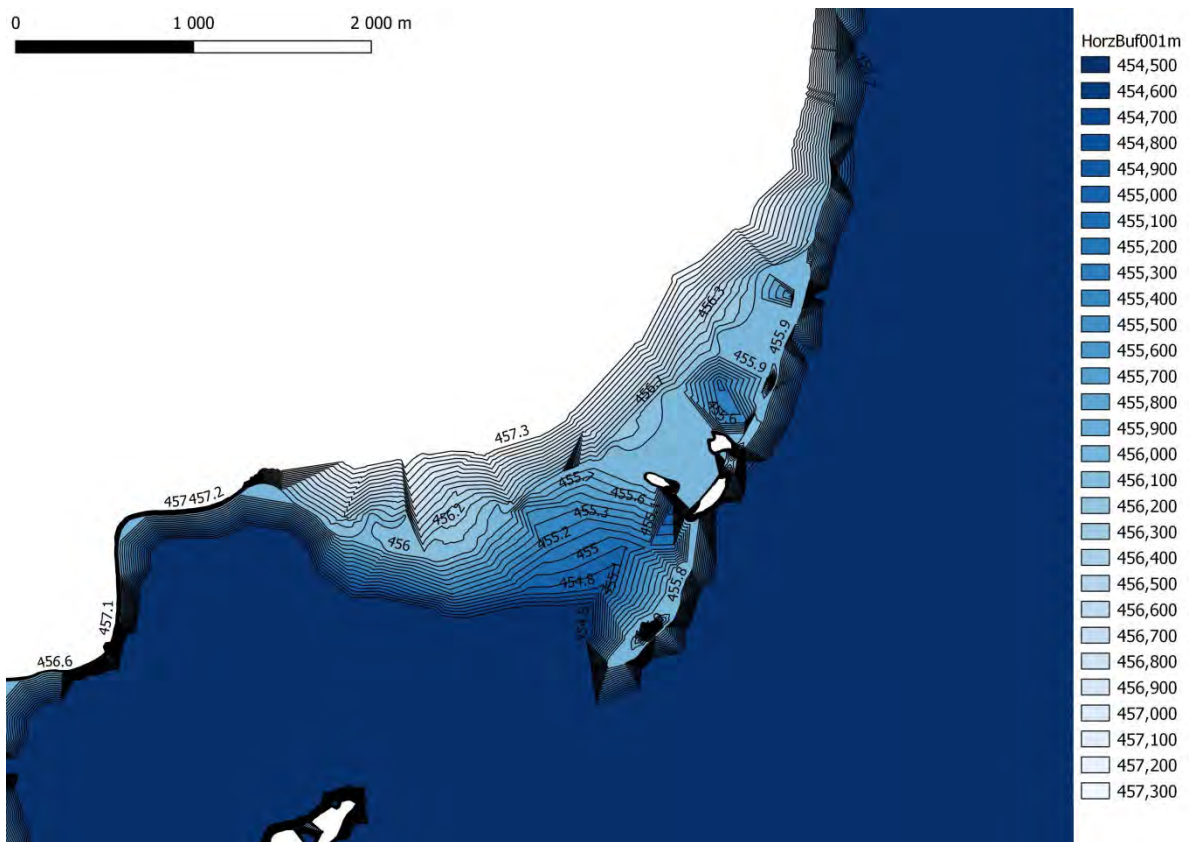


Рисунок 2.3.16 – Площадные объекты, описывающие водную поверхность при различных уровнях воды

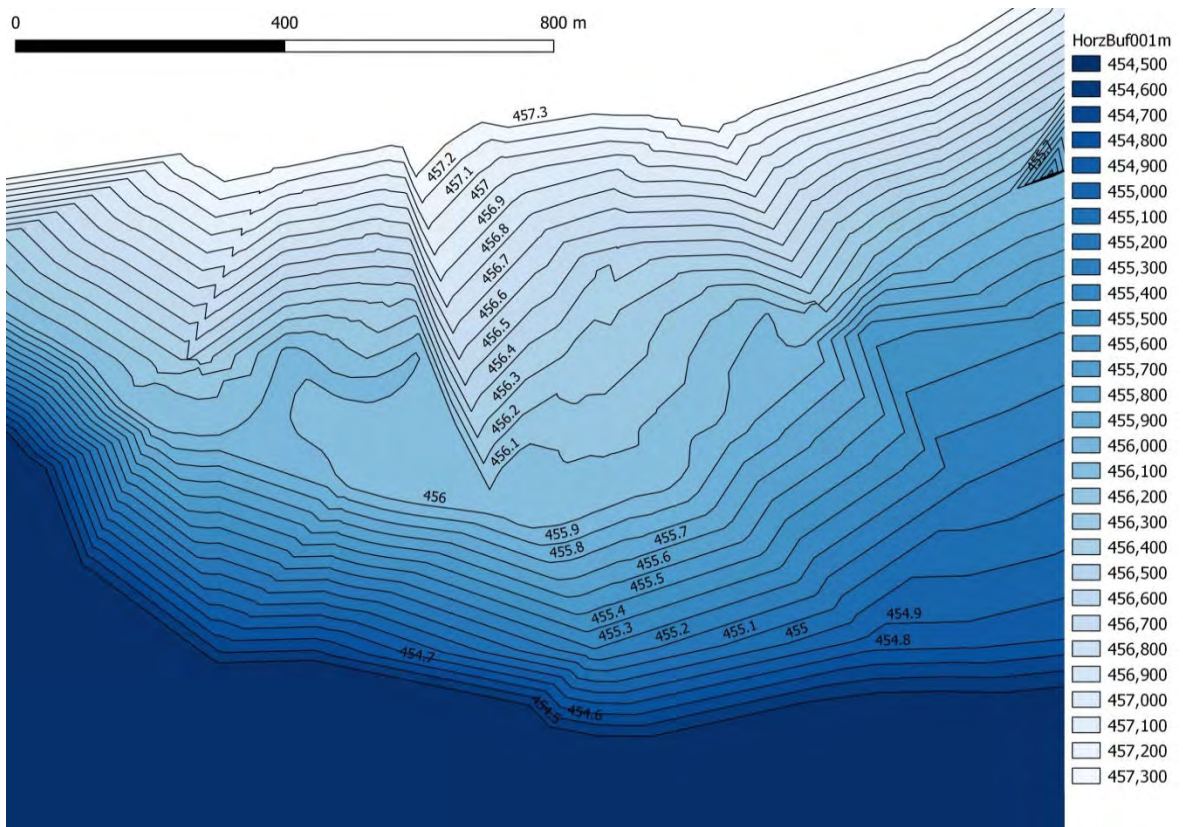


Рисунок 2.3.17 – Площадные объекты, описывающие водную поверхность при различных уровнях воды (увеличенный фрагмент)



Рисунок 2.3.18 – Пересечение исследуемых участков с объектами, описывающими водную поверхность при различных уровнях воды

Для дальнейшего использования полученных моделей рельефа требуется определять площади водных объектов и зоны затопления при различных уровнях воды. Для решения этой задачи недостаточно просто построить изолинии рельефа, поэтому разработан алгоритм получения площадных горизонтальных сечений триангуляционной ЦМР. При работе алгоритма построения площадных сечений поддерживается два режима замыканий: вокруг минимумов и вокруг максимумов. Для получения зон затопления необходимо использовать замыкание вокруг минимумов. Пересечение объектов, описывающих исследуемые участки с объектами, описывающими водную поверхность при различных уровнях воды, позволяет строить таблицы изменения площади водной поверхности на этих участках в зависимости от уровня воды, которые требуются для анализа последствий колебания уровня.

Дополнительно реализован алгоритм построения приращений площадей. Приращение площади – это разность между зоной затопления текущего уровня и зоной затопления предыдущего уровня. С использованием таких слоёв карт удобно находить приращения затопленной части отдельных площадных или линейных объектов при изменении уровня воды. Таким методом были вычислены ущербы от затопления различных видов линейных и площадных объектов на территориях Иркутской области, примыкающих к Байкалу и Иркутскому водохранилищу (рис. 2.3.19).

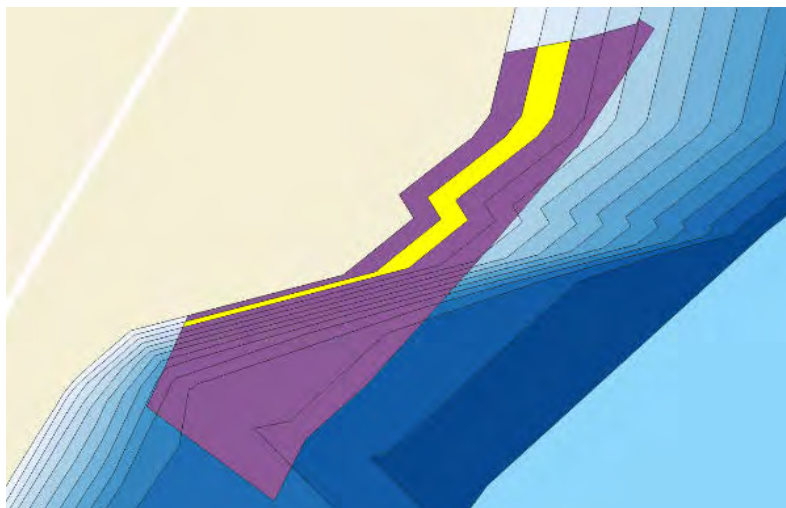


Рисунок 2.3.19 – Пересечение площадного объекта с приращениями зон затопления (один из полученных участков выделен)

Если для озёр и водохранилищ уровень воды описывается одним числом, то для рек этот уровень необходимо вычислить в каждой точке в зависимости от расхода воды и ряда других параметров. Для выполнения этих вычислений требуются профили рельефа вдоль линий, перпендикулярных направлению течения реки. Для получения профилей реализован алгоритм, получающий на вход полилинии, вдоль которых требуется найти

профили рельефа, и дающий на выходе таблицы изменения высоты рельефа в зависимости от расстояния от начала полилинии. Далее эта информация используется при разработке гидрологических моделей.

По результатам гидрологического моделирования каждому профилю сопоставляется уровень воды в этом месте при заданном расходе воды. Далее для получения контура зоны затопления создаётся триангуляция, описывающая поверхность уровня воды, которая затем вычитается из триангуляции, описывающей ЦМР. Контур зоны затопления – это изолиния на уровне 0 у разности этих триангуляций.

### Модель течения р. Ангара

На основе обозначенной выше уточненной модели рельефа был проведен расчет зон затоплений в нижнем бьефе ИГЭС при различных расходах через её створ. Для этого использовалась модель установившегося течения р. Ангара в виде задания большого числа базовых морфостворов, находящихся на заданном расстоянии друг от друга (20–50 м) и отражающих основные разветвления и соединения рукавов реки. На основе заданных морфостворов были сформированы контуры их поперечных сечений в виде зависимости высоты от расстояния до крайней точки левого берега морфоствора. Расчет геометрических характеристик каждого морфоствора производился по следующим формулам:

$$P = \sum_{(i)} l_i, \quad S = \sum_{(i)} s_i, \quad B = \sum_{(i)} b_i, \quad l_i = \sqrt{h_i^2 + b_i^2}, \quad s_i = (h_{i-1} + h_i) \cdot b_i / 2, \quad i = \overline{1, N},$$

$$R = S / P, \quad Q = V \cdot S, \quad K = C \cdot S \cdot \sqrt{R}, \quad C = R^y / n_i, \quad y = 1/6,$$

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \quad (\text{формула Шези}),$$

где  $P$  – смоченный периметр;  $S$  – площадь сечения;  $B$  – ширина реки;  $R$  – гидравлический радиус;  $Q$  – расход воды;  $K$  – расходная характеристика;  $V$  – средняя скорость потока воды;  $C$  – коэффициент Шези;  $I$  – наклон водной поверхности;  $h_i$ ,  $b_i$ ,  $l_i$ ,  $s_i$ ,  $n_i$  – глубина, ширина, длина, площадь и шероховатость  $i$ -го участка сечения.

Методом итераций для малого изменения уровня реки по установленным расходам через ИГЭС проведены расчеты указанных показателей с задаваемой ошибкой. Для каждого расхода выполнен расчет морфометрических характеристик всех заданных морфостворов, уровень воды которого определяется на основе средней скорости потока. После итерационных процедур уточнения уровня в каждом морфостворе определяется структура их характеристик. Далее на их основе определяются параметры промежуточных морфостворов с равномерным по длине изменением уровня водной поверхности и проверкой гидравлических показателей.



Приведенная модель использовалась при расчете осредненных показателей расходов р. Ангара в нижнем бьефе ИГЭС в месячном и декадном разрешении, для которых допустимо использование гидравлических методов установившегося течения. Более подробные режимы (суточные, часовые) требуют применения методов гидродинамического моделирования (таких как 2-х мерные уравнения Сен-Венана). Данные методы и режимы в работе не рассматривались.

### **2.3.2 ГИС моделирование в границах Республики Бурятия**

Необходимым условием ГИС-моделирования зон затопления и осушения является разработка цифровой модели рельефа исследуемой территории в виде раstra, содержащего высоты местности, либо триангуляционной сети (TIN-модель). Дальнейший этап заключается в определении границ зон затопления путем пересечения соответствующего уровня воды и ЦМР. Следует отметить, что для водных объектов с условно статичной водной поверхностью (озера, водохранилища) данная задача имеет более простую реализацию, поскольку поверхность пересечения задается горизонтальной, в отличие от водотоков, где необходимо учитывать естественный уклон.

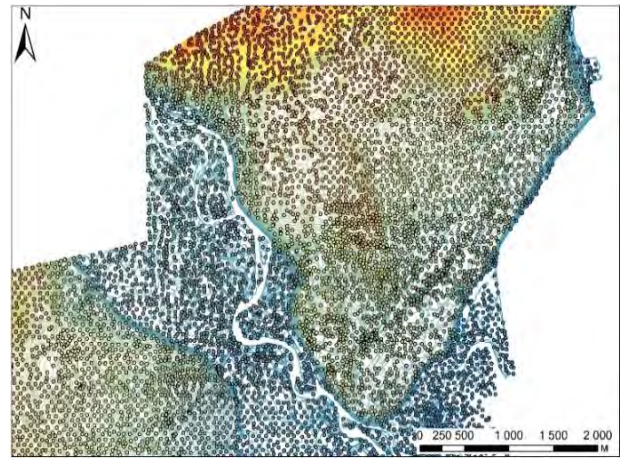
Создание ЦМР для территорий, подверженных ущербу при колебании уровня оз. Байкал описано в разделе 2.2. Моделирование зон затопления проведено для уровней 457,00; 457,10; 457,20; 457,30; 457,40; 457,50; 457,60; 457,70; 457,85 м ТО, зон осушения – для уровней 455,54; 455,75; 456,00 м ТО. Инструментом «Contour list (Изолинии по значениям)» ПО ArcGIS для каждого уровня определены границы пересечения водной поверхности и рельефа местности. Далее с помощью инструмента «Feature-to-polygon (Объект в полигон)» ПО ArcGIS получены полигональные векторные зоны затопления от уровня 457,00 м ТО до каждого вышележащего уровня и зоны осушения от каждого нижележащего уровня до уровня 456,00 м ТО.

На рис. 2.3.20 представлен пример процесса получения зоны затопления для г. Северобайкальск.

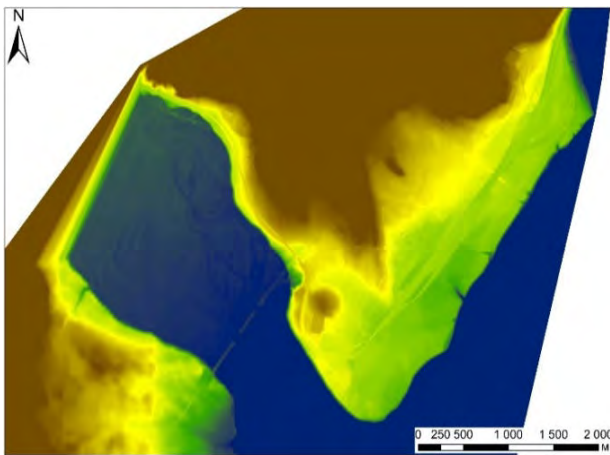
Таким образом, проведено ГИС-моделирование зон затопления/осушения мелководных зон и прибрежных территорий на отдельных участках в границах Республики Бурятия. Полученные данные переданы в Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Байкальский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Иркутский государственный университет для определения экологических и социально-ущербов. Площади зон затопления по объектам приведены в разделе 2.1, посвященному оценке ущербов.



(а)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 2.3.20 – Этапы ГИС-моделирования зон затопления на примере г. Северобайкальск: (а) – космоснимок города, сервис Google Earth, (б) – элементы рельефа топографической основы масштаба 1:2000, (в) – цифровая модель рельефа, (г) – зоны затопления, совмещенные с космоснимком города

## 2.4 Моделирование режимов Иркутской ГЭС при разных уровнях озера Байкал и расходах через гидроузел для разных условий водности с учетом уровней воды в нижнем бьефе

В соответствии с Техническим заданием в данном разделе рассмотрены:

- уровни Байкала в диапазоне 455,54–457,85 м ТО с шагом 10 см;
- расходы через ГЭС в диапазоне 1300(1250) – 6000 м<sup>3</sup>/с с шагом 400 м<sup>3</sup>/с;
- полезный приток в оз. Байкал в диапазоне обеспеченности 0,1–99,9 % с учетом максимального расхода р.Иркут в период июль-сентябрь с обеспеченностями 35–1%.

Уровень оз. Байкал в значительной степени зависит от полезного притока в озеро и режимов (расходов) Иркутской ГЭС (ИГЭС). В настоящем разделе рассмотрены возможные диапазоны изменения уровня оз. Байкал и расходов ИГЭС для разных условий водности с учетом различных ограничений (водохозяйственных, технических и других, предусмотренных действующим законодательством и техническим проектом ИГЭС).

Моделирование режимов ИГЭС проводилось по данным полезного притока за 123-летний период непрерывных наблюдений (с 1900 по 2021 гг., а также включением 1899 г.) в декадном разрешении для каждого водохозяйственного года (с мая по апрель) при различных начальных уровнях воды в оз. Байкал: 456,15 и 456,00 м ТО. Первый показатель является уровнем обязательной предполоводной сработки, предусмотренный Правилами использования водных ресурсов (ПИВР) [1] и техническим проектом, второй – нижней границей регулирования в Постановлении Правительства (далее - Постановлении) № 234 (от 26 марта 2001 г.) и временном Постановлении № 379 (от 16 марта 2022 г.) для средней водности.

**Уровень озера.** Возможная нижняя граница уровня озера (455,54 м ТО) отражает уровень мертвого объема (УМО) в соответствии с техническим проектом и ПИВР, а также является минимально допустимой нижней границей регулирования уровня оз. Байкал по действующему временному Постановлению № 379. Данная отметка определена на основании ранее выполненного исследования (НИР 2015 г. «Оценка связи (влияния) уровня режима озера Байкал (Иркутского водохранилища) с его экологическим состоянием и современными социально-экономическими требованиями...») и соответствует обеспеченности полезного притока 99,99%.

Возможная верхняя граница уровня озера (457,85 м ТО) является максимально допустимой верхней границей регулирования уровня оз. Байкал по действующему временному Постановлению № 379. Данная отметка также определена на основании исследования 2015 г. и соответствует обеспеченности полезного притока 0,01%.

Основное внимание при моделировании режимов уделяется многоводным и маловодным годам (периодам) с оценками возможного повышения уровня озера выше отметки 457,00 м ТО (многоводные годы) и понижения уровня ниже отметки 456,00 м ТО (маловодные годы). При этом рассматриваются режимы и вероятности нарушения показателей, при которых возможно достижение отметок 457,10; 457,20; 457,30; 457,40; 457,50; 457,60; 457,70; 457,80 м ТО при высокой водности, а также отметок 455,90; 455,80; 455,70; 455,60 м ТО при низкой водности.

Полученные при моделировании показатели уровневых режимов озера в диапазоне 456,00–457,00 м ТО не приводятся, так как они соответствуют нормальным рабочим режимам в условиях средней и близкой к ней водности, назначаемым в соответствии с ПИВР и диспетчерским графиком и не вызывают каких-либо существенных проблем и противоречий при управлении режимами.

**Расход через ИГЭС.** Диапазон возможных изменений расходов ИГЭС составляет 1300(1250) – 6000 м<sup>3</sup>/с, при этом 1300(1250) м<sup>3</sup>/с соответствует минимально допустимому расходу по условиям обеспечения нормальной работы водозаборов в нижнем бьефе ИГЭС, а 6000 м<sup>3</sup>/с – максимально допустимый расход по условиям затоплений в нижнем бьефе (с учетом расхода р. Иркут) в соответствии с техническим проектом ИГЭС.

Диапазон расходов 1300(1250)–2800 м<sup>3</sup>/с соответствует обычному рабочему диапазону при регулировании режимов в условиях средней и близкой к ней водности. Начиная с расходов 2800 м<sup>3</sup>/с и выше в современных условиях происходит затопление территорий нижнего бьефа. В этой связи основное внимание при моделировании режимов уделяется повышенным расходам: 3200; 3600; 4000; 4400; 4800; 5200; 5600 м<sup>3</sup>/с.

**Водность (обеспеченность притока).** Как уже отмечалось выше, предельные значения верхней и нижней границе возможного уровня озера Байкал соответствует обеспеченностям 0,01 и 99,99%. Для моделирования рассматриваются более узкий диапазон обеспеченности 0,1–99,9%. При этом, с учетом ранее выполненных исследований, основное внимание уделяется показателям водности обеспеченностью 1–30% и 90–99%.

**Ограничения.** Учитываются ограничения по пропускной способности истока Ангары по установившемуся течению реки в виде серий кривых уровней оз. Байкал, уровней воды у плотины, а также расходов через ГЭС (рис. 2.4.1). Например, максимальный расход через ИГЭС при уровне оз. Байкал 457,00 м ТО составляет 4400 м<sup>3</sup>/с.

Технические требования ИГЭС включают выполнение минимально допустимого напора (не ниже 25 м) и уровня воды у плотины (не ниже 454,0 м).

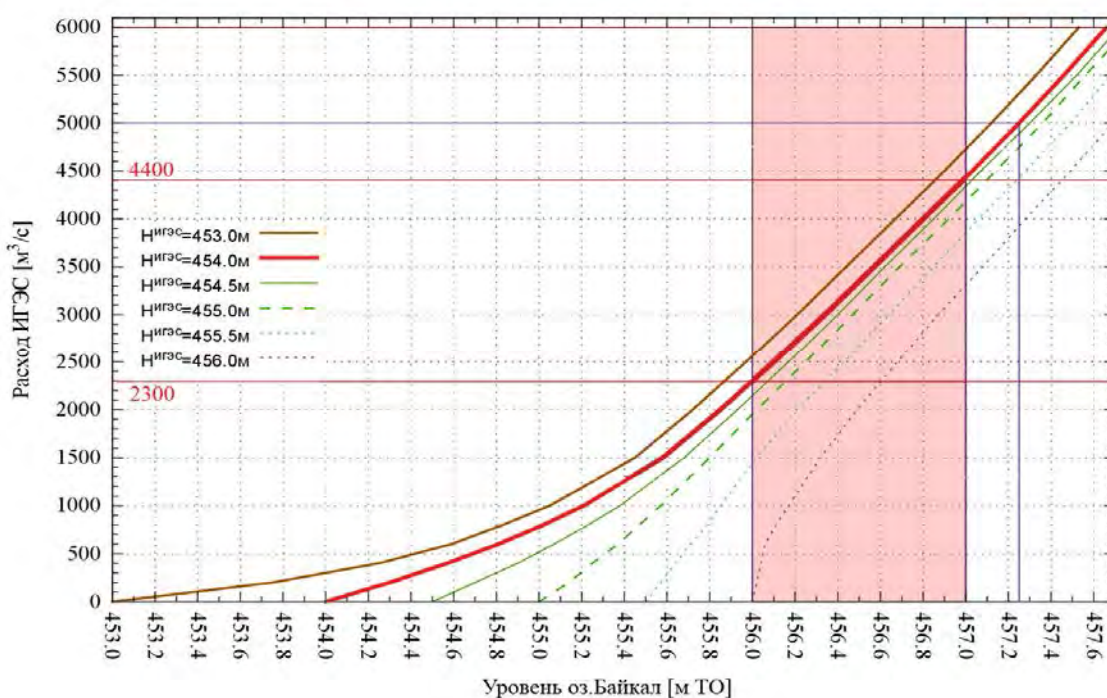


Рисунок 2.4.1 – Кривые зависимостей максимального расхода Иркутской ГЭС от уровня воды в оз. Байкал для разных уровней воды у плотины

Выполнение требований летней навигации в нижнем бьефе обеспечивается расходом через ГЭС не менее 1500 м<sup>3</sup>/с.

Ограничения в зимний период принимаются в связи с ледообразованием на водохранилище и в нижнем бьефе: с учетом ледовых ограничений максимальный расход через ГЭС в зимне-весенний период (с декабря по апрель) ограничен 2500 м<sup>3</sup>/с; с учетом фактических данных максимум расхода для февраля составляет 1800 м<sup>3</sup>/с, для марта – 2000 м<sup>3</sup>/с.

Также учитываются другие ограничения по режимам в соответствии с ПИВР.

**Уровень нижнего бьефа.** Изменение уровней нижнего бьефа зависит от расхода через ГЭС по зависимостям, представленным в таблице 2.4.1 (исходные данные для интерполяции таблицы – проект ПИВР Иркутского водохранилища и озера Байкал, 2013 г.). Необходимо отметить, что максимальный наблюдаемый расход через ИГЭС составлял около 4200 м<sup>3</sup>/с (1973 г.), имеющиеся интерполяционные данные могут отличаться от фактических данных в связи с застройкой территорий и изменением рельефа в русле Ангары.

Таблица 2.4.1 – Зависимость уровня нижнего бьефа от расхода через Иркутскую ГЭС

Расход через ИГЭС, м <sup>3</sup> /с	Уровень нижнего бьефа, м ТО
1300	425,41
1600	425,90
2000	426,39
2400	426,76
2800	427,09
3200	427,39
3600	427,66
4000	427,93
4400	428,14
4800	428,36
5200	428,54
5600	428,72
6000	428,90

Как видно из таблицы, максимальное повышение уровня нижнего бьефа относительно минимального расхода через ГЭС составляет около 3–4 м, однако ниже по руслу Ангары повышение уровня может достигать около 5 м в связи с особенностями рельефа, а также впадением боковых притоков (прежде всего, р. Иркут).

**Расходы р. Иркут.** Река Иркут, впадающая в Ангару в нижнем бьефе, при высокой водности ограничивает расход через ИГЭС. В соответствии с требованиями технического проекта, суммарный расход Ангары и Иркуты в нижнем бьефе не должен превышать 6000 м<sup>3</sup>/с.

Для учета р. Иркут при моделировании рассматриваются 2 варианта его притока:

1. обеспеченность 35%, соответствующая среднему месячному притоку 400 м<sup>3</sup>/с (максимальный расход через ИГЭС 5600 м<sup>3</sup>/с);

2. обеспеченность 1%, соответствующая среднему месячному притоку 800 м<sup>3</sup>/с (максимальный расход через ИГЭС 5200 м<sup>3</sup>/с);

Данные ограничения действуют только при моделировании многоводных периодов на оз. Байкал.

**Сценарии моделирования.** Для определения возможных диапазонов изменений уровня озера для разных условий водности проведено моделирование 2-х сценариев регулирования режимов ГЭС:

**1. «Базовый вариант»**, в котором учитываются действующее законодательство и требования регулирования режимов ИГЭС в рамках ПИВР 1988 г. При этом энергетические требования по мощности и совместной работе с Ангаро-Енисейским

каскадом в диспетчерском графике ИГЭС заменяются на соответствующие диапазоны расходов (1500–2800 м<sup>3</sup>/с).

По данному сценарию до уровня озера 457,00 м расходы через ИГЭС не превышают 2800 м<sup>3</sup>/с, далее до уровня 457,50 м максимальные расходы ограничены диапазоном 3600–4500 м<sup>3</sup>/с, а выше уровня 457,50 м расходы могут повышаться до максимально допустимых значений (6000 м<sup>3</sup>/с с учетом р. Иркут).

**2. «Экологический» вариант**, в котором приоритетом является выполнение ограничения на метровый диапазон регулирования озера 456,00–457,00 м с учётом современных требований работы ИГЭС и водопользователей. Снижение вероятности нарушения верхней границы диапазона происходит за счет повышения расходов через ИГЭС до достижения отметки НПУ (включая холостые сбросы).

Необходимо отметить, что так как в настоящее время задача определения экологических требований к режимам оз. Байкал остается нерешенной (будет определяться на следующем – 3-м этапе работы), в качестве их предварительного варианта рассматривается ограничение диапазона регулирования озера в рамках выполнения Постановления №234 для уровней 456,00–457,00 м, когда это позволяют складывающиеся гидрологические условия.

По данному сценарию до уровня озера 456,90 м расходы через ИГЭС не превышают 2800 м<sup>3</sup>/с, далее до уровня 457,00 м допустимо повышение расходов до 3200 м<sup>3</sup>/с (по условию нормальной работы гидротурбин), выше 457,00 м и до 457,50 м максимальные расходы ограничены 4500 м<sup>3</sup>/с с более жестким, по сравнению с базовым сценарием, режимами повышения расхода.

**Результаты моделирования.** При моделировании режимов ИГЭС использовалась разработанная в ИСЭМ СО РАН система моделей, объединяющая различные классы моделей (водохозяйственные, гидрологические, гидравлические и др.) в единый программный комплекс [2–6]. Он позволяет исследовать проблемы управления режимами ГЭС в составе водохозяйственной и энергетической систем с учетом различных ограничений, а также формировать предложения по долгосрочным режимам, повышению устойчивости, надежности и эффективности работы систем при планировании и управлении.

Результатами моделирования являются расчетные показатели режимов ГЭС (уровни озера, расходы через ИГЭС и др.), диапазоны их изменений по всем внутригодовым интервалам времени для всего периода наблюдений, включающего различные условия водности.



**Сценарий 1 (базовый).** Полученные результаты моделирования режимов ИГЭС по рассмотренному сценарию для разных условий водности (включая обеспеченность 0,1%) и 2-х начальных уровней оз. Байкал приведены в таблице 2.4.2. Определены максимальные отметки озера и расходы через ГЭС, а также продолжительности нарушения отметки 457,00 м. В таблицах 2.4.3 и 2.4.4 представлены вероятности выполнения/нарушения заданных уровней озера и расходов через ГЭС.

По данным фактического притока, превышение уровня 457,00 м происходит с вероятностью 27–36%, то есть приблизительно каждый 4-й (и даже 3-й) год и в значительной степени зависит от начальных условий (отметки уровня на 01.05). Вероятность нарушения отметки 457,10 м существенно уменьшается и составит 10–20% за счет повышения холостых расходов через ГЭС до значений 3200–3600 м<sup>3</sup>/с. Максимальный уровень озера составляет 457,54–457,58 м с одновременным повышением расхода через ИГЭС до 5600 м<sup>3</sup>/с, что относится только к условиям одного катастрофически многоводного 1932 г. обеспеченностью 0,8%. По всем остальным годам уровень озера не нарушает границу 457,50 м, а максимальный расход ИГЭС не превысит 4400–4600 м<sup>3</sup>/с.

Таблица 2.4.2 – Показатели режимов ИГЭС с превышением максимального уровня оз. Байкал 457,20 м (сценарий 1)

H <sub>0</sub> =456,15 м			H <sub>0</sub> =456,00 м			Обеспечен. притока, %	Год-аналог
Макс. уровень, м ТО	Макс. расход ГЭС, м <sup>3</sup> /с	Превыш. 457,00 м, дней	Макс. уровень, м ТО	Макс. расход ГЭС, м <sup>3</sup> /с	Превыш. 457,00 м, дней		
<b>457,77</b>	<b>5600</b>	<b>176</b>	<b>457,70</b>	<b>5600</b>	<b>157</b>	<b>0,1*</b>	-
<b>457,58</b>	5600	145	<b>457,54</b>	5600	134	0,8	1932
<b>457,50</b>	4590	129	<b>457,44</b>	4350	119	1,6	1973
<b>457,38</b>	4200	119	<b>457,33</b>	4060	109	4,0	1988
<b>457,35</b>	4110	138	<b>457,30</b>	3980	125	2,4	1938
<b>457,30</b>	3970	96	<b>457,25</b>	3750	80	6,5	1906
<b>457,29</b>	3940	94	<b>457,23</b>	3690	85	4,8	1985
<b>457,29</b>	3930	105	<b>457,22</b>	3660	84	7,3	1971
<b>457,26</b>	3840	113	<b>457,21</b>	3630	98	3,2	2021

\* теоретический

Таблица 2.4.3 – Вероятности превышения уровней оз. Байкал (сценарий 1)

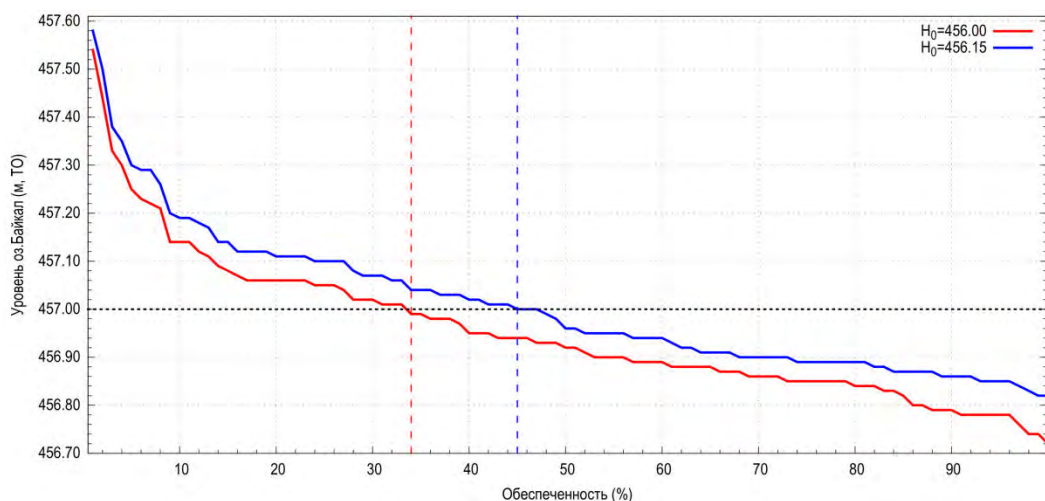
Уровень оз.Байкал, м ТО	H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м	
	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %
457,00	44	64,2	33	73,2
457,10	23	81,3	13	89,4
457,20	8	93,5	8	93,5
457,30	4	96,7	3	97,6
457,40	2	98,4	2	98,4
457,50	1	99,2	1	99,2
457,60	0	100	0	100

Таблица 2.4.4 – Вероятности превышения расходов выше через ИГЭС выше 2800 м<sup>3</sup>/с (сценарий 1)

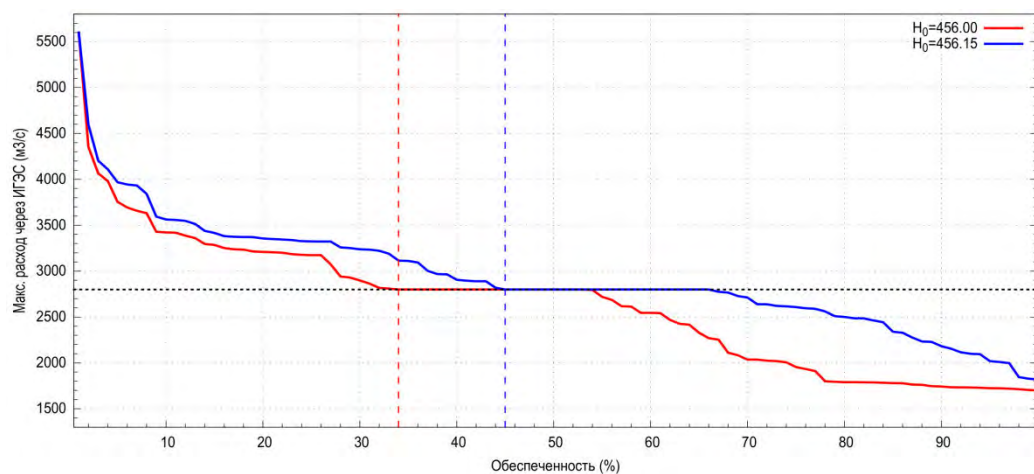
Расход через ИГЭС, м <sup>3</sup> /с	H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м	
	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %
2800	44	64,2	33	73,2
3200	32	74,0	22	82,1
3600	8	93,5	8	93,5
4000	4	96,7	3	97,6
4400	2	98,4	1	99,2
4800	1	99,2	1	99,2
5200	1	99,2	1	99,2
5600	0	100	0	100

На рис. 2.4.2 представлены кривые обеспеченностей максимальных уровней оз. Байкал и расходов через ИГЭС для рассмотренного сценария моделирования. Как видно из рисунка, полученные вероятности (обеспеченности) нарушения уровня 457,00 м соответствуют расходу через ГЭС 2800 м<sup>3</sup>/с.

Как уже было отмечено, при моделировании режимов ИГЭС необходимо учитывать приток р. Иркут в нижнем бьефе, который при высоких показателях ограничивает расход ГЭС (суммарный расход не должен превышать 6000 м<sup>3</sup>/с по правилам регулирования). В представленных выше таблицах максимальный расход через ГЭС ограничен объемом 5600 м<sup>3</sup>/с, что предполагает расход р. Иркут 400 м<sup>3</sup>/с (обеспеченность 35%). При обеспеченности 1% расход Иркута составляет около 800 м<sup>3</sup>/с, что при экстремально высокой водности может повысить максимальный уровень оз. Байкал на 2–4 см (таблица 2.4.5).



(а)



(б)

Рисунок 2.4.2 – Обеспеченности максимальных уровней оз. Байкал (а) и расходов через ИГЭС (б) (сценарий 1)

Таблица 2.4.5 – Изменение максимальных уровней оз. Байкал при 1% обеспеченности притока р. Иркут (сценарий 1)

$H_0=456,15$ м			$H_0=456,00$ м			Обес-печен. прито-ка, %	Год-аналог
Макс. уровень, м ТО	Макс. расход ГЭС, м3/с	Превыш. 457,00 м, дней	Макс. уровень, м ТО	Макс. расход ГЭС, м3/с	Превыш. 457,00 м, дней		
<b>457,81</b>	<b>5200</b>	<b>185</b>	<b>457,74</b>	<b>5200</b>	<b>164</b>	<b>0,1</b>	-
<b>457,61</b>	5200	148	<b>457,56</b>	5200	136	0,8	1932

Для оценки нарушения нижней границы регулирования оз. Байкал (456,00 м ТО) рассмотрены соответствующие маловодные периоды, по которым определены возможные минимальные уровни озера и продолжительности нарушений (таблицы 2.4.6, 2.4.7). Результаты расчетов показывают, что снижение уровня оз. Байкал ниже 456,00 м

происходит в 4–9 годах из 123-х, при этом максимальные нарушения наблюдаются по данным притока в 3-х ближайших маловодных годах (2014, 2015, 2017 гг.).

Таблица 2.4.6 – Показатели режимов ИГЭС со снижением уровня оз. Байкал ниже 456,00 м ТО (сценарий 1)

H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м		Обеспечен. притока, %	Год-аналог
Мин. уровень, м ТО	Снижен. 456,00 м, дней	Мин. уровень, м ТО	Снижен. 456,00 м, дней		
<b>455,76</b>	<b>136</b>	<b>455,66</b>	<b>165</b>	<b>99,9*</b>	-
<b>455,89</b>	92	<b>455,80</b>	128	99,2	2017
<b>455,90</b>	85	<b>455,81</b>	126	98,4	2015
<b>455,91</b>	76	<b>455,82</b>	122	97,6	1903
<b>455,93</b>	74	<b>455,84</b>	108	96,8	2014
		<b>455,90</b>	64	95,2	1979
		<b>455,93</b>	61	96,0	1972
		<b>455,97</b>	42	91,9	1977
		<b>455,98</b>	27	94,3	1922
		<b>455,99</b>	20	93,5	1981

\* теоретический

Таблица 2.4.7 – Вероятности снижения уровней оз. Байкал (сценарий 1)

Уровень оз. Байкал, м ТО	H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м	
	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %
456,00	4	96,7	9	92,7
455,90	1	99,2	4	96,7
455,80	0	100	0	100

**Сценарий 2 («экологический»).** По условию сценария устанавливаются более жесткие правила к расходам через ИГЭС для снижения вероятности нарушения выхода уровня озера за границы 456–457 м. Полученные результаты моделирования приведены в таблицах 2.4.8–2.4.10.

По данному сценарию превышение уровня 457,00 м происходит значительно реже базового и имеет вероятность 14–23%. Однако, при этом, значительно увеличивается количество лет с расходами выше 3600 м<sup>3</sup>/с (с вероятностью до 12%), 4000 м<sup>3</sup>/с (до 7%) и 4500 (до 4%), что неизбежно будет приводить к частым затоплениям территорий в нижнем бьефе. В экстремально многоводные годы это позволит снизить уровень озера на 5–10 см.

Таблица 2.4.8 – Показатели режимов ИГЭС с превышением максимального уровня оз. Байкал 457,10 м (сценарий 2)

H <sub>0</sub> =456,15 м			H <sub>0</sub> =456,00 м			Обеспечен. притока, %	Год-аналог
Макс. уровень, м ТО	Макс. расход ГЭС, м <sup>3</sup> /с	Превыш. 457,00 м, дней	Макс. уровень, м ТО	Макс. расход ГЭС, м <sup>3</sup> /с	Превыш. 457,00 м, дней		
<b>457,70</b>	<b>5600</b>	<b>154</b>	<b>457,64</b>	<b>5600</b>	<b>139</b>	<b>0,1*</b>	-
<b>457,50</b>	5600	125	<b>457,45</b>	5500	115	0,8	1932
<b>457,40</b>	4500	108	<b>457,35</b>	4500	99	1,6	1973
<b>457,25</b>	4500	96	<b>457,22</b>	4500	89	4,0	1988
<b>457,23</b>	4500	113	<b>457,20</b>	4490	102	2,4	1938
<b>457,20</b>	4400	76	<b>457,17</b>	4230	62	6,5	1906
<b>457,19</b>	4390	68	<b>457,16</b>	4190	61	4,8	1985
<b>457,19</b>	4390	74	<b>457,14</b>	4150	63	7,3	1971
<b>457,15</b>	4180	87	<b>457,13</b>	4020	77	3,2	2021

\* теоретический

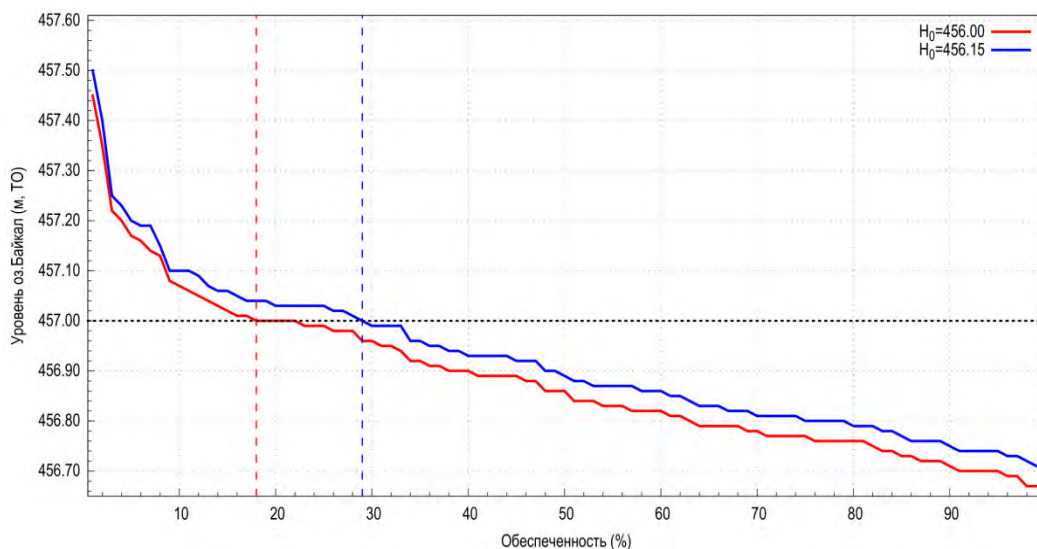
Таблица 2.4.9 – Вероятности превышения уровней оз. Байкал (сценарий 2)

Уровень оз. Байкал, м ТО	H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м	
	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %
457,00	28	77,2	17	86,2
457,10	8	93,5	8	93,5
457,20	4	96,7	3	97,6
457,30	2	98,4	2	98,4
457,40	1	99,2	1	99,2
457,50	0	100	0	100

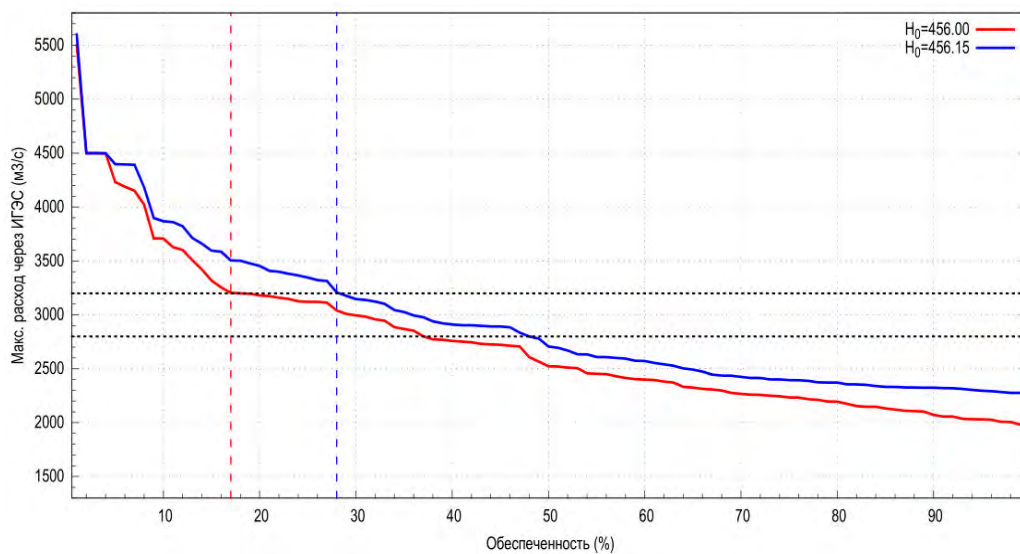
Таблица 2.4.10 – Вероятности превышения расходов через ИГЭС (сценарий 2)

Расход через ИГЭС, м <sup>3</sup> /с	H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м	
	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %
2800	47	61,8	37	69,9
3200	28	77,2	17	86,2
3600	14	88,6	12	90,2
4000	8	93,5	8	93,5
4400	4	96,7	4	96,7
4800	1	99,2	1	99,2
5200	1	99,2	1	99,2
5600	0	100	0	100

На рис. 2.4.3 представлены полученные кривые обеспеченностей максимальных уровней оз. Байкал и расходов через ИГЭС для рассмотренного сценария моделирования. Полученные вероятности (обеспеченности) нарушения уровня 457,00 м соответствуют расходу через ГЭС 3200 м<sup>3</sup>/с.



(а)



(б)

Рисунок 2.4.3 – Обеспеченности максимальных уровней оз. Байкал (а) и расходов через ИГЭС (б) (сценарий 2)

На рис. 2.4.4, 2.4.5 показаны графики моделирования пропуска экстремально многоводных паводков на примере 1932 и 1973 гг. по рассматриваемым сценариям. Второй сценарий позволит снизить максимальный уровень оз. Байкал на 7–10 см, при этом расходы через ГЭС повысятся на 400–600 м<sup>3</sup>/с.



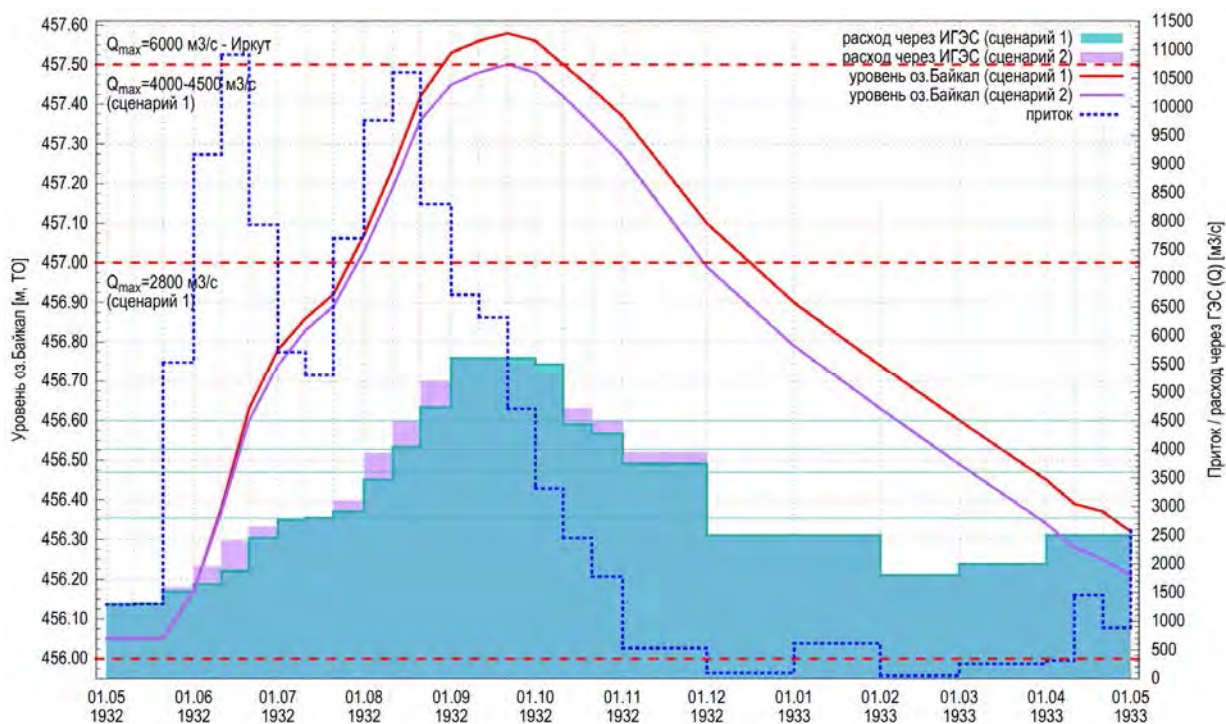


Рисунок 2.4.4 – Моделирование пропуска экстремально многоводного паводка на примере 1932 г. (обеспеченность 0,8%)

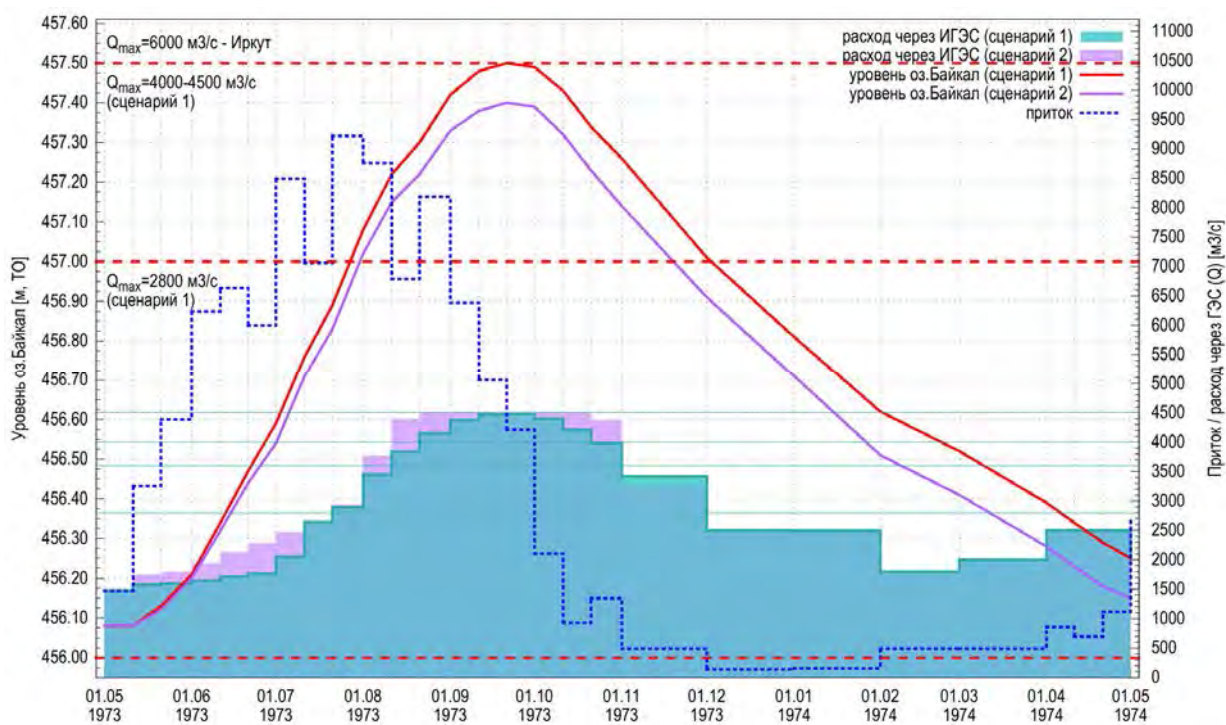


Рисунок 2.4.5 – Моделирование пропуска экстремально многоводного паводка на примере 1973 г. (обеспеченность 1,6%)

В таблице 2.4.11 показаны полученные взаимосвязи обеспеченностей притока, максимальных уровней оз. Байкал и расходов через ИГЭС для рассмотренных сценариев. Отдельно показаны диапазоны обеспеченностей притока для уровня 457,00 м.



Таблица 2.4.11 – Зависимости показателей уровней оз. Байкал и расходов ИГЭС от обеспеченности полезного притока (максимальные уровни оз. Байкал)

Сценарий 1			Сценарий 2		
Обеспеченность притока, %	Диапазоны уровней оз. Байкал, м ТО	Диапазоны расходов через ИГЭС, м <sup>3</sup> /с	Обеспеченность притока, %	Диапазоны уровней оз. Байкал, м ТО	Диапазоны расходов через ИГЭС, м <sup>3</sup> /с
0,1	457,70–457,77	5600	0,1	457,64–457,70	5600
1	457,54–457,58	4500–5600	1	457,45–457,50	4500–5600
10	457,16–457,22	3600–4000	10	457,09–457,13	4000–4500
20	457,08–457,14	3200–3600	20	457,02–457,06	3200–4000
30	457,02–457,08	3200–3600	30	456,97–457,01	2800–3200
<b>32–42</b>	<b>457,00</b>	<b>2800</b>	<b>24–32</b>	<b>457,00</b>	<b>3200</b>

Для оценки нарушения минимальных уровней оз. Байкал рассматриваются режимы с минимально допустимыми по требованию водозаборов расходами через ИГЭС 1300 м<sup>3</sup>/с (1250 м<sup>3</sup>/с с учетом ледовых условий). Результаты показывают (таблицы 2.4.12, 2.4.13), что даже при поддержании минимального расхода через ГЭС на всех интервалах года снижение уровня оз. Байкал ниже 456,00 м будет неизбежным в 2–6 годах из 123-х и также существенно зависит от уровня воды в начале периода.

Таблица 2.4.12 – Показатели режимов ИГЭС со снижением уровня оз. Байкал ниже 456,00 м ТО (сценарий 2)

H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м		Обеспечен. притока, %	Год-аналог
Мин. уровень, м ТО	Снижен. 456,00 м, дней	Мин. уровень, м ТО	Снижен. 456,00 м, дней		
<b>455,81</b>	<b>118</b>	<b>455,66</b>	<b>165</b>	<b>99,9*</b>	-
<b>455,95</b>	48	<b>455,80</b>	128	99,2	2017
<b>455,98</b>	25	<b>455,83</b>	120	98,4	2015
		<b>455,84</b>	110	97,6	1903
		<b>455,89</b>	92	96,8	2014
		<b>455,97</b>	46	96,0	1972
		<b>455,98</b>	34	95,2	1979

\* теоретический

Таблица 2.4.13 – Вероятности снижения уровней оз. Байкал (сценарий 2)

Уровень оз.Байкал, м ТО	H <sub>0</sub> =456,15 м		H <sub>0</sub> =456,00 м	
	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %
456,00	2	98,4	6	95,1
455,90	0	100	4	96,7
455,80	0	100	0	100

В таблице 2.4.14 показаны полученные взаимосвязи обеспеченностей притока, минимальных уровней оз. Байкал и расходов через ИГЭС для рассмотренных сценариев.

Таблица 2.4.14 – Зависимости показателей уровней оз. Байкал и расходов ИГЭС от обеспеченности полезного притока (минимальные уровни оз. Байкал)

Сценарий 1		Сценарий 2	
Обеспеченность притока, %	Диапазоны уровней оз. Байкал, м ТО	Обеспеченность притока, %	Диапазоны уровней оз. Байкал, м ТО
99,9	455,66–455,76	99,9	455,66–455,81
99	455,80–455,89	99	455,80–455,95
95	455,90–456,00	95	455,98–456,06
<b>91–95</b>	<b>456,00</b>	<b>94–97</b>	<b>456,00</b>

**Выполнение навигационных требований.** Выполнение требований навигации в нижнем бьефе обеспечивается расходом через ГЭС не менее 1500 м<sup>3</sup>/с в летне-осенний период (июнь-сентябрь). Условием прекращения навигации является попадание уровня оз. Байкал в соответствующую ограничительную зону диспетчерского графика. На основе масштабирования диспетчерских графиков ПИВР 1988 года границу данной зоны условно можно считать линией, проходящую с 1 мая на отметке 456,00 м и до 1 сентября на отметке 456,60 м. Полученные вероятности выполнения навигации по рассмотренным сценариям приведены в таблице 2.4.15, которые соответствуют нормативным требованиям.

Таблица 2.4.15 – Вероятность выполнения требований навигации в нижнем бьефе ИГЭС

Начальный уровень оз.Байкал, м ТО	Сценарий 1		Сценарий 2	
	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %	Кол-во лет нарушения	Вероятность выполнения, %
456,00	12	90,2	15	87,8
456,15	4	96,7	7	94,3

**Даты начала наполнения и сработки водохранилища.** При рассмотрении «экологического сценария», наряду с ограниченными диапазоном регулирования уровня, целесообразно также учитывать и даты достижения минимального и максимального уровней оз. Байкал, наблюдаемые в естественных условиях.

Дата минимального уровня оз. Байкал зависит от его фактического уровня на конец марта и от полезного притока в апреле. Полезный приток, в свою очередь, определяется условиями снеготаяния в бассейне его водосбора. Для апреля характерны значительные неравномерности притока по декадам, что в совокупности приводит к значительным изменениям даты наступления минимального уровня. В естественных условиях дата минимального уровня фиксировалась в период **со 2 апреля по 9 мая**.

Дата достижения максимального уровня озера существенно зависит от суммарного притока за 5–9 месяцы. В естественных условиях максимальные уровни озера наблюдались в период **с 28 августа по 10 октября**.

Вероятности выполнения обозначенных дат по суточным данным с учетом современных ограничений на режимы ИГЭС представлены в таблице 2.4.16.

Таблица 2.4.16 – Вероятность сроков достижения минимального (завершение сработки) и максимального (завершение наполнения) уровня оз. Байкал

Минимальный уровень		Максимальный уровень	
Дата	Вероятность выполнения, %	Дата	Вероятность выполнения, %
21.04	75	21.09	85–90
25.04	88	25.09	86–93
28.04	91	28.09	89–95

Как видно из таблицы, совпадение дат завершения сработки/наполнения оз. Байкал в естественных и зарегулированных условиях возможно только в части лет, при этом требуется надежный долгосрочный (до 1 года) прогноз приточности вплоть до суточных режимов, что чрезвычайно сложно и при современном уровне знаний не представляется возможным на практике.

**Моделирование режимов ИГЭС с учетом влияния расхода р. Иркут в суточном разрешении.** Для уточнения прохождения периодов экстремально высокой водности на оз. Байкал и учета влияния р. Иркут рассмотрены сценарии суточных режимов ИГЭС в сочетании с полезным притоком в озеро на основе модификации 2-х гидрографов в декадно-месячном разрешении за 1973 и 1932 гг. с обеспеченностями 1,8% и 0,8% соответственно. Для учета влияния р. Иркут на расходы в нижнем бьефе использовались гидрографы реки в суточном разрешении с обеспеченностью 1% по критериям максимального паводка (1971 г.) и максимального среднего расхода за 8–9 месяцы (1973 г.).

На рис. 2.4.6, 2.4.7 представлены графики суточных режимов ИГЭС для сценария притока в оз. Байкал (1973 г.) и р. Иркут (1973, 1971 г.) с обеспеченностями 1%. Как видно из рисунков, максимальные уровни оз. Байкал составили 457,58 и 457,56 м ТО, а максимальные расходы – 4390 и 4430 м<sup>3</sup>/с соответственно. Суммарный расход не превышал 4500 м<sup>3</sup>/с. Несмотря на мощный паводок 1971 г. на р. Иркут (3870 м<sup>3</sup>/с), его влияние на уровеньный режим озера оказалось менее значительным. Количество дней превышения уровня 457,00 м ТО составили 132 и 130 соответственно. Превышение критической отметки уровня 457,50 м ТО происходило на 8 и 6 см соответственно.

Как показали расчеты, выполнение ограничения на максимальный уровень оз. Байкал 457,50 м ТО возможно только при допущении расширения максимального суммарного расхода в нижний бьеф до 6000 м<sup>3</sup>/с (с модельным максимальным расходом 4820 м<sup>3</sup>/с) или при понижении начального уровня оз. Байкал (на 1 мая) до 456,00 м ТО с выполнением ограничения на суммарный расход ИГЭС и р. Иркут 4500 м<sup>3</sup>/с.

Увеличение обеспеченности расхода р. Иркут до 35% приводит к снижению уровня только на 2–3 см при незначительном повышении максимальных расходов ИГЭС.

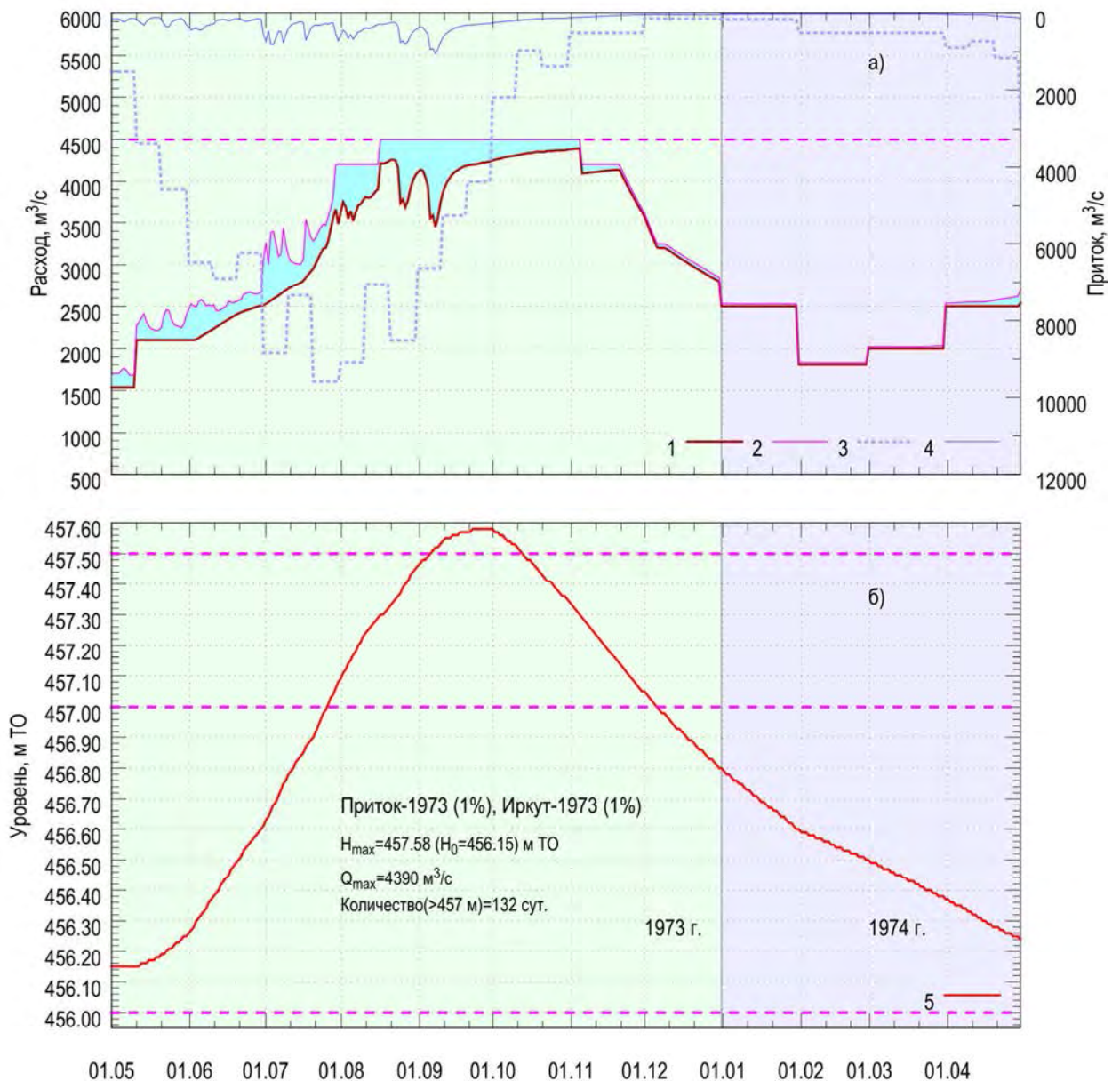


Рисунок 2.4.6 – Моделирование пропуска паводка на оз. Байкал и расхода р. Иркут с обеспеченностями 1% на основе гидрографов 1973 г. (1 – расход ИГЭС; 2 – суммарный расход ИГЭС и р. Иркут; 3 – полезный приток в оз. Байкал; 4 – расход р. Иркут; 5 – уровень оз. Байкал)

На верхней части рис. 2.4.6 (а) приведены графики изменения расхода ИГЭС и суммарного с р. Иркут расхода в нижний бьеф с выделением границ влияния. Также показаны графики полезного притока и расхода р. Иркут по правой оси (направленной вниз). На нижней части рисунка (б) приведен график изменения уровня озера.

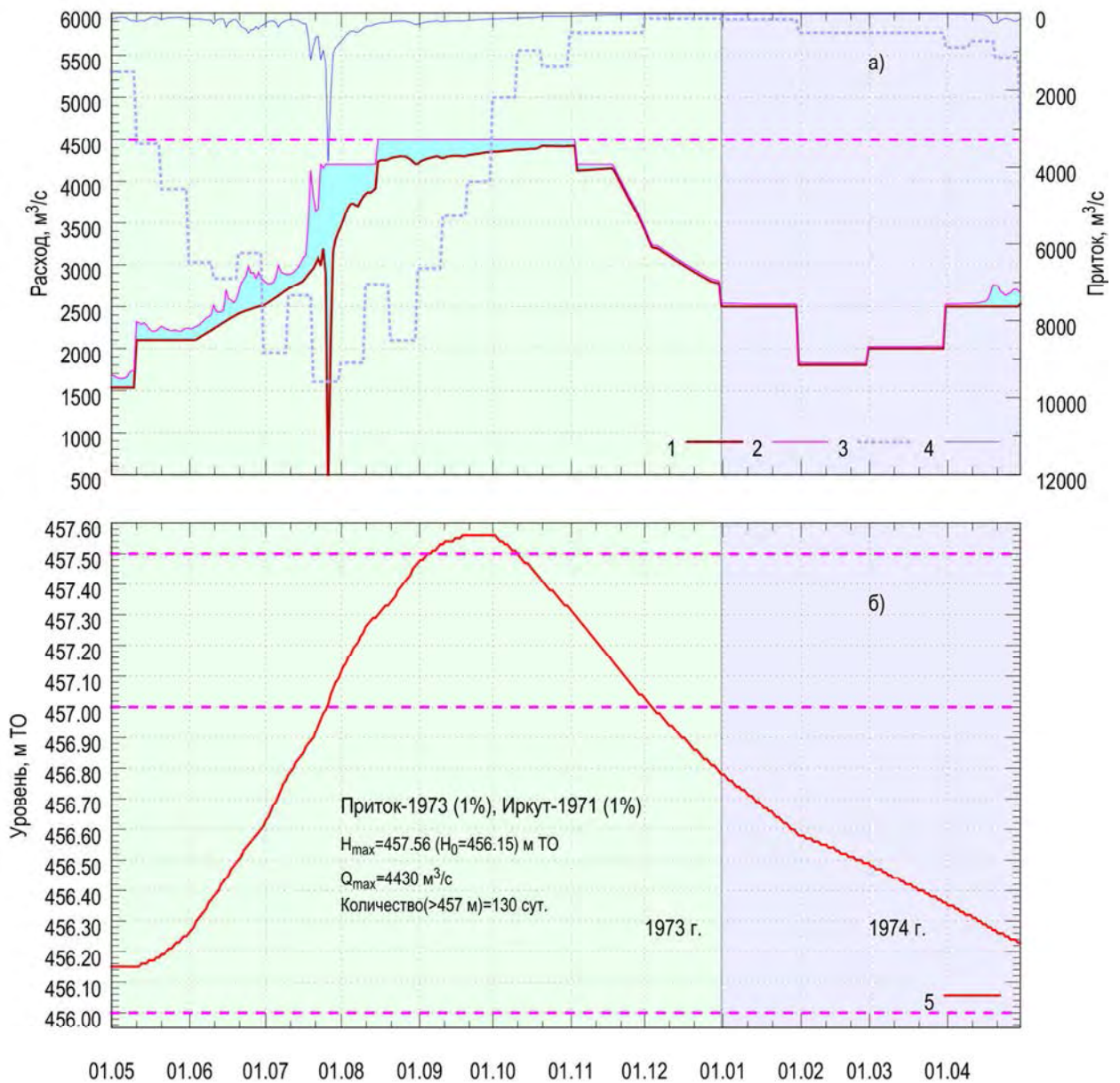


Рисунок 2.4.7 – Моделирование пропуска паводка на оз. Байкал и расхода р. Иркут с обеспеченностями 1% на основе гидрографа р. Иркут 1971 г. (1 – расход ИГЭС; 2 – суммарный расход ИГЭС и р. Иркут; 3 – полезный приток в оз. Байкал; 4 – расход р. Иркут; 5 – уровень оз. Байкал)

На рис. 2.4.8 представлены графики суточных режимов ИГЭС для сценария притока в оз. Байкал с обеспеченностью 0,8 % (1932 г.) и р. Иркут с обеспеченностью 1% (1973 г.). Максимальный уровень составил 457,72 м ТО при начальной отметке 456,15 м ТО (на 1 мая), а максимальный расход ИГЭС – 5470 м³/с. Количество дней превышения уровней 457,0 и 457,50 м ТО составили 152 и 71 соответственно.



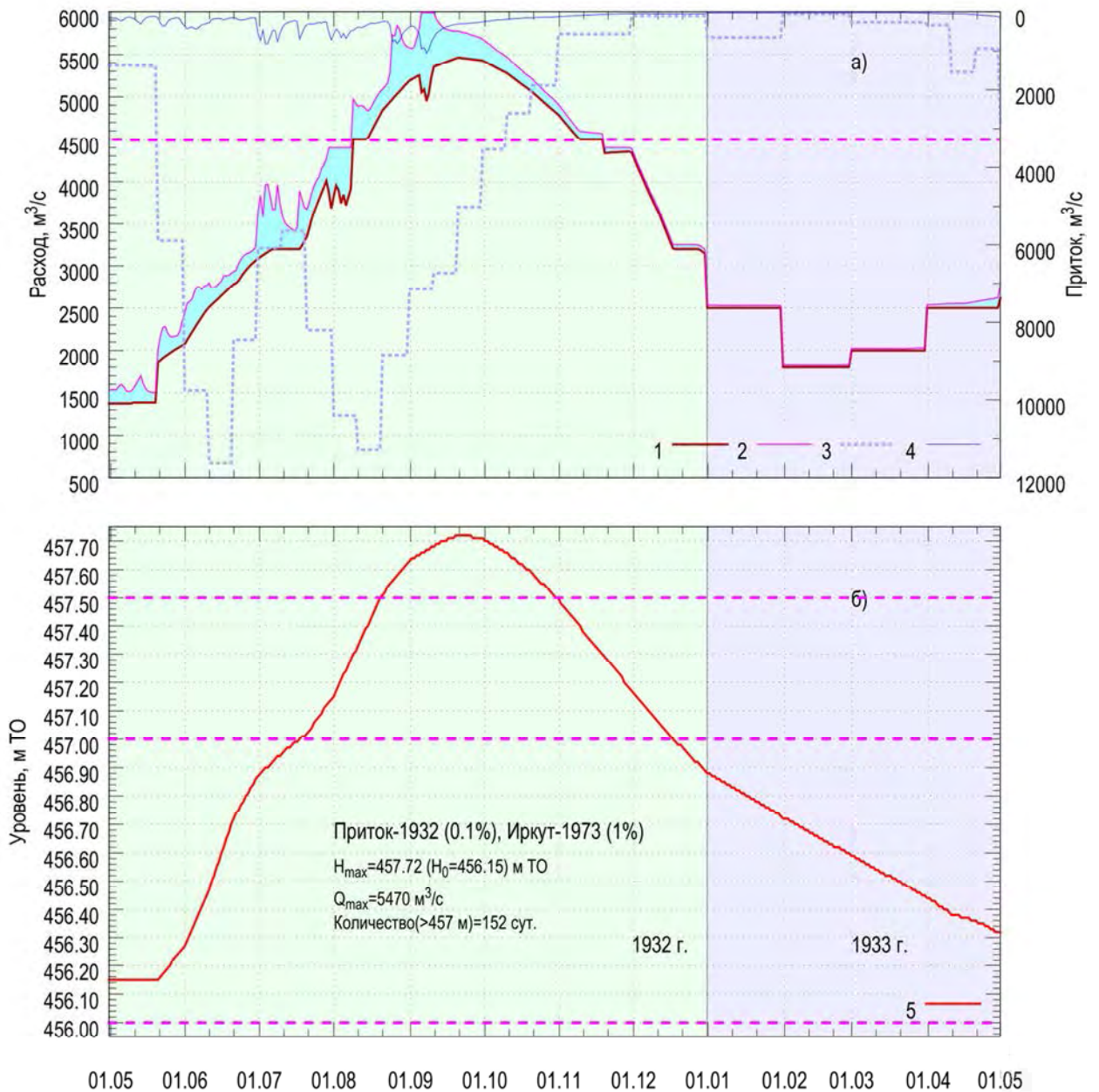


Рисунок 2.4.8 – Моделирование пропуска паводка на оз. Байкал и расхода р. Иркут с обеспеченностями 0,1% и 1% (1 – расход ИГЭС; 2 – суммарный расход ИГЭС и р. Иркут; 3 – полезный приток в оз. Байкал; 4 – расход р. Иркут; 5 – уровень оз. Байкал)

Как показали расчеты, выполнение условия ПИВР-1988 по неперевышению уровня озера 457,50 м ТО с обеспеченностью полезного притока 0,33% возможно только при снижении начального уровня озера до отметки 455,77 м и максимальным возможным суммарным расходом до 6000 м<sup>3</sup>/с (модельный максимальный расход составил 4800 м<sup>3</sup>/с). При ограничении суммарного расхода до 4500 м<sup>3</sup>/с начальный уровень должен быть понижен до отметки 455,70 м ТО.



Таким образом, моделирование пропуска паводков показывает, что в современных условиях невозможно выполнить ограничения по допустимым в рамках ПИВР-1988 максимальным расходам по незатоплению нижнего бьефа (4000–4500 м<sup>3</sup>/с) и непревышению уровня озера отметки 457,50 м ТО при обеспеченности полезного притока 0,33%.

### **Выводы**

1. В настоящее время нет устраивающих всех правил регулирования режимов (расходов) Иркутской ГЭС и уровенных режимов оз. Байкал. Действующие ПИВР требуют доработки из-за ряда противоречий, в том числе в части ограничения на установленный Постановлением Правительства № 234 диапазон регулирования оз. Байкал 456–457 м ТО и неопределенности понятия «средняя водность» по временному Постановлению № 379. В соответствии с Техническим проектом, данный диапазон имел приближенные к естественной амплитуде колебаний значения 455,54–457,86 м ТО. Изменение проектных границ потребует разработки новых правил регулирования как внутри нового диапазона, так и при его нарушении с согласованием всех водопользователей и заинтересованных сторон.

2. Выполненное моделирование уровенных режимов оз. Байкал и расходов через Иркутскую ГЭС для разных условий водности показывает, что сохранение метрового диапазона 456–457 м ТО для всего рассматриваемого периода невозможно без нарушения ряда современных требований водопользования. Полученные максимальные и минимальные уровни оз. Байкал зависят не только от начальных условий, полезного притока (обеспеченности), правил назначения расходов через Иркутскую ГЭС, но и от внутригодового распределения притока, расхода р. Иркут в нижнем бьефе и других ограничений.

3. Соответствие дат завершения сработки и наполнения оз. Байкал датам, характерным для естественных условий, возможно только в части лет, при этом потребуется надежный прогноз приточности вплоть до суточных режимов, что сложно (невозможно) реализовать на практике.

4. При формировании (уточнении) экологических и социально-экономических требований и ограничений (планируется на 3-м этапе НИР) по результатам моделирования будут сформированы предложения по совершенствованию правил регулирования уровенного режима оз. Байкал и разработан диспетчерский график, определяющий режимы Иркутской ГЭС с учетом обозначенных требований и ограничений.

## **2.5 Оценка последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня режима для различных условий водности (полезного притока), уровня озера Байкал, расходов через Иркутскую ГЭС; снижения потенциала экономического развития, снижения рекреационного и природоохранного потенциала подтопляемых территорий; инвентаризация земель, утративших функциональный или ведомственный статус**

В соответствии с Техническим заданием, при расчете потенциальных ущербов использовалась Методика оценки вероятного ущерба от негативного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий (2005 г.) и другие методики, утвержденные МПР РФ, а также методические материалы, указанные в Техническом задании.

Покомпонентная оценка потерь природных ресурсов и ущерба социально-экономическим факторам, представленная в разделе 2.1 настоящего исследования, является основой оценки последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня режима озера Байкал. Дополнительными, и не менее важными факторами для комплексной оценки, являются природоохранный и рекреационный потенциал территорий в зоне затопления/подтопления в результате регулирования уровня озера Байкал.

### **2.5.1 Оценка последствий и потенциальных экологических и социально-экономических ущербов при регулировании уровня режима**

В нормативном плане определение стоимостной оценки экологических потерь при регулировании режима работы ГЭС подразумевает оценку нарушений природоохранных мероприятий в процессе эксплуатации гидротехнического комплекса. При этом такая задача в рамках выполнения данной НИР не ставится, и экологические последствия можно рассматривать как качественные изменения состояния природной среды.

Основные потенциальные экологические последствия для прилегающих к водоемам территорий заключаются в загрязнении и трансформации прибрежных ландшафтов, в развитии береговых абразионных процессов и сокращении биоразнообразия.

Почвенный покров побережий может испытывать гидрогенные трансформации в результате длительных затоплений, которые выражаются в изменении морфологических и физико-химических свойств, отложении наносов, деградации почв, загрязнении, опесчанивании и т.д. [1, 2]. Значительные экологические воздействия на почвенный покров происходят в период затоплений при поступлении загрязняющих веществ с берегов водоемов с высокой антропогенной нагрузкой.

Аспект сокращения биоразнообразия можно рассматривать как экологические последствия в отношении представителей флоры и фауны. Растительные околоводные сообщества, представленные на побережье оз. Байкал и Иркутского водохранилища болотными, луговыми, лугово-степными видами с присутствием кустарников и отдельных видов древесной растительности, можно отнести в основном к эврибионтным видам, способным существовать при широкой амплитуде изменений параметров окружающей среды. Практически для всех растительных сообществ, кратковременные затопления или осушения не принесут заметных изменений в состоянии и видовом разнообразии, за исключением прямой гибели при физическом разрушении местообитаний в результате подмыва берегов.

Долговременные, на протяжении нескольких лет подряд, периоды затопления или осушения могут привести к изменениям площадных характеристик прибрежных сообществ пониженных участков побережья, смещению влаголюбивых видов в сторону луговых и степных сообществ, угнетению древостоя (светлохвойные, темнохвойные, мелколиственные виды) и утраты его продукционных и экологических функций. Именно для ландшафтов с древесной растительностью экологические последствия будут наиболее существенные, как для самых малоустойчивых к изменению гидрологического фактора комплексов [3]. О вредном воздействии вод на леса свидетельствует их незначительная доля в площади зон затопления (на территории зоны затопления в Иркутской области 114,3 тыс. м<sup>2</sup> (0,86%). Остальные 99,14% территории приходятся, преимущественно, на земли различной степени заболоченности. Риски полной и быстрой утраты продукционных, экологических и иных функций лесов обусловлены абразионными процессами, тем более, что доля лесопокрытых земель на абразионных участках от всей их площади составляет 48,9% (Приложение Д3). Можно утверждать, что аналогичная доля лесопокрытых земель уже безвозвратно утрачена в прошлые годы.

Полное пересыхание сорных озер и/или разрушение вдольбереговых валов может вызвать гибель гигрофильных и гидрофильных видов на отдельных участках, но в целом широкое распространение данных видов в прибрежной полосе не вызовет критических изменений в структуре биоразнообразия региона и в экологическом равновесии.

В целом, экологические изменения ландшафтов прибрежных территорий в форме нарушения фитоценозов и гибели древостоя могут затронуть небольшие по площади участки побережья, подверженные затоплению/осушению и абразионным процессам.

Возможные колебания уровня воды имеют определенное отрицательное значение для фаунистического комплекса территории. Однако большинство водоплавающих и околоводных видов позвоночных животных, в том числе занесенных в Красную книгу

Иркутской области встречаются на побережье оз. Байкал (в Иркутской области) во время сезонных миграций или при кратковременных посещениях при кормлении или отдыхе, и поэтому практически не испытывают серьезного влияния колебания уровня воды. Однако, многолетнее понижение уровня воды может привести к достаточно негативным последствиям для ряда видов позвоночных животных, связанных с водоемами. Сильное иссушение водоемов обуславливает гибель земноводных и их кладок (сибирский углозуб *Salamandrel lakeyserlingi*, сибирская лягушка *Rana amurensis* и монгольская жаба *Bufo raddei*), ухудшение защитно-гнездовых функций биоценозов для большинства видов утиных, куликов и чаек, частичную или полную потерю кормовых ресурсов и снижение размножения.

Резкие и значительные поднятия уровня воды могут привести к затоплению местообитаний околородных птиц и животных, ухудшению условий обитания и снижению популяций многих видов животных [4]. При этом площадь потенциального затопления при самом неблагоприятном сценарии будет составлять менее половины территории (10–40%) оптимальных местообитаний в Слюдянском и Ольхонском районах, что приведет к определенным экологическим последствиям, но в целом не нарушит условия существования и размножения для большинства видов пресноводной фауны.

Таким образом, экологические последствия для природной среды побережья оз. Байкал будут иметь различную степень в зависимости от устойчивости и эврибионтности видов. Наибольший экологический ущерб возможен для околородных птиц и животных при долговременных и значительных понижениях уровня и осушении территории. Растительные сообщества в зоне потенциального затопления/осушения более устойчивы к колебаниям уровня воды и возможные гидрогенные трансформации не приведут к радикальным экологическим последствиям.

В стоимостном выражении факторы потерь природной среды оценены в разделе 2.1 настоящего отчета. На рис. 2.5.1 и 2.5.2 представлена динамика стоимостной оценки по факторам.

Потери природных компонентов в результате снижения уровня озера Байкал ниже отметки 456 м ТО заключаются в ущербе водным биоресурсам. В разделе 2.1 представлены оценки потери водных биологических ресурсов от утраты площадей нерестилищ желтокрылой широколобкой и от потери планктонных организмов, составляющих кормовую базу личинки омуля, при снижении уровня озера Байкал до 455,7 м ТО и 455,4 м ТО. Суммарная стоимостная оценка потерь водных биоресурсов при снижении до 455,7 м ТО составляет 536 212 тыс. руб. (при учете полных затрат на воспроизводство). При снижении уровня озера Байкал до отметки 455,4 м ТО ущерб водным биоресурсам составляет: 608 142 тыс. руб. (при учете полных затрат на

воспроизводство). Следует отметить, что для водных биоресурсов, как и для животных и растений существенно большую роль имеет динамика повышения/понижения уровня озера Байкал, и формирование соответствующих требований к режимам регулирования, которые будут обосновываться на 3 этапе НИР.

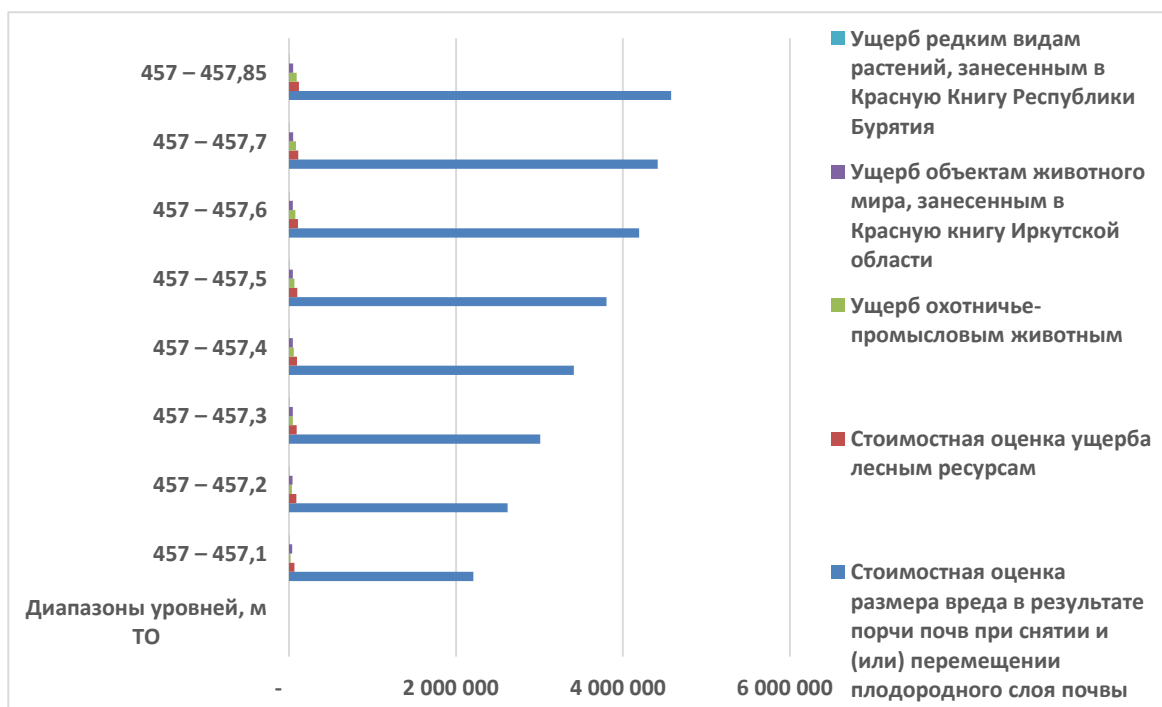


Рисунок 2.5.1 – Стоимостные оценки потерь природных ресурсов в верхнем бьефе при оценке потерь почв от абразии без повышающего коэффициента, тыс. руб.



Рисунок 2.5.2 – Стоимостные оценки потерь природных ресурсов в верхнем бьефе без учета потерь почв от абразии, тыс. руб.

Покомпонентная оценка социально-экономического ущерба разработана в разделе 2.1. Динамика факторов социально-экономического ущерба в верхнем бьефе представлена на рис. 2.5.3, а на рис. 2.5.4 и 2.5.5 структура социально-экономического ущерба в верхнем бьефе при уровне озера Байкал 457,3 м ТО и 457,5 м ТО. На рис. 2.5.6 – динамика в нижнем бьефе, рис. 2.5.7 и 2.5.8 – структура социально-экономического ущерба в нижнем бьефе при расходах Иркутской ГЭС 3200 м<sup>3</sup>/с и 4400 м<sup>3</sup>/с.



Рисунок 2.5.3 – Динамика факторов социально-экономического ущерба в верхнем бьефе, тыс. руб.

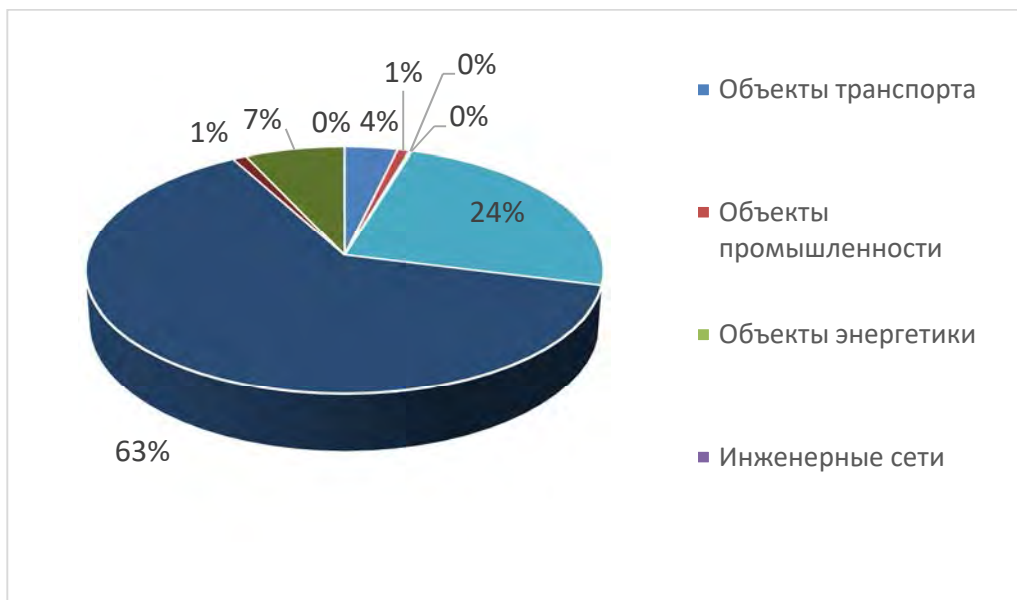


Рисунок 2.5.4 – Структура социально-экономического ущерба в верхнем бьефе при уровне 457,3 м ТО

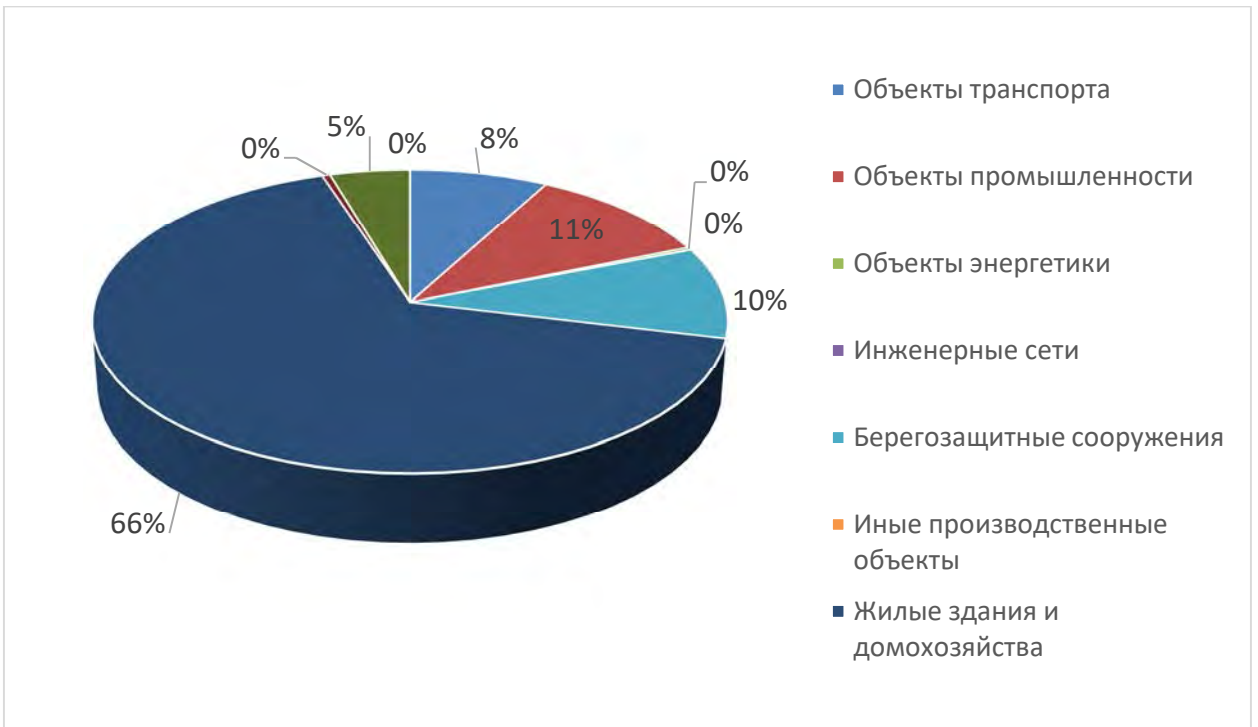


Рисунок 2.5.5 – Структура социально-экономического ущерба в верхнем бьефе при уровне 457,5 м ТО

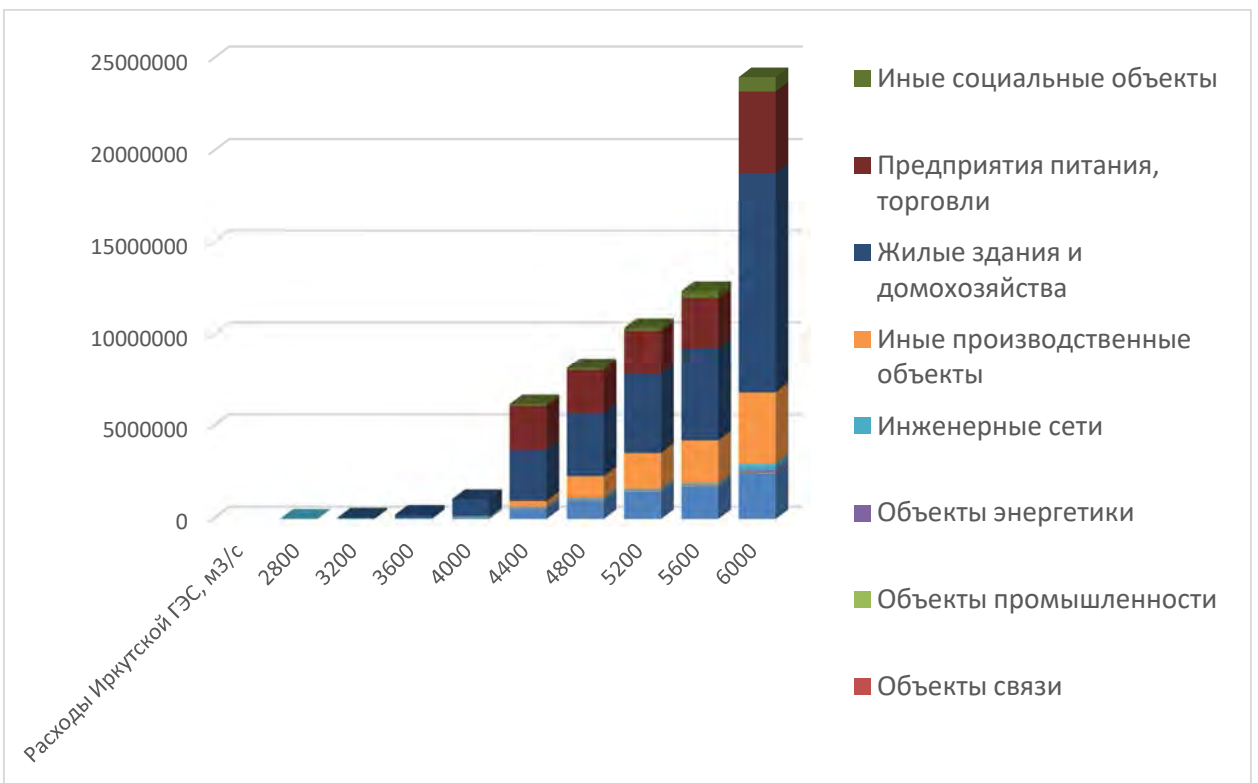


Рисунок 2.5.6 – Динамика социально-экономического ущерба в нижнем бьефе, тыс.руб.



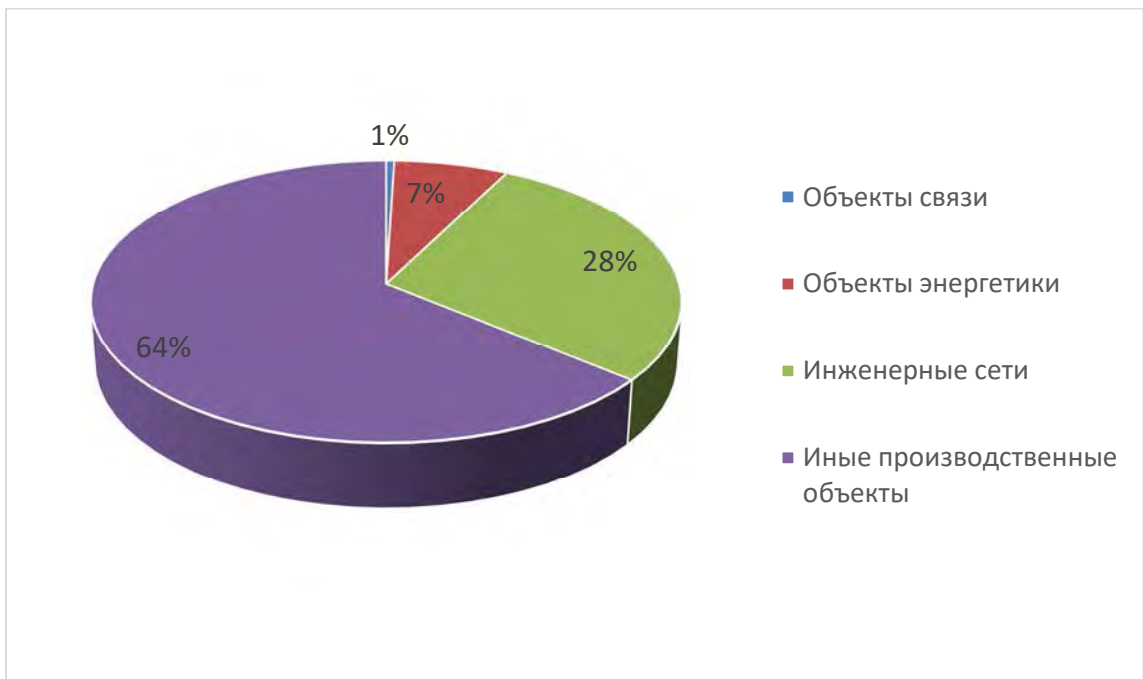


Рисунок 2.5.7 – Структура социально-экономического ущерба при расходах Иркутской ГЭС 3200 м<sup>3</sup>/с



Рисунок 2.5.8 – Структура социально-экономического ущерба при расходах Иркутской ГЭС 4400 м<sup>3</sup>/с

## 2.5.2 Влияние изменений уровня озера Байкал на рекреационный потенциал развития региона

Байкал – системообразующий ресурс туристского комплекса региона. Утрата привлекательности территорий массового отдыха, связанная с затоплением пляжей, уникальных ландшафтов и объектов инфраструктуры, а также естественных прибрежных ландшафтов при возможном поднятии уровня оз. Байкал, является потенциальной угрозой для отрасли. Ежегодно Иркутскую область посещает около 1,5 млн. туристов, большинство которых направляется на побережья озера Байкал [5]. В прибрежных муниципальных образованиях Республики Бурятия на прибрежных территориях и объектах расположено 246 коллективных средств размещения, при этом 65 из них попадает под негативное воздействие вод.

Основные показатели функционирования туристской отрасли региона отражают стоимость экосистемных услуг туризма, предоставляемых уникальной байкальской экосистемой и соизмеримы с суммой ежегодного ущерба туристской отрасли в случае деградации привлекательных мест туризма и отдыха.

Привлекательность Байкальского побережья обеспечивают как сама уникальная экосистема озера Байкал и ее ландшафтное окружение, так и прибрежные территории с протяженными песчаными и галечными пляжами, наиболее уязвимыми к затоплению. Протяженность береговой линии оз. Байкал в границах Иркутской области составляет около 760 км, в том числе 160 км на о. Ольхон. При этом к иркутскому побережью Байкала приурочено менее 80 км удобных для рекреационной деятельности участков побережья.

Туристский потенциал прибрежных районов **Иркутской области** включает:

1. Памятники природы регионального значения Иркутской области, потенциально попадающие под воздействия, связанные с колебанием уровня оз. Байкал (непосредственно приуроченные к побережью и акватории озера). Общее число – 21 объект; общая площадь более 500 га. (в соответствии с кадастровыми данными).

2. Памятник истории и культуры «Комплекс Кругобайкальской железной дороги, 1902–1916 гг.» федерального значения [6] протяженностью 85 км. Комплекс включает 170 памятников архитектуры, 56 тоннелей и галерей, 248 водопропускных сооружений, 269 подпорных и других стенок, 46 уникальных природных объектов и 30 объектов археологического наследия.

3. Места массового отдыха с песчаными и галечными пляжами, регулярно используемыми для палаточного и пляжно-купального отдыха. Общее число – более 50 (54); общая площадь – 2,5–3,0 тыс. га.

4. Комплекс коллективных средств размещения, большая часть которых представлена туристическими базами емкостью 20–50 мест.

Упущенная выгода в случае утраты привлекательности прибрежных территорий, ухудшения их доступности или возникновения опасных геоморфологических процессов может быть оценена с учетом численности туристов, посещающих лесничества ПНП, где располагаются пляжные территории, наиболее подверженные риску временного затопления (таблица 2.5.1). К ним относятся Островное лесничество (пляжи о. Ольхон), Еланцинское лесничество (побережье Малого моря), Листвянское лесничество (пос. Листвянка– с. Голоустное, где проходит участок Большой Байкальской тропы).

Эффекты подъема уровня оз. Байкал, которые могут оказать негативное воздействие на отрасль туризма, связаны не только с потенциальной угрозой для объектов капитального строительства, но и с упущенной выгодой для туристского бизнеса. Изменения береговой линии, утрата части пляжных территорий могут стать причиной снижения востребованности того или иного учреждения отдыха

Таблица 2.5.1 – Количество посетителей Прибайкальского национального парка по числу выданных разрешений в разрезе лесничеств, чел.

Лесничество \ Год	2018	2019	2020
Островное	109 635	144 214	66 205
Еланцинское	1 952	4 447	16 561
Листвянское	10 003	11 678	16 427
Прибайкальское	4 603	6 055	35 235
Маритуйское	10 572	5 164	9 145
Половинское	868	1 028	613
Большереченское	426	343	818
Береговое	863	378	1 263
Байкальское	1 228	690	610
Онгуренское	829	932	1 120

Территориальная структура туристско-рекреационной деятельности в ЦЭЗ БПТ в **Республике Бурятия** включает: ООПТ, особую экономическую зону ТРТ, территорию опережающего развития, зоны экономического благоприятствования ТРТ, памятники природы, объекты историко-культурного наследия, населенные пункты (таблица 2.5.2).

Таблица 2.5.2 – Количество средств размещения на территориях и объектах в прибрежных муниципальных образованиях Республики Бурятия, в том числе подпадающих под негативное воздействие вод, по состоянию на 01.06.2022 г.

Муниципальное образование	Количество КСР	в т.ч. в зоне негативного воздействия вод	Количество койко-мест	в т.ч. в зоне негативного воздействия вод
Баргузинский район	29	5	1138	175
Кабанский район	108	48	4402	2611
Прибайкальский район	73	12	2561	475
Северобайкальский район	19	0	621	0
г. Северобайкальск	17	0	473	0
Всего	246	65	9195	3261

Источник: данные администраций муниципальных образований РБ

В данном исследовании снижение рекреационного потенциала из-за колебаний уровня озера Байкал определяется через оценку ущерба территориям и объектам, которые используются в целях рекреации и туризма, по следующим компонентам:

А. Туристская инфраструктура (коллективные средства размещения).

В. Природные рекреационные ресурсы (пляжные территории; подземные воды, содержащие природные лечебные ресурсы (минеральные воды), а также термальные воды, используемые в целях рекреации).

С. Культурно-исторические ресурсы и уникальные природные объекты

Д. Неосвоенные земельные участки рекреационного назначения.

*Методические особенности оценки ущерба территориям и объектам, которые используются в целях рекреации и туризма*

1. Согласно методике ВИЭМС, при расчете ущерба учреждениям рекреации и туризма учитывается только площадь объекта капитального строительства (далее – ОКС) – здания (строения) коллективных средств размещения (КСР).

2. Оценка ущерба земельному участку, на котором расположено КСР, определяется на основе кадастровой стоимости затопляемого участка при разных уровнях режимах

3. При оценке ущерба от потери доходов от неоказания услуг вследствие приостановки деятельности КСР применяются следующие показатели:

– количество койко-мест в КСР;

– срок, в течение которого КСР не работает, определяется продолжительностью стояния воды;

– средняя цена за проживание. В Республике Бурятия средний чек определен на основании данных Бурстата по состоянию на июль 2022 г. - 2615,54 руб./сутки. В

Иркутской области цена определялась по средней стоимости услуг проживания, установленной по данным сервиса бронирования TVIL.RU, который составляет 4500 руб./сутки.

#### *Оценка ущерба пляжным территориям*

На побережье озера Байкал во всех туристско-ориентированных населенных пунктах, рекреационных местностях исторически сформировались земельные участки, занятые пляжами, которые могут быть включены в состав различных территориальных зон и не подлежат приватизации и застройке. На основе данных министерства туризма Республики Бурятия о местах массового отдыха (ММО) на водных объектах в 2022 г., Постановления Правительства Республики Бурятия о создании ООПТ регионального и местного значения, Схемы развития и размещения особо охраняемых природных территорий Республики Бурятия составлен перечень ММО и определена протяженность пляжных территорий (99,6 км) на побережье озера Байкал в границах Республики Бурятия.

Площадь затопления пляжных территорий определяется по данным ГИС моделирования зон затопления побережья оз. Байкал при разных уровнях режимах. При расчетах применяется удельный показатель для определения стоимости ущерба от вредного воздействия вод на площадь поселков, сел, равный 42 руб. за 1 кв. м на восстановление (п. 4.19. таблица 1 Методики ВИЭМС [7]). Такой подход обусловлен тем, что «площадь поселков и сел» и «пляжи» являются общественными пространствами, территориями общего пользования, предназначенными для использования неограниченным кругом лиц в целях досуга, проведения массовых мероприятий и др.

На территории Иркутской области пляжи и прибрежные места массового отдыха используются для кратковременного пляжно-пикникового отдыха или самостоятельного палаточного отдыха. Даже их временное затопление влечет значительные потери для туристской сферы, поскольку пляжные и аналогичные прибрежные территории на большом протяжении иркутского побережья оз. Байкал включены в туристскую экономику, как входящие в состав территории Прибайкальского национального парка. Плата является единовременной не зависит от длительности пребывания на территории ПНП и составляет 150 руб. для граждан РФ и 300 руб. для иностранных граждан [8–12]. Общая численность туристов, посетивших в 2020 г. три указанных лесничества составила 99148 чел. По данным полевых наблюдений (официальные данные отсутствуют), более 70% туристов посещают эти территории в теплые месяцы (июль-сентябрь), который характеризуется и максимальными рисками, связанными с подъемом уровня воды в озере, штормовыми явлениями. Таким образом, экспертное значение упущенной выгоды для

ПНП за этот период может составлять более 10 млн. руб. из расчета на размер платы, взимаемой с отечественных туристов (без учета иностранцев, таблица 2.5.1).

*Оценка ущерба объектам культурного наследия федерального и регионального значения, уникальным природным объектам*

По результатам ГИС моделирования зон затопления побережья оз. Байкал при разных уровнях режимах, по данным администраций муниципальных образований, результатов экспедиционных исследований выявлено, что в границы затопления на территории Республики Бурятия попадают территории 2-х объектов культурного наследия: Посольский Спасо-Преображенский монастырь, расположенный в с. Посольское Кабанского района Республики Бурятия (ОКН федерального значения); сигнальный маяк 1895 г., расположенный в г. Бабушкин (ОКН регионального значения).

Одной из важнейших частей природно-рекреационного потенциала Иркутской области являются уникальные природные объекты, которые посещаются туристами и являются визитными карточками территории. Согласно «Перечню особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения», по состоянию на 01.05.2020 г. [13], в Иркутской области действуют 55 памятников природы, общей площадью 14066 га. Непосредственно к побережью оз. Байкал и его акватории приурочен 21 объект. Из них – 6 действующих памятников природы, а остальные утратили свой статус в связи с нахождением на ООПТ более высокого ранга (Прибайкальский национальный парк ФГБУ Заповедное Прибайкалье). На территории расположения памятников природы и их охранных зон, а также в отношении самих памятников, запрещается всякая хозяйственная и иная деятельность, угрожающая состоянию и сохранности охраняемых природных комплексов и объектов (Положение о памятниках природы федерального значения в Российской Федерации [14]. Стоимостная оценка ущерба археологическим памятникам рассмотрена в разделе 2.1.

*Неосвоенные земельные участки рекреационного назначения*

По результатам ГИС моделирования зон затопления побережья оз. Байкал при разных уровнях режимах в границы затопления в прибрежных муниципальных образованиях Республики Бурятия попадает 49 участков. Согласно данным Генпланов поселений (ссылка), Лесного плана Республики Бурятия (ссылка) указанные участки по целевому назначению относятся к землям населенных пунктов (32 участка), землям особо охраняемых территорий и объектов (12 участков), землям лесного фонда (5 участков).

Согласно сведениям Единого государственного реестра недвижимости, для указанных земельных участков установлено целевое назначение:

- для размещения объектов рекреационного и лечебно-оздоровительного назначения – 24 участка;
- для строительства объектов ТР ОЭЗ – 8 участков;
- для строительство спортивно-оздоровительных объектов – 3 участка;
- для гостиничного обслуживания – 6 участков;
- для организации ММО и природно-познавательного туризма – 6 участков;
- для прочих объектов на землях лесного фонда – 2.

Для оценки снижения туристского потенциала в затапливаемых территориях Иркутской области выполнен расчет прогнозных показателей. Он показал, что общий потенциал размещения туристов и отдыхающих составляет более 26 тыс. мест. Динамика туристского потока характеризуется наибольшими значениями в теплый период года (июнь-сентябрь), что совпадает с периодом повышения уровня оз. Байкал.

Наиболее уязвимыми к колебаниям уровня являются комплексы коллективных средств размещения на Маломорском побережье оз. Байкал и в Слюдянском районе. В зону потенциального затопления попадают территории не менее 14 КСР (таблица 2.5.3). Прогноз упущенной выгоды представлен в таблице 2.5.4.

Таблица 2.5.3 – Количество средств размещения на территориях и объектах в прибрежных муниципальных образованиях Иркутской области, в том числе подпадающих под негативное воздействие вод, по состоянию на 01.01.2022 г.

Муниципальное образование	Количество КСР	В т.ч. в зоне негативного воздействия вод	Количество койко-мест	В т.ч. в зоне негативного воздействия вод
Иркутский район	10	-	7717	-
Малое море	26	5	6928	485
Ольхонский район	9	-	4016	-
Слюдянский район	19	9	7476	301
Всего	64	14	26137	786



Таблица 2.5.4 – Прогнозная упущенная выгода отдельных КСР, попадающих в зону возможного затопления при уровне 457,85м (ТО), с учетом сезонности функционирования в месяцы с наибольшим риском угроз затопления (июль-сентябрь)

КСР название	Чел/дни в июле-сентябре	Усредненная стоимость проживания, руб.			Возможная упущенная выгода по среднему значению стоимости услуг проживания, млн. руб.
		Сред. min	Сред. max	Среднее значение	
Слюдянский район					Слюдянский район
Усадьба «Новоснежка»	2777,5	3 600	5 400	4 500	12,5
Семейный отель «Белоснежка»	2222				10,0
б/о «Солнечный Байкал»	1666,5				7,5
т/б «Созвездие Байкала»	1222,1				5,5
т/б «Оll-Terra»	2499,75				11,2
Юрт-кемпинг «Лед и пламя»	2222				10,0
Отель «BaikalPearlChalet»	777,7				3,5
д/о «Аршан»	1555,4				7,0
т/б «Сибирь»	1777,6				8,0
Малое Море					Малое Море
б/о «Улирба»	1777,6	8 600	10 612,5	9 606,25	53,4
б/о «Тогот»	5555				8,0
т/б «Зун-Хагун	833,25				32,0
ДОЛ «Мандархан»	3333				32,0
Гостиный двор Баяр и Нартей	3333				286,0
Всего:	29774,8				

В таблице 2.5.5 представлены оценки стоимостных показателей потерь рекреационного комплекса на озере Байкал в результате повышения уровня выше отметки 457 м ТО.

Таблица 2.5.5 – Стоимостные показатели потерь рекреационному комплексу на озере Байкал в результате изменений уровня, тыс.руб.

Показатели	457,1	457,2	457,3	457,4	457,5	457,6	457,7	457,85
1. Социально-экономические факторы: коллективные средства размещения, пляжные территории, термальные источники, объекты культурного наследия Республики Бурятия), оцененные по Методике ВИЭМС	187604,4	247263,5	340471,2	419133,8	666297,2	868177,4	1254944	2137536,7
1.1. Коллективные средства размещения	3385,9	26121,5	75822	125937,1	251804,3	432872,2	794951,5	1640322,1
1.2. Пляжные территории	183336,7	220350,6	250984,2	274333,3	295977,5	316290,4	340955,4	378135
1.3. Термальные источники (Республика Бурятия)	300	209,6	379,2	998,8	100650,8	100672,1	100693,4	100735,9
1.4. Объекты культурного наследия (Республика Бурятия)	581,8	581,8	13285,8	17864,6	17864,6	18342,7	18343,7	18343,7
2. Природные памятники (Иркутская область)	79358,09	160306,71	259173,22	351769,41	430790,08	506299,53	590763,79	770495,9
3. Кадастровая стоимость земель под неосвоенными рекреационными землями (Республика Бурятия)	106471,2	112488,6	118432,9	124429,5	130233,2	143847,6	149301,9	158384,7
4. Упущенная выгода	44202,3	122007,1	279834,4	287906,8	337457,8	340343,8	350086	691758,3

### 2.5.3 Оценка снижения природоохранного потенциала при колебаниях уровня оз. Байкал и Иркутского водохранилища

Природоохранный потенциал территорий можно рассматривать как устойчивость естественных природных систем к антропогенным воздействиям, способность поддерживать их целостность, структуру и функциональные свойства.

Природные комплексы прибрежных территорий выполняют, в первую очередь, водоохранную функцию, и это особенно актуально в отношении оз. Байкал – самого крупного пресноводного озера в мире, объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Природный комплекс водоохранной зоны озера должен обладать естественными способностями самовосстановления и препятствовать негативным воздействиям на водные ресурсы водоема.

Природоохранную роль как в отношении ландшафтов побережья, так в определенной степени и для водных ресурсов озера выполняют ООПТ (особо охраняемые природные территории), включающие значительные площади побережья оз. Байкал. Влияние техногенных колебаний уровня оз. Байкал на ландшафты побережья может привести к трансформациям и уничтожению природных компонентов на отдельных участках, что будет способствовать изменениям их функциональных свойств и снижению природоохранного потенциала территории в целом.

Одним из факторов снижения природоохранного потенциала является разрушение берегов при абразионных процессах, что ведет к уничтожению почвенного и растительного покрова, уменьшению устойчивости прибрежных ландшафтов, в целом сокращению площадей охраняемых природных территорий. Также фактором, снижающим природоохранный потенциал территории, можно считать затопление пониженных участков в границах ООПТ, что в определенной степени способствует изменению устойчивости и средозащитных функций ландшафтов.

Таким образом, рассматривая природоохранный потенциал прибрежных территорий как совокупность устойчивых к воздействиям средозащитных (в том числе водоохранных) ландшафтов, можно говорить, что сокращение площадей данных ландшафтов в составе ООПТ при экзогенных разрушениях и возможных затоплениях приведет к снижению данного потенциала. Наибольшие потери возможны при длительных (несколько лет) затоплениях пониженных участков, что в итоге может привести к трансформациям ландшафтов, изменениям их структуры и функций. Разрушения берегов обуславливает гибель древостоя, поступление материалов размыва и биологических остатков в водоемы, что способствует их загрязнению.

На территории Республики Бурятия затоплению при превышении 457 м ТО уровня озера Байкал подвержены также объекты особо охраняемых природных территорий. В соответствии с законодательством [8, 15] природно-заповедный фонд рассматриваемой прибрежной территории Республики Бурятии представлен всеми категориями особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального, регионального и местного значения: 2 государственных биосферных природных заповедника («Баргузинский заповедник», «Байкальский заповедник»); 1 национальный парк («Забайкальский национальный парк»); 1 государственный природный заказник федерального значения (Кабанский заказник); 2 государственных природных биологических заказника регионального значения («Энхалукский заказник», «Верхне-Ангарский заказник»); 3 рекреационные местности местного (РМ Лемасово, РМ Байкальский прибой-Култушная, РМ Баргузинское побережье Байкала).

Ряд объектов Байкальского государственного заповедника (визит-центр, экспозиция открытая, экологическая тропа) попадает в зону абразии.

Природоохранные объекты, принадлежащие БУ «Бурприрода» (Энхалукский заказник, Побережье Байкала) в большинстве своем расположены на узких береговых линиях в пределах 4–8 м от уреза воды. В 2021 г. при уровне воды 457,23 м были зафиксированы значительные разрушения объектов инфраструктуры. Усилиями БУ «Бурприрода» был перенесен ряд объектов на безопасное место, затрачены определенные суммы на восстановление объектов. При более высоком уровне перенос данных объектов невозможен. Часть объектов ФГБУ «Заповедное подлесье» построено с учетом подъема воды (свайные сооружения), некоторые построены без учета и попадают под разрушение. В период подъема уровня воды до отметки 457,23 м в 2021 г. свайные сооружения так же оказались в зонах затопления, при максимальном уровне они попадут под затопление со значительными ущербами.

В таблице 2.5.6 представлена экономическая оценка снижения природоохранного потенциала в Республике Бурятия и Иркутской области, расположенных в зоне затопления в результате регулирования уровня оз. Байкал. В оценку не включены кадастровые стоимости земель в границах ООПТ (обоснование – в разделе 2.1). Потери земель от абразии представлены в 2 вариантах: с учетом повышающего коэффициента, и без его учета (обоснование – в разделе 2.1).

Таблица 2.5.6 – Экономическая оценка снижения природоохранного потенциала в связи с регулированием озера Байкал, тыс. руб.

Показатели	Уровни озера Байкал, м ТО							
	457,1	457,2	457,3	457,4	457,5	457,6	457,7	457,85
1. Ущерб объектам природоохранной инфраструктуры (Республика Бурятия), Методика ВИЭМС			40 544	40 544	40 544	79 690	79 690	79 690
2. Ущерб от абразии (Методика 238) (с коэффициентом 25)	15667290	19528498	23283419	27040397	30773385	34502480	38279260	41786450
2. Ущерб от абразии (Методика 238) (без коэффициента)	626691	781140	931336	1081613	1230935	1380100	1531171	1671458

#### **2.5.4 Влияние изменений уровня озера Байкал на потенциал экономического развития региона**

В отечественной и зарубежной литературе широко представлены разнообразные подходы к определению понятия экономического потенциала, который в значительной

мере определяется как способность экономического субъекта к определенной производственно-экономической деятельности, отражающая максимально возможный совокупный результат такой деятельности по созданию разнообразных видов материальных благ и оказанию услуг и удовлетворению запросов населения [7].

Озеро Байкал является объектом Всемирного природного наследия, соответственно к региону применяются нормы международного законодательства [16]. В соответствии с российским законодательством действуют специальные правовые режимы, установленные Федеральным законом «Об охране озера Байкал» [9], постановлениями Правительства РФ [17–22], иными нормативными актами [23], регулируемыми виды деятельности на Байкальской природной территории. Наиболее строгие правовые нормы установлены для Центральной экологической зоны, на которую распространяются последствия изменений уровня озера Байкал. Развитие туристско-рекреационной деятельности – одно из немногих направлений экономического развития региона, которое также соответствует одной из целей реализации статуса Объекта Всемирного природного наследия – помимо охраны и сохранения, государством должна быть обеспечена «популяризация объекта Всемирного наследия» [16].

Снижение экономического потенциал прибрежных территорий связано с отсутствием реальных актуализированных проектов туристского развития для указанных территорий; отсутствием или неудовлетворительным состоянием инженерной берегоукрепительной инфраструктуры, в частности в населенных пунктах; неурегулированным статусом земель прибрежных территорий; отсутствием современных и безопасных портовых сооружений, в том числе по сбору мусора и отходов судов; отсутствием очистных сооружений, соблюдающих нормы допустимых воздействий для озера Байкал.

В состав факторов снижения экономического потенциала включены также ущербы водным биоресурсам и расходы на строительство объектов водоснабжения в нижнем бьефе при снижении расходов ИГЭС ниже 1300 м<sup>3</sup>/с. По официальной информации (раздел 2.1) «ЕвроСибЭнерго», АО «Ангарский электролизно-химический комбинат (АЭХК)», АО «Ангарская нефте-химическая компания (АНХК)», МУП АГО «Ангарский Водоканал». Вероятные ущербы при остановке водозаборов составят около 33 млрд. руб. в месяц. Для возможности работы водозаборов при пониженных попусках через Иркутский гидроузел «Байкальская энергетическая компания» предлагает мероприятия, расходы на которые составят не менее 40 млрд. руб. Исходя из сроков службы указанного оборудования 35 лет, годовую оценку ущерба необходимо принять 1142857 тыс. руб.

В качестве стоимостной оценки снижения потенциала экономического развития следует принять совмещенные стоимостные оценки социально-экономического ущерба, потерь природных ресурсов, снижения рекреационного и природоохранного потенциала. Вышеуказанные совмещенные факторы образуют единую систему, позволяющую сформировать эффективный и экологически безопасный экономический потенциал региона, обеспечивающий сохранение озера Байкал и экономическое развитие (таблица 2.5.7, рис. 2.5.9).

Таблица 2.5.7 – Оценка снижения экономического потенциала в зоне воздействия правомерного регулирования уровня озера Байкал и расходов Иркутской ГЭС, тыс. руб.

Диапазоны уровней, расходы Иркутской ГЭС	Оценка снижения экономического потенциала в зоне воздействия правомерного регулирования уровня озера Байкал и расходов Иркутской ГЭС													
	Социально-экономические факторы, оцененные по Методике ВИЭМС			Оценка реконструкции водозаборов	Ущерб водным биоресурсам (пояснения в разделе 2.1)	Стоимостная оценка размера вреда в результате абразии		Стоимостная оценка ущерба лесным ресурсам	Ущерб охотничье-промысловым животным	Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Иркутской области	Ущерб редким видам растений, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия	Показатели по археологическим памятникам, расположенным в зоне затопления	Кадастровая стоимость земель под неосвоенными рекреационными землями (Республика Бурятия)	Упущенная выгода рекреационной сфере
	Всего	в том числе				Вариант 1	Вариант 2							
		Социально-экономический ущерб при затоплении объектов	Социально-экономические факторы: коллективные средства размещения, пляжные территории, термальные источники, объекты культурного наследия Республики Бурятия)	Ущерб объектам природоохранной инфраструктуры (Республика Бурятия)	Стоимостная оценка размера вреда в результате порчи почв при снятии и (или) перемещении плодородного слоя почвы			Стоимостная оценка размера вреда в результате уничтожения (полного разрушения) плодородного слоя почвы						
Диапазоны уровней, м ТО														
457 – 457,1	564436,0899	376 832	187604,4			2 209 604	55 240 096	63 937	18 676	40 105	224	79 358	106471,2	44202,3
457 – 457,2	1228721,169	981 458	247263,5			2 617 723	65 443 083	89 776	33 357	42 814	274	160 307	112488,6	122007,1
457 – 457,3	1420311,209	1 039 296	340471,2	40 544		3 010 956	75 273 905	93 293	46 037	44 835	288	259 173	118432,9	279834,4
457 – 457,4	1549541,248	1 089 863	419133,8	40 544		3 412 603	85 315 064	96 873	57 201	46 266	306	351 769	124429,5	287906,8
457 – 457,5	3341695,472	2 634 854	666297,2	40 544		3 802 210	95 055 262	100 548	66 893	47 246	352	430 790		337457,8
457 – 457,6	3878540,502	2 930 673	868177,4	79 690		4 192 490	104 812 269	108 349	75 298	47 880	513	506 300	130233,2	340343,8
457 – 457,7	4284673,081	2 950 039	1254944	79 690		4 418 169	110 454 216	111 828	82 703	48 310	718	590 764	143847,6	350086
457 – 457,85	5444552,22	3 227 326	2137536,7	79 690		4 578 657	114 466 421	117 957	92 109	48 614	3 098	770 496	158384,7	691758,3
456-455,7						536 212/228090								
456-455,5						608142/ 258 687								
Расходы Иркутской ГЭС, м <sup>3</sup> /с														
ниже 1300					1142857									
2800	17 246	17 246												
3200	82 302	82 302												
3600	233 126	233 126												
4000	1 083 168	1 083 168												
4400	6 206 397	6 206 397												
4800	8 179 802	8 179 802												
5200	10 378 130	10 378 130												
5600	12 389 932	12 389 932												
6000	24 007 574	24 007 574												



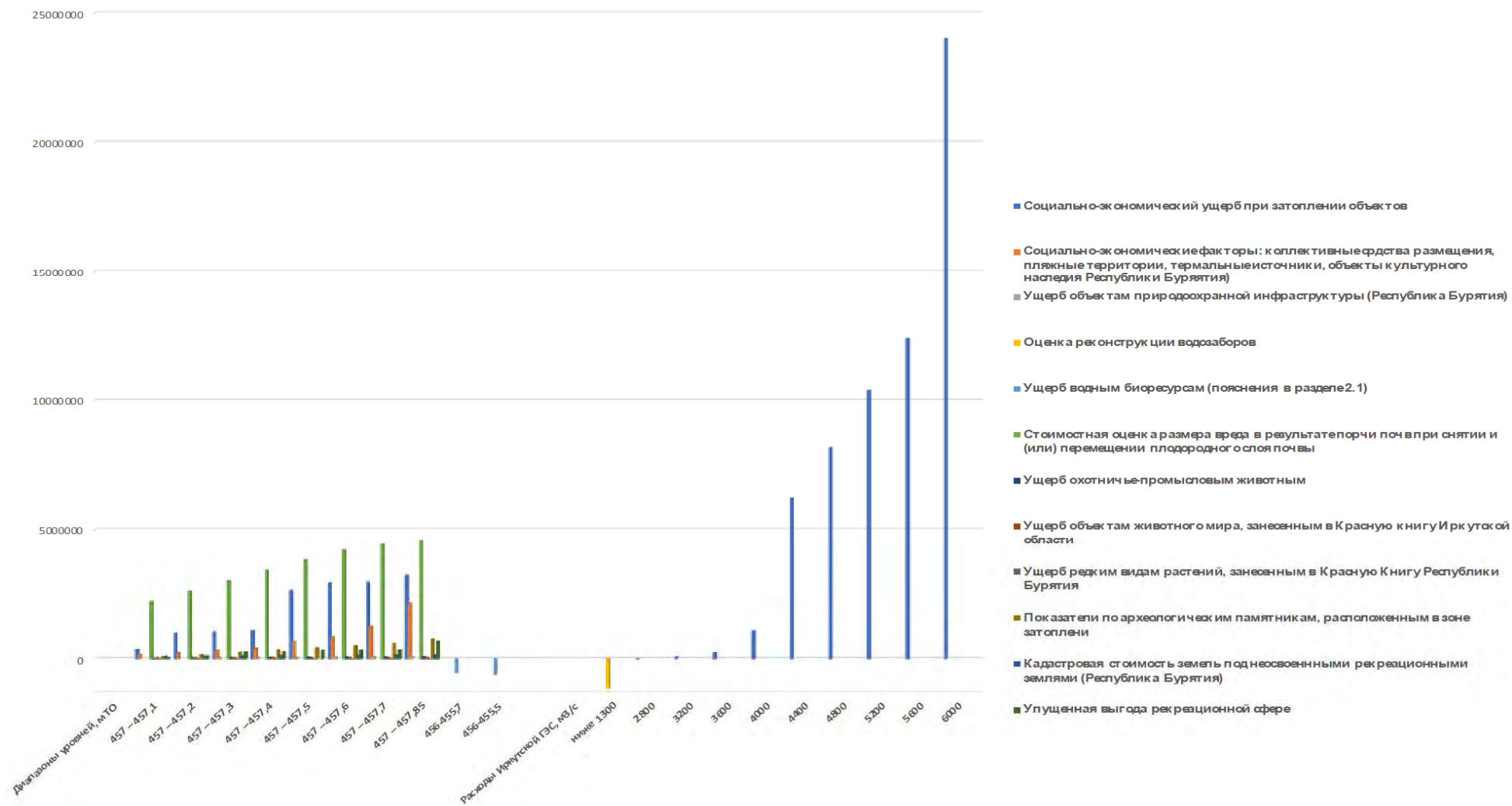


Рисунок 2.5.9 – Оценка снижения экономического потенциала в зоне воздействия правомерного регулирования уровня озера Байкал и расходов Иркутской ГЭС (тыс. руб.)

### **2.5.5 Инвентаризация земель, утративших функциональный или ведомственный статус**

Земельный фонд потенциально опасных к затоплению прибрежных территорий оз. Байкал включает земли различных категорий и назначения, как уже было отмечено ранее.

В связи с изменениями уровня оз. Байкал и Иркутского водохранилища будет складываться динамичная ситуация с функциональным статусом земель (категория земель) и ведомственным статусом земель (виды разрешенного использования земельных участков и разрешенные виды деятельности).

Один из характерных выявленных примеров. В г. Байкальске (Слюдянский район) участки береговой зоны в районе лодочной станции «Харлахта» выделены в пользование с целью рекреации и туризма как часть ОЭЗ ТРТ «Ворота Байкала» (площадь – 13706 кв. м; стоимость – 1992 тыс.руб.). Данные земли не могут потерять «функциональный статус» (категория земли населенных пунктов сохраняется), но он, вероятно, будет изменен [24], поскольку утрачивается аттрактивность (привлекательность), есть вероятность «перехода» территории в акваторию и перевод в земли другого назначения на территории, но, возможно и как «земли населенного пункта».

Подобная ситуация возможна с пляжными территориями, которые при затоплении также потеряют аттрактивность и практическое назначение. Отметим, что в целом на категорию «земли особо охраняемых территорий и объектов» приходится 64,4% от суммарного показателя территорий Прибайкалья, что будут утрачены в результате абразионных процессов, что коррелируется и с самым высоким удельным и натуральным показателями ущерба (соответственно 69,9% или 1150 млн. руб.). На второй позиции также категория земель ландшафтного статуса – «земли лесного фонда», удельный вес которых 26,8% от суммарного показателя расчетных утраченных территорий и 358 млн. руб. оцененного ущерба. Преобладающая часть указанных утраченных в результате абразии земель расположены на прибрежной территории Ольхонского административного района.

Вопрос изменения функционального или ведомственного статуса требует серьезных нормативных, правовых, законодательных проработок с привлечением практических примеров, в том числе в отношении земель центральной экологической и водоохранной зон оз. Байкал, лесных и охраняемых территорий.

Другими словами, следует предусмотреть и разработать правовой инструментарий для эффективного пользования земельными ресурсами в случае изменения качественных земельных характеристик.

В части установления и обеспечения необходимого правового режима зон с особыми условиями использования территории, необходимо применять комплекс мероприятий, направленных на решение существующих проблем.

В первую очередь необходимо обеспечить отдельный порядок установления сведений о границах различных зон, входящих в перечень зон с особыми условиями использования территории. Кроме того, важно установить единый регламентированный формат и структуру документов для внесения сведений о ЗОУИТ в реестр границ. Предложенное решение обеспечит не только снижение субъективного мнения исполнителей, но и уменьшит количество уведомлений об отказе во внесении сведений в ЕГРН. В отношении зон с особыми условиями использования территории необходимо обеспечить закрепление естественных границ на местности. Это позволит информировать граждан, проживающих в границах таких зон, о необходимости соблюдения ограничений хозяйственной деятельности для предотвращения загрязнений, и обеспечить сохранность объектов природного значения, таких как озеро Байкал.

Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии должна чётко обозначит органы, несущие ответственность за принятие решения об установлении границ зон с особыми условиями использования территории. Это обеспечит должный уровень правовой ответственности органов исполнительной власти.

Земельные участки, попадающие в зону затопления, не ограничиваются в гражданском обороте. Такие участки могут предоставляться в частную собственность и в аренду, поскольку они не указаны в ЗК РФ среди участков, оборот которых ограничивается (ст. 27 ЗК РФ), а Водный кодекс РФ вводит ограничение на использование, но не на оборот этих земельных участков (ст. 67.1 ВК РФ). Таким образом, предоставление участка возможно, но его последующее использование имеет ряд ограничений, установленных ст. 67.1 ВК РФ. Предварительное выполнение мероприятий инженерной защиты не может служить условием предоставления в аренду из публичной собственности участков для строительства в зоне затопления [25].

В таблице 2.5.8 представлена инвентаризация земель, которые могут утратить свой статус в Республике Бурятия.

Таблица 2.5.8 – Инвентаризация земель, утративших или могущих утратить функциональный или ведомственный статус

	Ед. измерения	Число объектов, ед.	Площадь	Где находится
Развитие абразионных процессов на земельных участках, на которых расположены объекты природоохранной инфраструктуры (визит-центр, музей, экологическая тропа, выставочная экспозиция, кордоны, др.)				
Объекты капитального строительства (визит-центр, здание выставочной экспозиции)	кв. м	2	1605,5	Байкальский заповедник
Экологическая тропа	км	1	0,5	Забайкальский национальный парк, Байкальский заповедник
Развитие абразионных процессов на землях лесного фонда				
Земли лесного фонда в зонах абразионных процессов	га	77	10,2-44,97	Кабанский район – 43 Прибайкальский район -34
Затопление и подтопление земельных участков рекреационного назначения				
Неосвоенные земельные участки рекреационного назначения	га	50	133,5-273,9	Районы: Баргузинский - 5 Кабанский - 24 Прибайкальский - 8 Северобайкальский - 10 г. Северобайкальск - 3
Земли населенных пунктов для обустройства зоны отдыха	кв. м	1	28910	с. Гремячинск, ул. Береговая, 9А
Затопление и подтопление земельных участков вне кадастрового учета				
Земли населенных пунктов вне кадастрового учета	кв. м	-	11174-41148	с. Гремячинск

В Иркутской области наибольший риск изменения статуса земель следует отнести к землям, на которых расположены природоохранные территории (таблица 2.5.9).

Таблица 2.5.9 – Оценка возможных потерь природоохранных территорий в результате затопления и абразионных процессов при максимальном уровне оз. Байкал\*

Территория, район	Площадь участков абразионных разрушений, кв.м	Ущерб от абразии, тыс. руб.	Площадь затопления земель ООПТ, кв.м	Ущерб от затопления, тыс. руб.
Слюдянский	-	-	61800	34408,67
Иркутский	9600	341186,22	2323900	8556,924
Ольхонский	300600	1303957,8	4299100	45993,66
Итого по Иркутской области	396700	1645144,02	6684800	88959,24

Примечание: \* – стоимостная оценка возможных потерь природоохранных территорий при уровне оз. Байкал 457,85 м (ГО) выполнялась разными методами. Ущерб при затоплении оценивался по кадастровой стоимости, (см. раздел 2.1), абразионных процессов – по Методике [2].

В таблице 2.5.10 представлена информация о составе комплексных показателей. Суммирование возможно только показателей, оцениваемых по Методике ВИЭМС: всех показателей социально-экономического ущерба, ущерба объектам культурного наследия федерального и регионального статуса; ущерба рекреационным объектам (коллективные средства размещения, обслуживающие объекты), природоохранным объектам и пляжным территориям. Иные количественные значения ущербов, потерь следует использовать в форме совмещения.

Таблица 2.5.10 – Состав объектов ущербов и потерь, связанных с изменением уровня озера Байкал (оцениваемых в настоящем исследовании)

Объекты ущерба	Экологический ущерб	Социально-экономический ущерб	Снижение рекреационного потенциала	Снижение природоохранного потенциала	Снижение экономического потенциала
1. Хозяйственные объекты		+			+
1.1. транспорт		+			+
1.2. связь		+			+
1.3. промышленность		+			+
1.4. Энергетика		+			+
1.5. Инженерные сооружения		+			+
1.6. Берегозащитные сооружения		+			+
1.7. Иные производственные объекты		+			+
2. Объекты сельского хозяйства		+			+
2.1. Сельскохозяйственная продукция		+			+
2.2. Плодородие почв		+			+

<b>Объекты ущерба</b>	Экологический ущерб	Социально-экономический ущерб	Снижение рекреационного потенциала	Снижение природоохранного потенциала	Снижение экономического потенциала
3. Социальные объекты и домохозяйства		+			+
3.1. Жилые здания и домохозяйства		+			+
3.2. Предприятия питания, торговли		+			+
3.3. Иные объекты (школы, иные учебные заведения, учреждения здравоохранения, спортивные сооружения, лагеря отдыха, спортивные лагеря, учреждения культуры, метеостанции, спасательные станции, кладбища, сакральные места и т.д.)		+			+
4. Земельные ресурсы (земли всех категорий)	+				+
4.1. Земли затапливаемые, подтапливаемые	+				+
4.1.1. земли рекреационного назначения	+		+		+
4.1.2. Земли природоохранного назначения	+			+	+
4.2. Абразионные участки земель	+				+
4.2.1. абразионные земли рекреационного назначения	+		+		+
4.2.2. абразионные земли природоохранного назначения	+			+	+
5. Лесные ресурсы	+				+
6. Охотничье-промысловые ресурсы	+				+
7. Объекты животного мира, занесенные в Красную книгу Российской Федерации, а также иные объекты животного мира, не относящиеся] к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания	+				+
8. Объекты растительного мира, занесенные в Красную книгу Республики Бурятия, и среда их обитания	+				+
9. Рыбные ресурсы (водные биологические ресурсы и среда их обитания)	+				+
10. Уникальные памятники природы, археологические памятники	+		+		+
11. Объекты культурного наследия федерального и регионального статуса			+		+
12. Рекреационные объекты (коллективные средства размещения, обслуживающие объекты)			+		+
13. пляжные территории			+		+
14. Прибыль рекреационного бизнеса			+		+
15. Природоохранные объекты (объекты ООПТ)				+	+

В рамках выполнения 3 этапа настоящей НИР будет сформирован Перечень (реестр) населенных пунктов, предприятий и организаций, производственных, социальных и жилых объектов, объектов инфраструктуры, рекреации, сельского и лесного хозяйства на территории Республики Бурятия и Иркутской области, подверженных затоплению/осушению. При расчете потенциальных ущербов будут использоваться действующие методики, принятые МПР РФ (п.3.2.1 Технического задания).

### **Выводы по разделу 2.5**

1. Примененные в Техническом задании термины (категории, комплексные показатели) не имеют нормативного определения. Комплексные оценки для целей настоящего исследования сформированы на основе:

– смыслового значения факторов;

– отсутствия дублирования одних и тех же факторов в различных категориях в максимально возможной степени;

– непротиворечивых условий суммирования ущербов, потерь: консолидация для комплексных оценок в форме суммирования возможна только при условии осуществления стоимостной оценки по одной методике; консолидация факторов, оцениваемых по различным методикам, и включенных в одну категорию, возможна в форме совмещения оценок, выполненных по каждой методике;

2. Недопустимость применения подхода суммирования ущербов и потерь, оцененных по различным методикам, можно продемонстрировать на примере оценки ущерба от абразии. Площадь земель в потенциальной зоне абразии по расчетам в рамках настоящего исследования, составляет 1,12 км<sup>2</sup> при максимальном уровне затопления 457,85 м ТО. Общая площадь затопления при данном уровне территорий верхнего бьефа (побережье оз. Байкал и Иркутского водохранилища) составляет 288,98 км<sup>2</sup>. Оценка ущерба от абразии, выполненная в соответствии с официально утвержденной Методикой потери почв, составляет для уровня 457,3 м ТО – 3 млрд. руб. (в случае неприменения повышающего коэффициента) и разница с ущербом при уровне 457,2 м ТО составляет 393 млн. руб., а если оценивать с учетом повышающего коэффициента (при расчете вреда от полного разрушения плодородного слоя), то разница ущербов в этом диапазоне оценивается в 9,83 млрд. руб. При этом, весь социально-экономический ущерб (включающий ущерб хозяйственным объектам, сельскому хозяйству, социальным объектам и домохозяйствам) при уровне 457,3 в сравнении с 457,2 м ТО прирастает на 57 млн. руб. Имея в виду, что смысл стоимостной оценки ущербов и потерь заключается в сравнительном моделировании режимов работы Иркутской ГЭС с учетом социально-экономических и природных факторов, относительные значения одних крупных факторов



будут обнулять даже большие изменения других факторов в случае их простого суммирования. Весьма высокие оценки даются ущербам археологическим памятникам: около 100 млн. руб. – приращение ущерба при достижении отметки 457,3 м ТО в сравнении с 457,2 м ТО; упущенная выгода рекреационного бизнеса – приращение ущерба при том же уровне затопления оценивается в 158 млн. руб.

3. С позиций методических подходов, при формировании оптимальных режимов регулирования, минимизирующих негативные социально-экономические и экологические последствия, на 3 этапе исследования следует:

– Разработать и предложить терминологическое определение следующих категорий для применения в целях регулирования уровня озера Байкал: экосистема озера Байкал, прибрежная зона озера Байкал, социально-экономический ущерб, экологический ущерб, рекреационный потенциал, природоохранный потенциал, экономический потенциал;

– Обосновать и согласовать между институтами исполнителями проекта индикаторы экологического и социально-экономического ущерба в целях использования для достижения результатов настоящего исследования. Альтернативой может быть использование многокритериальных подходов с введением и обоснованием меры множества потерь и ущербов.

4. Практика настоящего исследования указывает на необходимость существенного изменения и усовершенствования правового и научно-методического обеспечения общественных отношений в сфере оценки и возмещения экологического вреда. Прежде всего это относится к методике расчета размера причиняемого вреда не отдельным природным компонентам (объектам), а посредством определения комплексного ущерба экологической системе в целом. Кроме того надо иметь в виду выявленные в результате исследований закономерности разнонаправленного действия факторов изменения уровня режима на показатели по природным ресурсам; в частности – в рамках настоящего исследования по рыбопродуктивности сорных участков, выявлено, что снижение ведет к повышению рыбопродуктивности, а повышение наоборот.

5. При уровне озера Байкал 457,3 м ТО основными элементами социально-экономических факторов, оцениваемых по методике ВИЭМС являются: ущерб социальным объектам и домохозяйствам – 56% (более 680 млн.руб.), ущерб хозяйственным объектам – 24% (300 млн.руб.) и объектам рекреационной сферы – 20% (около 250 млн.руб.). Расположение хозяйственных, рекреационных и хозяйственных объектов на территории, расположенной в границах зоны затопления, в случае правомерного статуса объектов, должно сопровождаться страхованием собственности.

6. Достаточно высокие доли имеют оценки ущерба пляжных территорий в составе рекреационного потенциала (факторов, оцениваемых по методике ВИЭМС): при уровне 457,2 м ущерб пляжным территориям составляет 89% при 11% – объектам туристических комплексов; при уровне 457,3 м – 77%, при 457,5 м – 55%. Данные стоимостные оценки, имея в виду отсутствие оборудованных пляжей экстра-класса, свидетельствуют как о проблемах объективности примененных нормативных показателей методик, так и об относительно положительном факте расположения самих коллективных средств размещения на более отдаленном расстоянии от береговой линии. Использование сравнительных оценок при моделировании режимов регулирования позволит нивелировать проблемы относительной применимости методик оценки экономического ущерба к правомерной деятельности.

## **ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

### **3.1 Моделирование процессов суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал природного и техногенного происхождения**

#### **3.1.1 Анализ и моделирование суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал по ретроспективным данным гидрологических постов УГМС и автоматических станций ЛИН СО РАН**

Для анализа цикличностей изменения уровня были использованы суточные показатели по 18-ти гидропостам УГМС, уточненные ГГИ.

Внедрение экспериментальных автоматических станций ЛИН СО РАН [1] по мониторингу и выявлению высокочастотных регистраций уровня воды оз. Байкал, наряду с данными гидропостов УГМС, позволило выполнить более строгий анализ внутрисуточных и суточных его колебаний.

##### **3.1.1.1 Анализ и моделирование суточных циклов изменения уровня озера по ретроспективным данным гидрологических постов УГМС**

Среднесуточные показатели уровня оз. Байкал ежедневно определяются УГМС по 18-ти гидропостам, расположенным по периметру озера. Диапазон колебаний между различными гидропостами может достигать 15 см и более. На рис. 3.1.1 приведен интегрированный график изменения уровня озера за 2017–2018 гг. с учетом данных всех гидропостов и специальных алгоритмов расчета среднего уровня. На нем отображены минимальные и максимальные среднесуточные показатели уровня по всем гидропостам, а также диапазон 80%-го интервального диапазона. Осредненный уровень формировался на основе скользящих средних показателей за 11 суток по каждому гидропосту. Средний уровень был определен ГГИ с помощью весовых коэффициентов, используемых в практике Иркутским УГМС с бóльшими весами для центральной и северной частей озера.

В начале октября 2017 г. максимальное значение среднего уровня озера по оценке ГГИ составило 456,32 м ТО, а по данным Иркутского УГМС – 456,27 м ТО. Заниженный показатель уровня на 5 см соответствует уменьшению накопленного объема в озере на 1,6 км<sup>3</sup>, что приводит к значительной ошибке водобалансовых расчетов. В целом за 2017 г. средний уровень с использованием весовых коэффициентов был занижен на 3–5 см. Начиная с апреля 2018 г., отличия с осредненным уровнем были незначительными.

Анализ и уточнение аналогичных показателей уровня озера за 1981–1982 гг. (завершение периода экстремального маловодья 1976–1982 гг.) показывает, что минимальный осредненный показатель уровня за все время эксплуатации Иркутской ГЭС в конце апреля 1982 г. составил 455,30 м ТО, что на 3 см выше общепринятого минимального значения 455,27 м ТО и на 24 см ниже уровня мертвого объема 455,54 м ТО.

На рис. 3.1.2 (верхняя часть) приведены графики динамики изменения фактических и осредненных по 11 суткам среднесуточного уровня озера для гидропоста порта Байкал в период выхода в 2018 г. из экстремального маловодья 2014–2017 гг. Минимальный зарегистрированный уровень составил 455,73, а осредненный – 455,76 м ТО. Аналогичные показатели для максимального уровня в конце октября 2018 г.: на одном из гидропостов он составил 457,02 м ТО при среднем уровне озера 456,95 м ТО.

На нижней части рис. 3.1.2 приведена динамика изменения отклонений фактических показателей относительно осредненных. Амплитуда отклонений составила от –4 до +4 см для минимального уровня в апреле и от –6 до +6 см для максимального уровня в октябре.

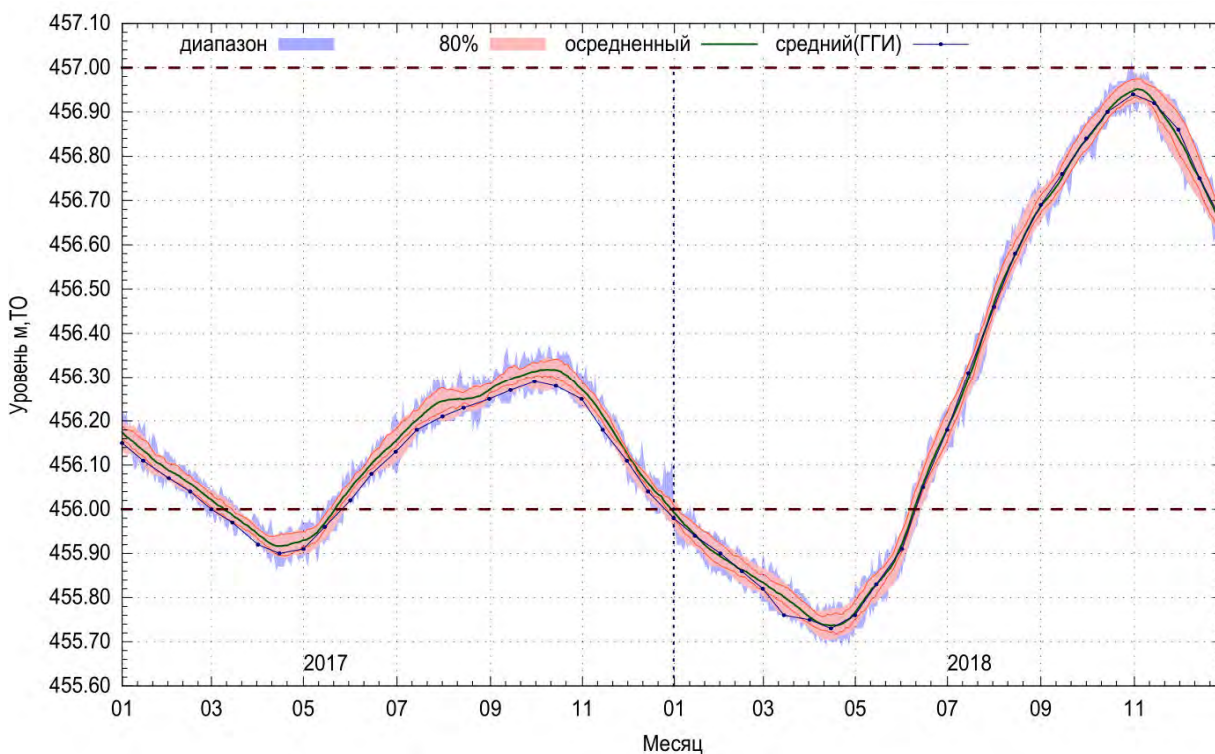


Рисунок 3.1.1 – График среднего уровня озера и диапазона изменчивости по гидрологическим постам за период 2017–2018 гг.

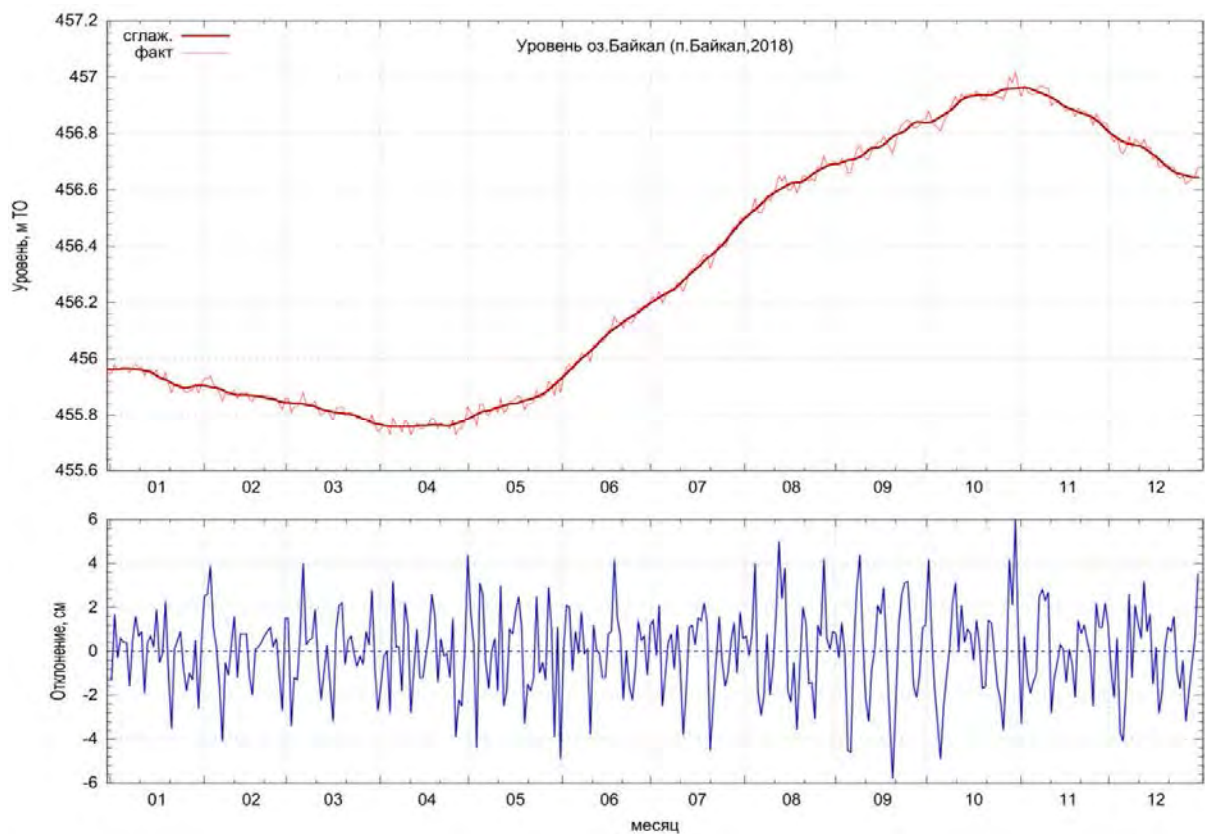


Рисунок 3.1.2 – Фактическая динамика изменения уровня озера по п. Байкал в 2018 г. и отклонения от сглаженной (с помощью скользящего среднего) составляющей

Для выделения суточных цикличностей проведен анализ отклонений регистрируемых среднесуточных показателей относительно осредненных показателей изменения уровня.

### 3.1.1.2 Анализ спектральных характеристик среднесуточного уровня оз. Байкал

Вейвлет-анализ [2] позволяет визуально сравнивать отклонения с пространственно-временным масштабом и формировать спектральные характеристики с большей точностью, чем использование преобразования Фурье.

В ИСЭМ СО РАН в системе ГеоГИПСАР [3] разработан специализированный компонент для анализа временных рядов с помощью вейвлет-преобразований [4]. Непрерывное вейвлет-преобразование определяется формулой:

$$W(s, \tau) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left( \frac{t - \tau}{s} \right) dt, \quad (3.1.1)$$

где  $\psi(t)$  – базисная вейвлет-функция,  $s$  – масштаб ( $s > 0$ , соответствует обратной частоте Фурье-анализа),  $\tau$  – временной сдвиг,  $\psi^*(t)$  – функция, комплексно сопряженная с функцией  $\psi(t)$ . Для выявления периодичностей в качестве базисной функции часто используется материнский вейвлет Морле в виде:

$$\psi(t) = e^{t^2/\alpha^2} \left[ e^{ik_0 t} - e^{k_0^2 \alpha^2 / 4} \right], \quad (3.1.2)$$

выходящий на предел Гейзенберга (неизменность произведения эффективной ширины спектра и его длительности  $\Delta\tau \times \Delta\omega \geq c_0$ ). Именно, с её помощью были рассчитаны все спектральные характеристики данного раздела.

Для формирования среднего уровня оз. Байкал использовались среднесуточные показатели следующих гидропостов: Нижнеангарск, Томпа, Узур, Большой Ушканий, п. Байкал, Бабушкин, Танхой, Маритуй. Спектральные характеристики среднего уровня озера за период 2009–2020 гг. приведены на рис. 3.1.3. Как видно из графиков, максимумы спектральной плотности находятся в диапазоне от 8-ми до 16-ти суток. Основным максимумом спектральной плотности соответствует период 14,7 суток (практически 2 недели), который проявляется для каждого года исследуемого периода. Максимумы спектральной плотности в диапазоне 7–12 суток неустойчивы, например: 8,6 суток соответствуют 2010, 2012, 2019 гг.; 9,6 суток соответствует 2011, 2015, 2017, 2020 гг. Для экстремально маловодных лет (2015, 2017 гг.) кроме отмеченного максимума (14,7 сут.) дополнительно проявлены цикличности около 9,3 суток. Маловодный 2016 г. характеризуется главной цикличностью в 10,7 суток и со слабой цикличностью около 14,7 суток. Многоводный 2020 г. характеризуется 5-ю цикличностями: 7,2; 9,2; 12,2; 14,7; 18,7 суток. Годы с близкой к средней водности имеют неустойчивые показатели цикличности.

Отличия спектральных характеристик между основными гидропостами (Нижнеангарск, Томпа, Большой Ушканий, Узур, п. Байкал, Бабушкин, Танхой, Маритуй) за 2009 г. показаны на рис. 3.1.4. Для сопоставления на графики нанесены спектральные характеристики среднего уровня озера. По северной части уровень в Нижнеангарске характеризуется 2-мя главными цикличностями 9 и 14,8 суток, а в Томпе – 14,8 и 7,6 суток. По центральной части уровень гп. Большой Ушканий характеризуется цикличностями 13,8; 10,8; 6,2 суток, а уровень гп. Узур характеризуется цикличностями 9 и 15 суток.

По южной части озера уровень гп. Бабушкин характеризуется цикличностями 10,7 и 6,9 суток; гп. Танхой – 14,8; 10,7; 6,9 суток; п. Байкал – 14,6; 11,9; 7,3; гп. Маритуй – 14,6; 11,9; 8,9; 6,5 суток.

В целом отсутствуют однозначные зависимости цикличностей по пространственному расположению гидропостов.



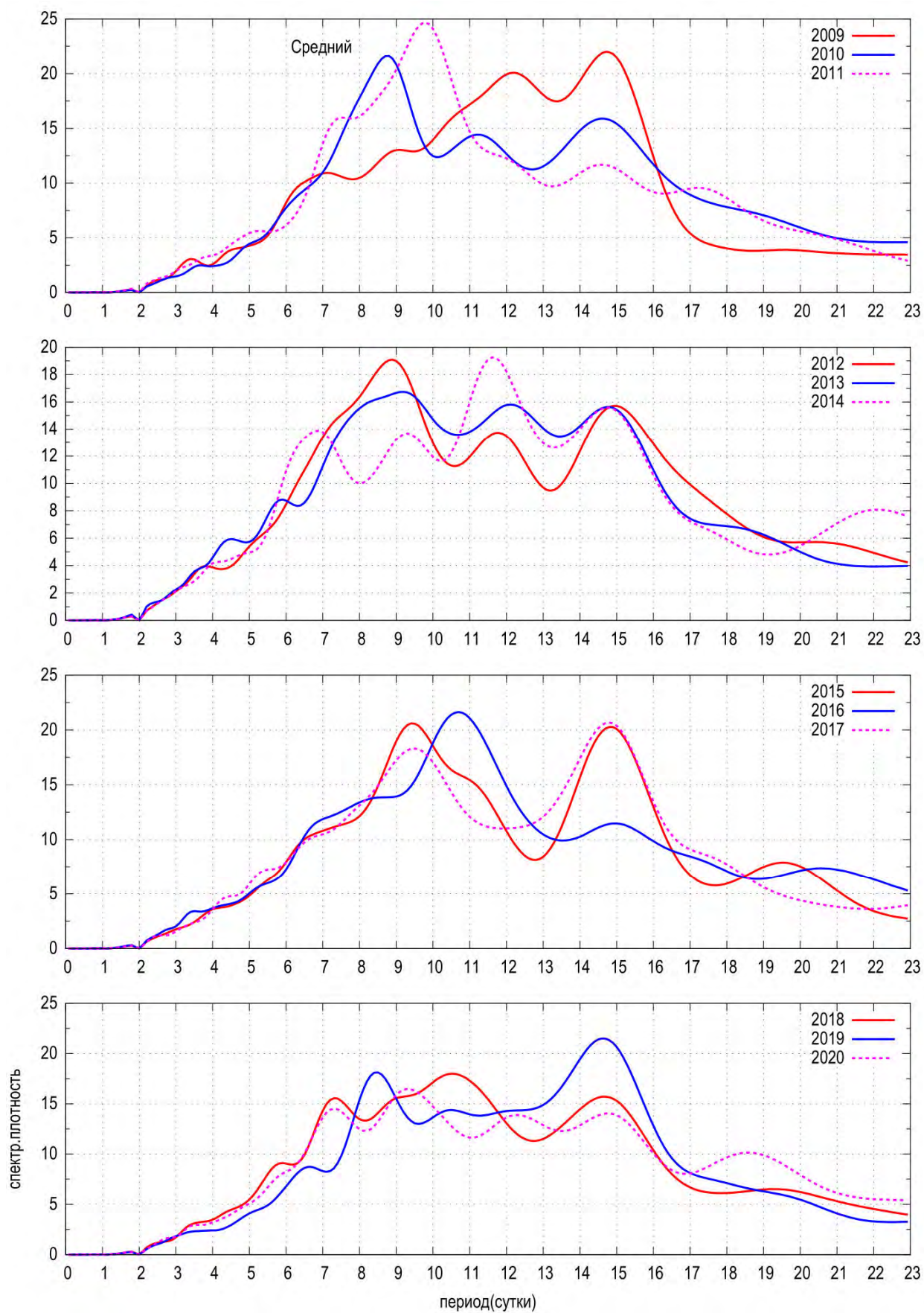


Рисунок 3.1.3 – Спектральные характеристики среднего уровня оз. Байкал (2009–2020 гг.)



Цикличность 14,7 суток проявляется для всех годов исследуемого периода.

Цикличности от 6-ти до 11 суток проявляются нерегулярно.

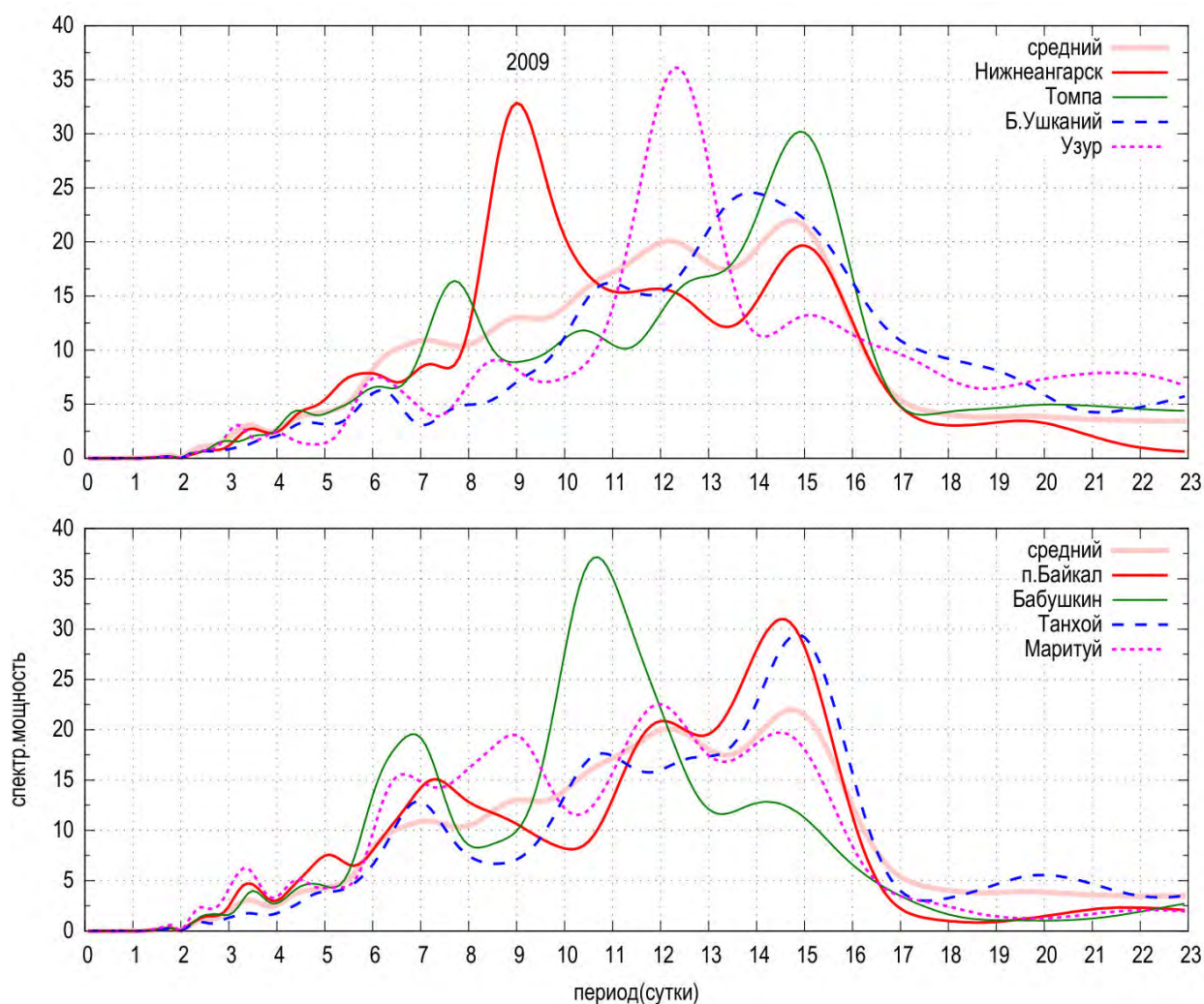


Рисунок 3.1.4 – Спектральные характеристики за 2009 г. для основных гидропостов северной, центральной и южной частей озера

### 3.1.1.3 Анализ спектральных характеристик автоматических станций ЛИН СО РАН

Экспериментальные автоматические станции ЛИН СО РАН по измерению уровня озера Байкал на основе использования гидростатических датчиков (используются для мониторинга с 2015 г.) позволяют регистрировать уровень воды не только с точностью до 1 мм, но и с частотой около 1 сек. На рис. 3.1.5 представлен пример регистрируемых данных уровня с различным агрегированием для Листвянки осенью 2016 г. На верхней части графика (а) приведены секундные, минутные, часовые показатели уровня с нанесением границ волнения (мин-макс. кривые). Минутные и часовые показатели изменялись в диапазоне от 456,50 до 456,42 м ТО с 4-мя цикличностями. В нижней части

приведена динамика изменения уровня за 5 суток с дополнительным отображением среднесуточных показателей.

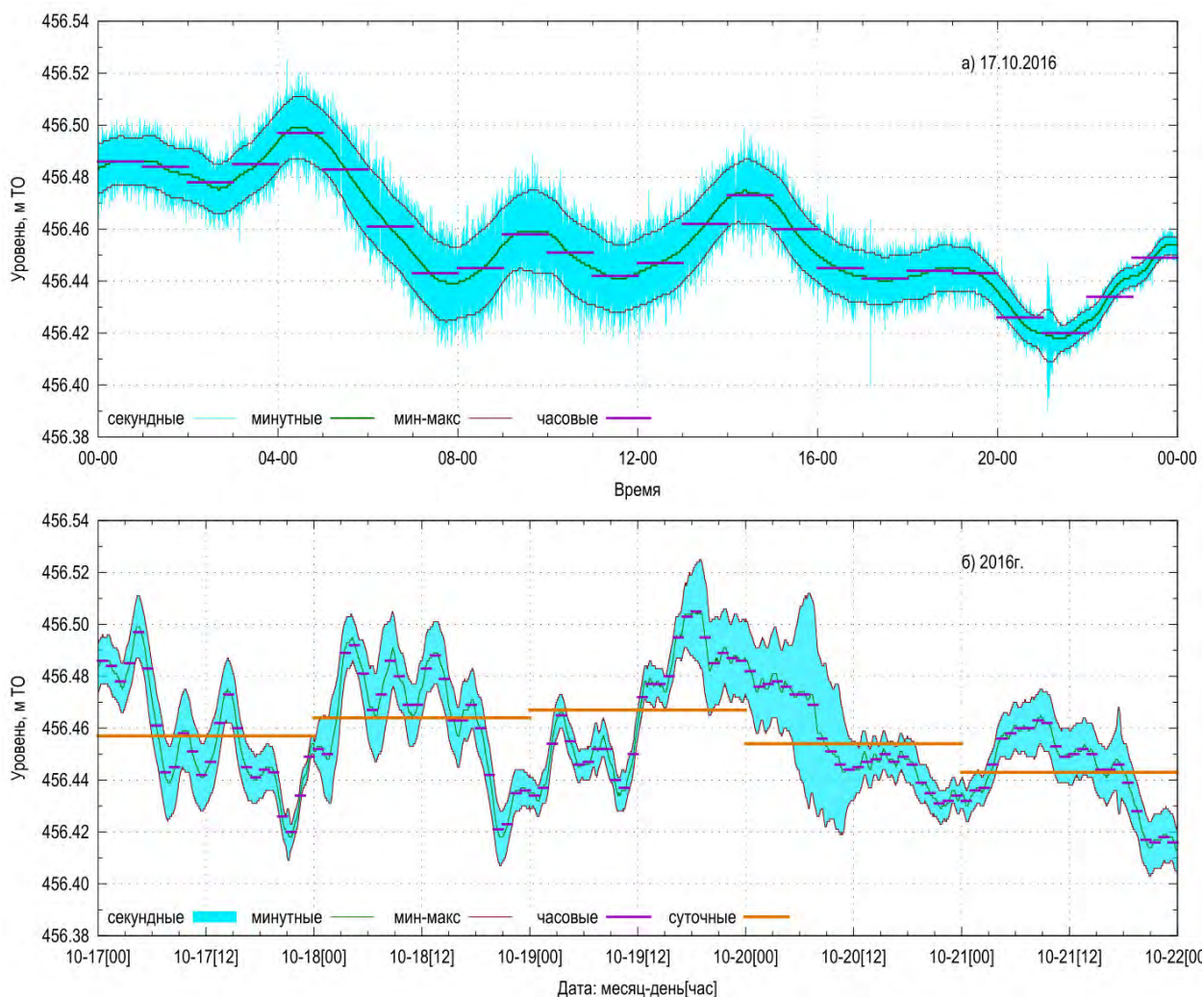


Рисунок 3.1.5 – График обработанных показателей уровня различного временного разрешения (среднеминутные, среднечасовые показатели, границы волнения воды) по станции в Листвянке за 17.10.2016 г. (а) и за период 17–21 октября 2016 г. (б)

Последовательная обработка регистрируемых данных позволяет значительно более точное определение среднесуточного уровня озера для каждого пункта с функционированием автоматических станций. Фактически они позволяют регистрировать и передавать на сервер более 80 тысяч значений уровня за одни сутки. Исследования проводились по данным автоматических станций следующих пунктов: Листвянка, Большие Коты, Узур, Большой Ушканий. К сожалению, экспериментальные автоматические станции регистрации уровня воды не всегда имеют высокую надежность работы, что связано с труднодоступностью, возможной разрядкой аккумуляторов при длительном отсутствии солнечного света для солнечных батарей и другими непредвиденными условиями в отсутствии непосредственной охраны. В этой связи, в

накопленных данных имелись значительные пропуски, что не позволило выполнить более полные исследования по формированию спектральных характеристик.

Для сравнения данных автоматической станции ЛИН с данными гидропостов УГМС была выбрана автоматическая станция в Листвянке, данные которой сопоставлялись с данными гидропоста в порту Байкал из-за их близости и относительно продолжительного периода совместного функционирования. По автоматической станции ЛИН сначала были сформированы среднесуточные показатели.

На рис. 3.1.6 представлены сравнительные спектральные характеристики для 2018 и 2020 гг. Основные цикличности близки по периодам, но отличаются по спектральной плотности. Например, для 2018 г. максимальное значение спектральной плотности по станции ЛИН соответствует 7,3 суткам, а для п. Байкал ее максимальное значение соответствует 14,8 суткам. Для 2020 г. максимальные значения спектральной плотности практически совпадают и соответствуют 9,3–9,4 суткам.

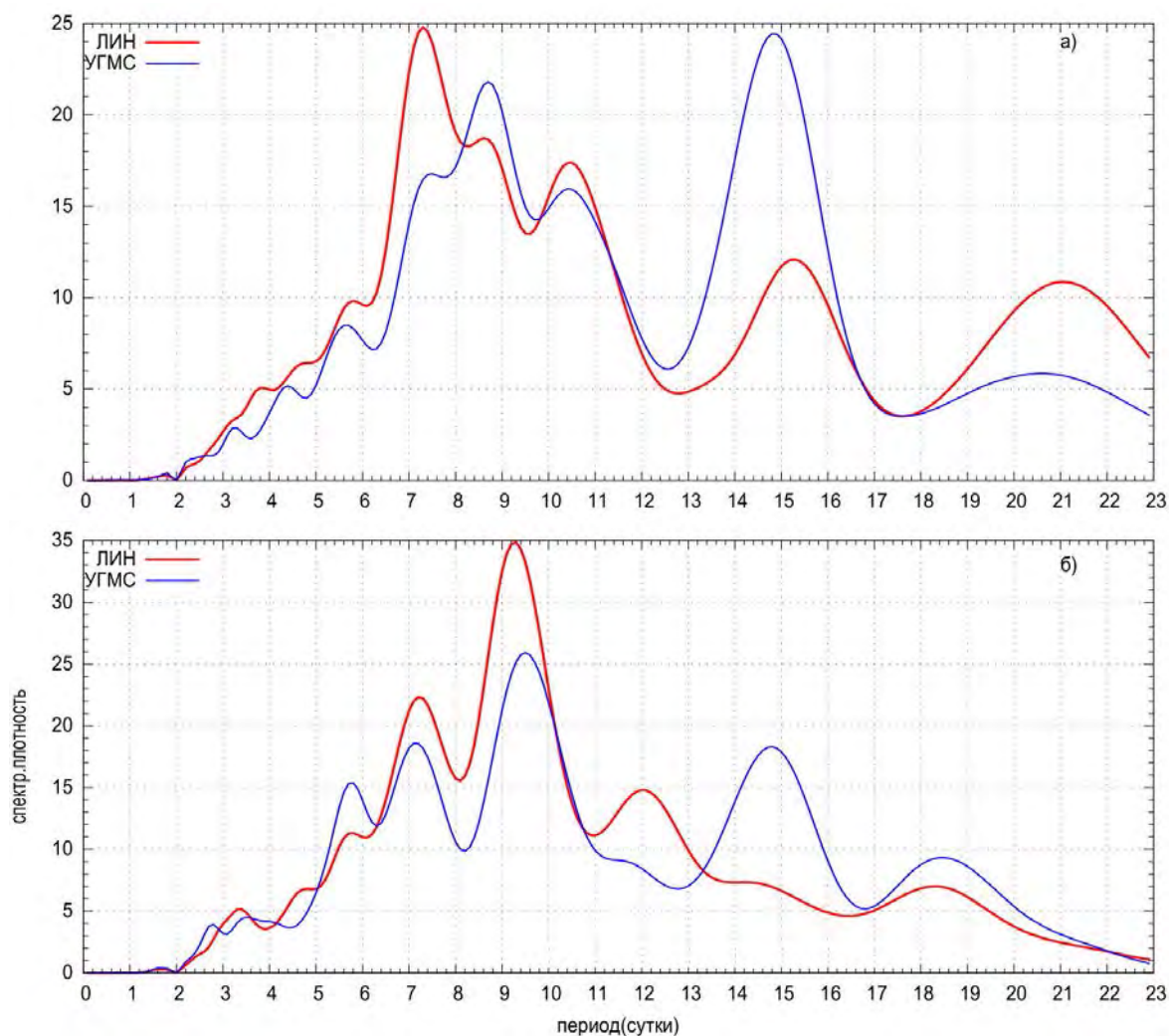


Рисунок 3.1.6 – Сравнение спектральных характеристик для п. Байкал (УГМС) и Листвянки (ЛИН) для: а) 2018 г; б) 2020 г.



Из анализа сравнения цикличностей за 2018, 2020 гг. можно сделать вывод, что среднесуточные данные УГМС по п. Байкал достаточно точные, несмотря на ограниченное количество регистрации уровня за сутки. Данные уровня п. Байкал являются важнейшими для управления режимами Иркутской ГЭС, что связано с функциональными зависимостями уровня у ее плотины с расходами и уровнем озера в истоке Ангары.

Что касается внутрисуточных колебаний уровня озера, то они исследовались в ЛИН СО РАН по различным выборкам данных с выделением цикличностей от нескольких минут до нескольких суток (раздел 3.1.3).

Учитывая значительные пропуски в регистрируемых данных автоматическими станциями ЛИН были проведены исследования по формированию спектральных характеристик на основе только среднечасовых показателей. Основная цикличность соответствует 12 часам 27 минутам (рис. 3.1.7) и практически не зависит от ежегодных периодов: повышения, снижения, прохождения минимума и максимума уровня.

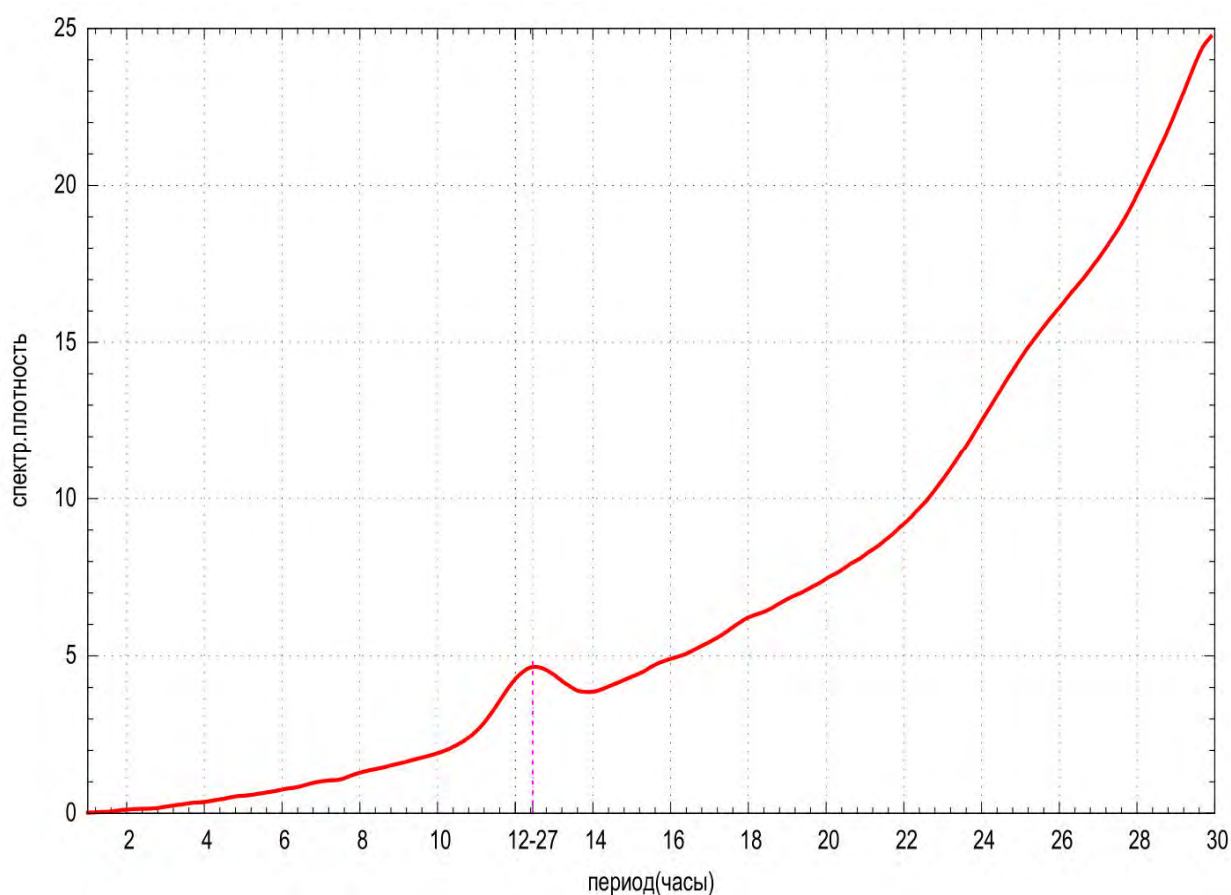


Рисунок 3.1.7 – Спектральные характеристики внутрисуточных колебаний уровня озера по среднечасовым показателям в п. Листвянка

На основе разработанного в ИСЭМ СО РАН программного обеспечения по анализу суточных и внутрисуточных циклов определены основные цикличности

продолжительностью от 8 до 16 суток с разными максимумами спектральной плотности, как для отдельных гидропостов, так и для среднего уровня озера для различных по водности лет. Чаще всего проявляется цикличность в 14,7 суток для среднего уровня озера, по отдельным гидропостам она может отличаться на несколько часов. Для внутрисуточных колебаний озера на основе анализа среднечасовых показателей уровня автоматической станции ЛИН в п. Листвянка определена устойчивая цикличность продолжительностью около 12 часов 27 минут.

Для уточнения внутрисуточных и суточных цикличностей, после накопления данных без пропусков автоматическими станциями ЛИН для других пунктов, необходимо провести дальнейшие исследования.

### **3.1.2 Динамика изменения уровня озера Байкал в естественных и зарегулированных условиях**

На основе уточненных среднесуточных показателей уровня озера, сформированных по суточным данным гидропостов за 1960–2021 гг., разработана модель уровня озера при естественных условиях регулирования (по зависимости расхода в истоке Ангары от уровня озера).

На рис. 3.1.8 представлен единый график динамики изменения уровня озера для естественных фактических условий 1899–1960 гг., модельных и фактических уровней для зарегулированных условий 1960–2022 гг. Средний уровень для естественных условий составляет 455,60 м ТО, а для модельных естественных условий 1960–2022 гг. он уменьшился на 4 см. Фактический средний уровень за период эксплуатации Иркутской ГЭС повышен на 85 см по сравнению с модельным естественным и составляет 456,41 м ТО.

Динамика отклонений фактического от модельного естественного уровня приведена на рис. 3.1.9, на котором отображены фактические и осредненные по трем годам отклонения.

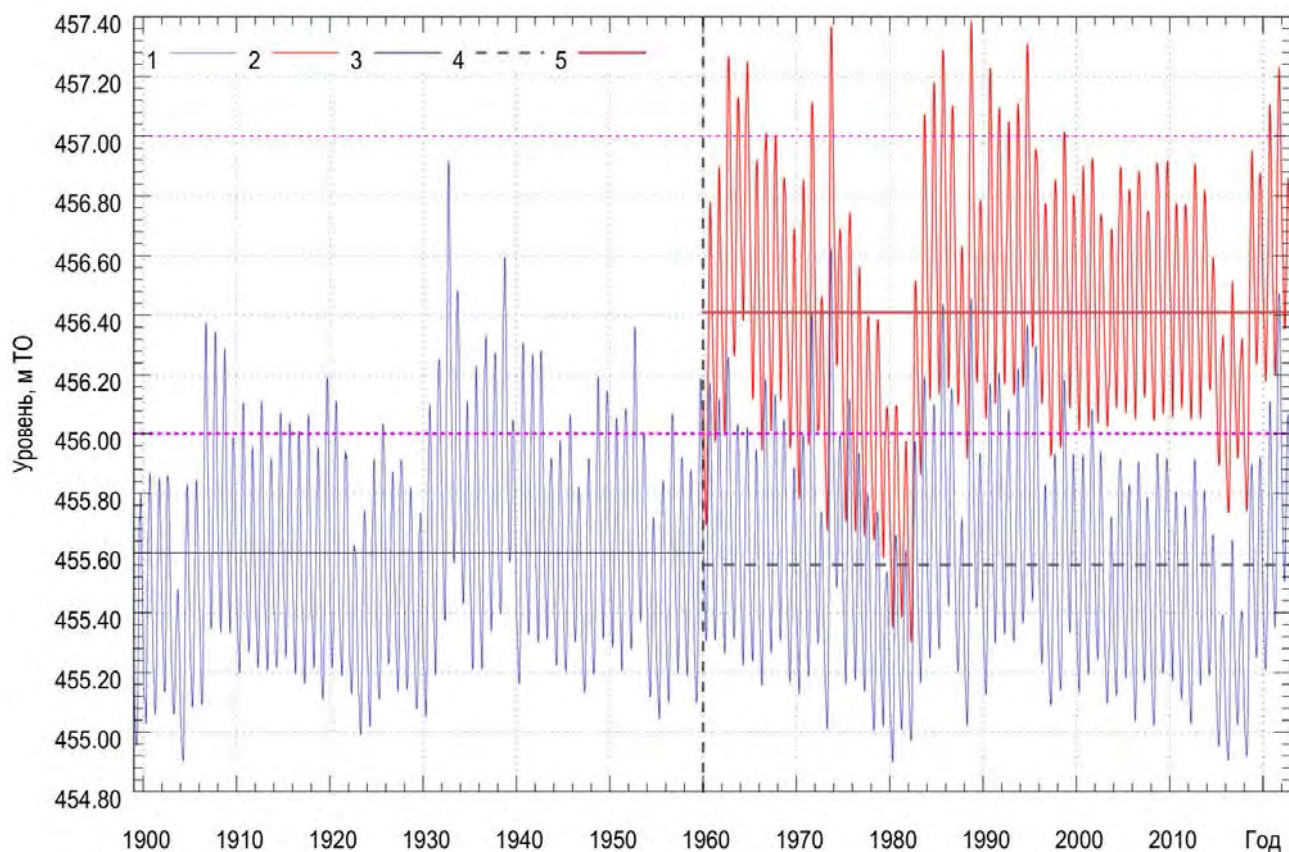


Рисунок 3.1.8 – Динамика изменения уровня режима оз.Байкал (1 – в естественных условиях; 2 – в зарегулированных условиях; 3,4 – средние уровни естественного режима для периодов 1899–1960 гг. и 1960–2022 гг.; 5 – средний уровень зарегулированного режима)

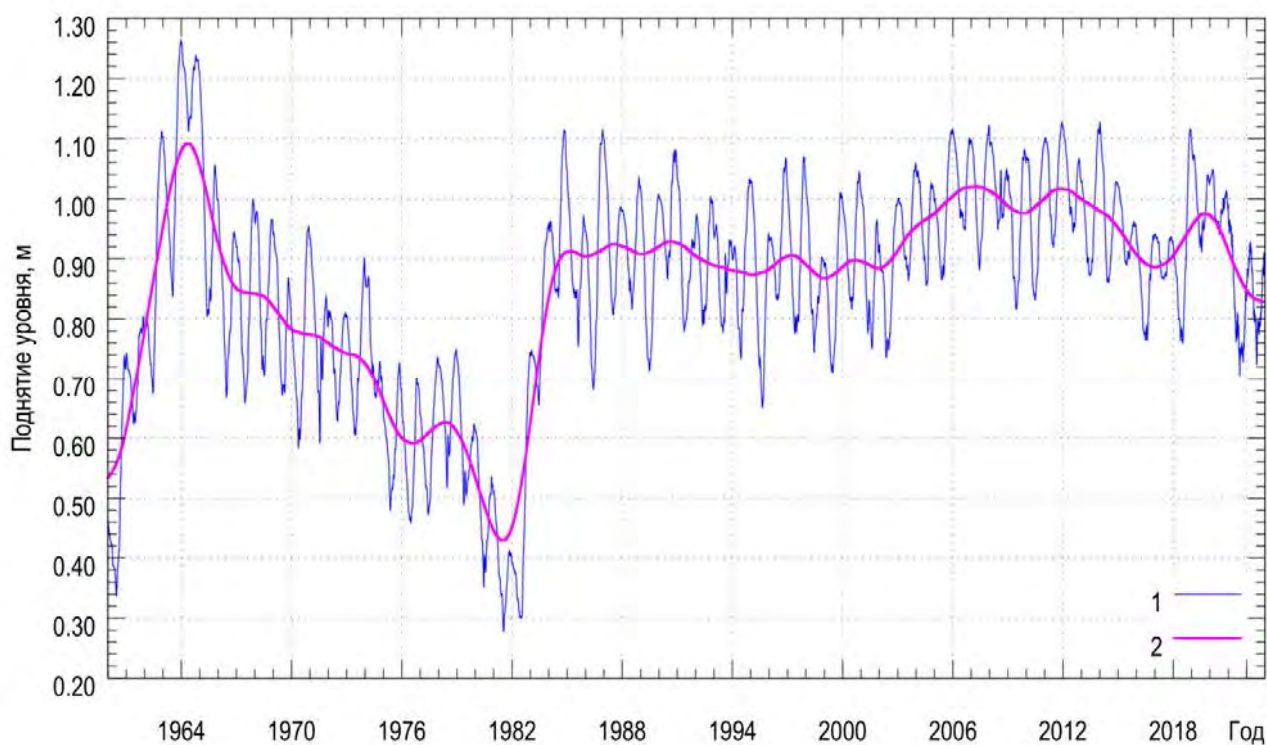


Рисунок 3.1.9 – Сравнение динамики превышения фактического уровня относительно естественных условий (1) и для усредненных трехлеток (2)

Отклонения определялись по разностям показателей для всех данных на каждый период времени. По суточным показателям фактический уровень оз. Байкал превышал уровень в естественных условиях на величину от **29 см (1980 г.)** до **1,27 м (1963 г.)**. По осредненным трехлеткам превышение уровня сначала увеличилось на 1,09 м (1965 г.), затем постепенно уменьшалось до 1982 г. С 1984 по 2000 гг. осредненные показатели превышения уровня изменялись незначительно в диапазоне 88–94 см. За период 2001–2013 гг. превышения изменялись в диапазоне 98–102 см.

Сравнение изменения уровня режима для маловодного периода приведено на рис. 3.1.10. Фоновым графиком добавлена динамика изменения модельного естественного режима, равномерно повышенного на 90 см. Минимальные и максимальные фактические уровни ниже модельных (до 15 см), что связано с ограничениями на минимальные расходы ИГЭС, а максимальный уровень 2018 г. превышает естественный на 7 см за счет ее пониженных расходов.

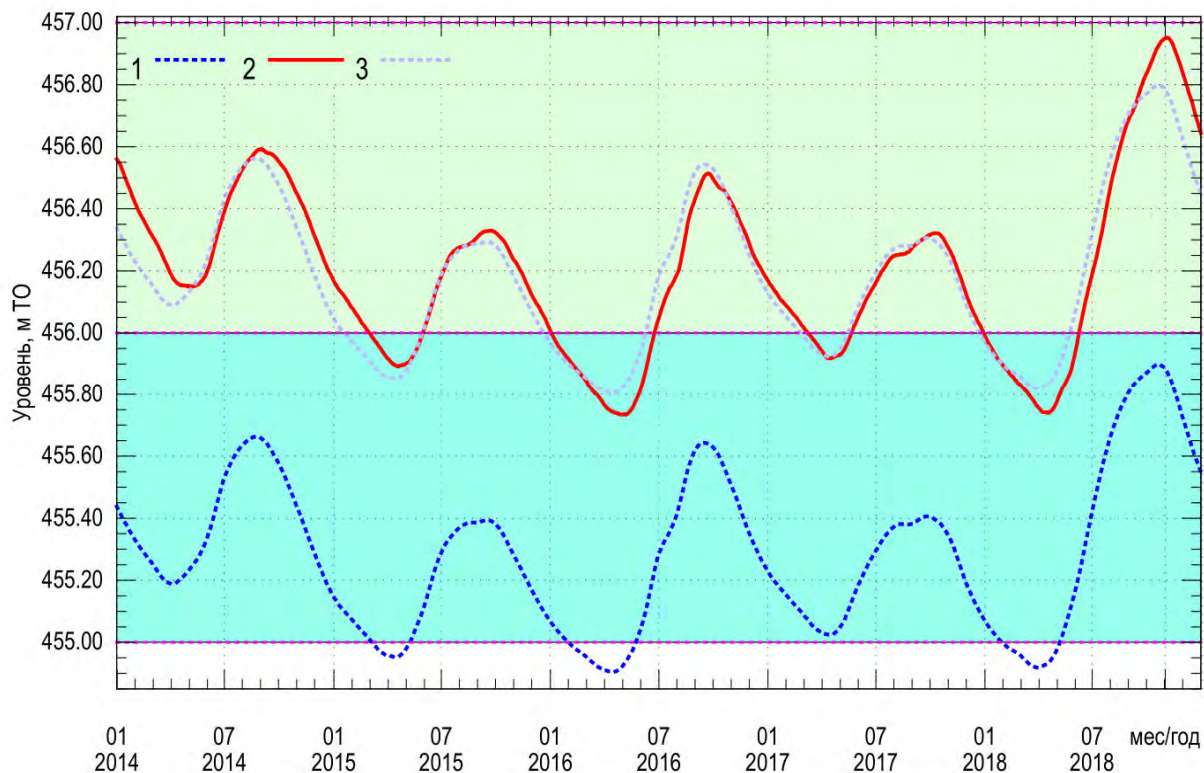


Рисунок 3.1.10 – Сравнение динамики изменения уровня режима для маловодного периода 2014–2018 гг. (1 – модельные естественные условия; 2 – фактический средний уровень; 3 – поднятие уровня в естественных условиях на 90 см)

Минимумы и максимумы фактического уровня смещены по времени на несколько суток позже аналогичных показателей для естественных условий.



### 3.1.3 Краткопериодные изменения уровня озера Байкал (сейши, нагоны, метеоцунами)

В озере Байкал, как и в других крупных водоемах под действием атмосферных возмущений генерируется широкий спектр различных движений. Сложность оценки масштабов синоптической изменчивости уровня озера заключается в неоднозначности его реакции на комплекс метеорологических воздействий в связи с направленным характером передачи водной толще энергии атмосферы. Поэтому одной из задач исследования системы «атмосфера — озеро» является изучение механизмов и оценка поступающей из атмосферы среднемасштабной механической энергии, а также ее диссипации в полях денивеляций уровня.

Широкий спектр вариаций уровня оз. Байкал можно разделить на несколько частотных диапазонов со своими характерными особенностями:

1. *Ветровое волнение* с масштабами до десятков секунд и амплитудами до 3–5 м.
2. *Сейшевые колебания* уровня (стоячие свободные волны) с периодами от десятков минут до нескольких часов
3. *Приливные волны* с характерными периодами 0,5 и 1 суток.
4. *Нерегулярные колебания уровня (сгоны/нагоны или метеоцунами)*, связанные с погодными условиями, характеризуются цикличностью до двух недель.
5. *Сезонная изменчивость уровня* определяется соотношением приходно-расходной части водного баланса озера Байкал
6. *Межгодовая и глобальная изменчивость уровня озера Байкал*, определяется климатическими изменениями

К короткопериодным колебаниям уровня относятся: сейши, приливные колебания, и сгоны/нагоны или метеоцунами.

Сейшевые колебания уровня на Байкале наблюдаются почти непрерывно в течение всего года. Некоторые характеристики этих колебаний были получены ранее путем натуральных измерений, лабораторных экспериментов на пространственной гидравлической модели и соответствующих теоретических расчетов [5–8]. Однако имевшаяся информация о байкальских сейшах являлась до настоящего времени недостаточно полной, что объясняется как трудностями экспериментальных измерений, так и использованием весьма грубых данных для морфометрических характеристик озера. В настоящее время имеются уточненные батиметрические данные Байкала, полученные в ходе выполнения проекта INTAS 99-1669 [9]. По этому проекту была проведена оцифровка и переработка материалов съемок рельефа дна, выполненных в 1979–1987 гг. экспедициями Гидрографической службы ВМФ. Для дополнения использовались также данные других

экспедиций. В ходе переработки значения массива глубин также получили поправки за счет более точного учета реального распределения поля скорости звука в водной толще.

Начиная с 2005 г. лабораторией гидрологии и гидрофизики ЛИИ СО РАН была инициирована работа по оборудованию цифровых автоматических постов наблюдения за уровнем озера. Поэтапно в разные годы были обновлены старые посты и установлены новые, охватывающие акваторию Южного и Среднего Байкала. В 2022 г. были установлены две станции закрывающие северную котловину озера. Новые станции дополнили сеть наблюдения ЛИИ СО РАН за уровнем озера Байкал, и, в настоящее время, с дискретностью от 1 секунды шесть постов измеряют уровень озера и метеопараметры по всей акватории (рис. 3.1.11). Распределенная сеть автоматических уровнемерных станций позволяет изучать не только сезонные и синоптические изменения уровня Байкала, но и особенности короткопериодных колебаний в отдельных его котловинах и озера в целом, а также способствует получению исходных данных для совершенствования методики определения среднего уровня озера Байкал.

Для анализа годовой изменчивости короткопериодных колебаний уровня проведен анализ накопленных данных. После низкочастотной фильтрации, которая позволила удалить внутригодовую изменчивость уровня был проведен спектральный анализ годовой записи уровня. Полученный спектр позволил выделить максимумы амплитуды колебаний на приливных и сейшевых частотах и определить соответствующие им периоды (рис. 3.1.12). *Полученные периоды составляют: 24,27 часа и 12,42 часа, имеют приливное происхождение, 277 минут, 152 минуты, 84 минуты и 67 минут - 1-4 мода продольной сейши, 59 минут - возможно, является сейшей южной котловины озера, 25 минут - наиболее вероятно поперечная сейша в самой широкой части озера в средней котловине, 11 минут - поперечная сейша в районе п. Листвянка.* Следует отметить, что все указанные периоды не зависят от времени года [10].

Полученные периоды сейшевых колебаний достаточно хорошо согласуются с ранее опубликованными данными: одноузловая сейша – 278 мин, двухузловая – 153 мин, трехузловая – 88 мин, четырехузловая – 60 мин [7]. Небольшая разница может быть объяснена использованием более точной методики анализа.

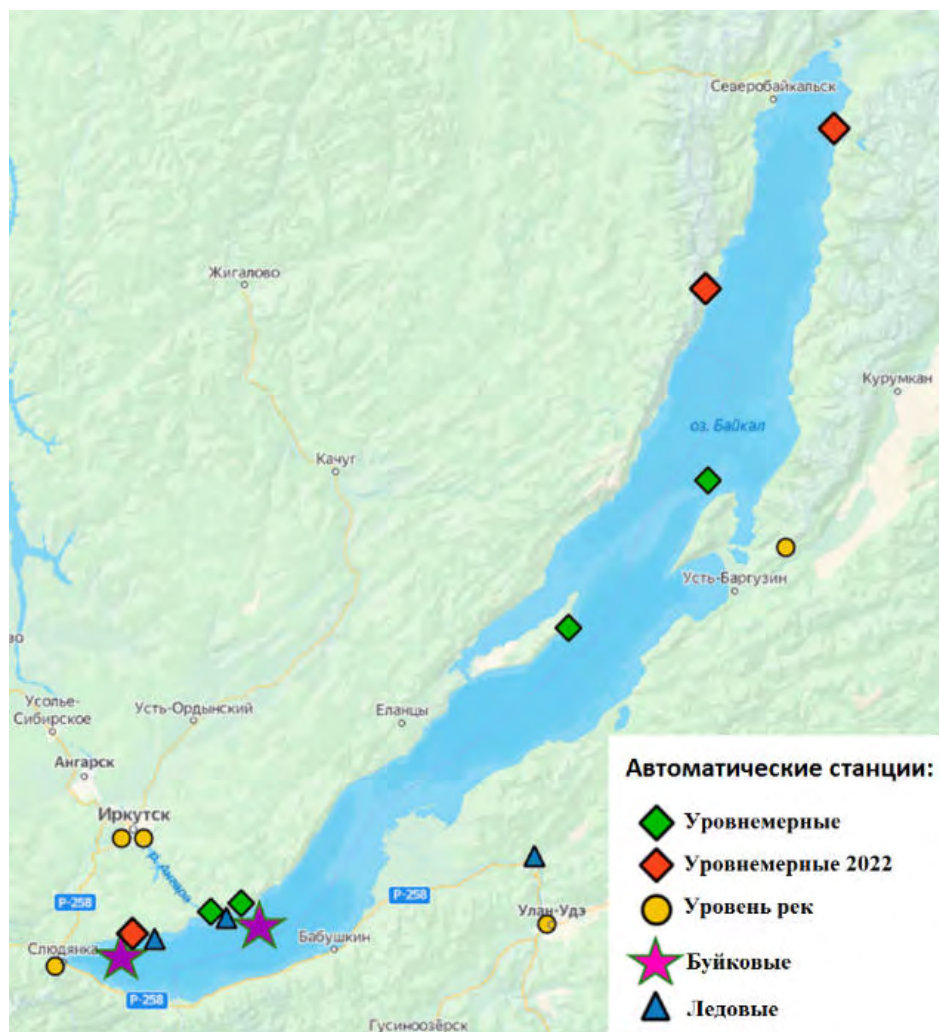


Рисунок 3.1.11 – Положение автоматических мониторинговых станций ЛИИ СО РАН

Проведен анализ внутригодовой изменчивости амплитуды сейшевых колебаний. Ее амплитуда меняется от минимального значения 3–4 мм до максимального 15–20 мм с периодом около 2-х недель, при этом в течение года наблюдаются нарушения данной цикличности (рис. 3.1.13). Ярко выраженной сезонной изменчивости амплитуды колебаний нет. Также можно отметить, что в период, когда озеро покрыто льдом и защищено от воздействия ветра (12 января – 20 апреля), амплитуда сейшевых колебаний не уменьшается.

Максимальная изменчивость уровня отмечается как в южной, так и северной котловинах Байкала, изменчивость уровня в пределах Среднего Байкала менее значительна. В годовом ходе амплитуды одноузловой сейши выявлены колебания с периодом около двух недель, с типичными изменениями амплитуды от минимальных значений 3–4 мм до максимальных 15–20 мм. Для одноузловой сейши нет значительных отличий в характере изменения амплитуд в период, когда озеро покрыто льдом и защищено от воздействия ветра, от остального времени года.

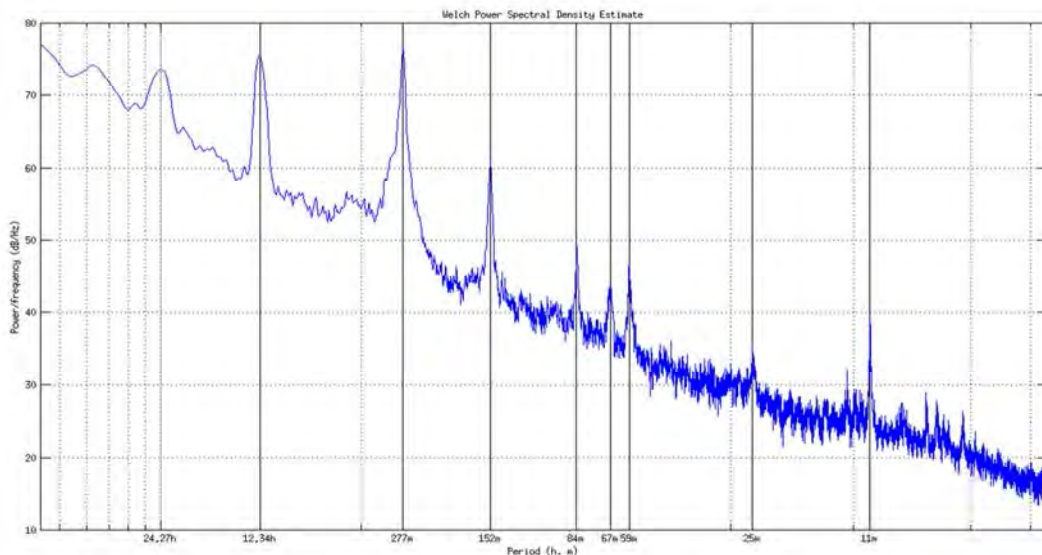
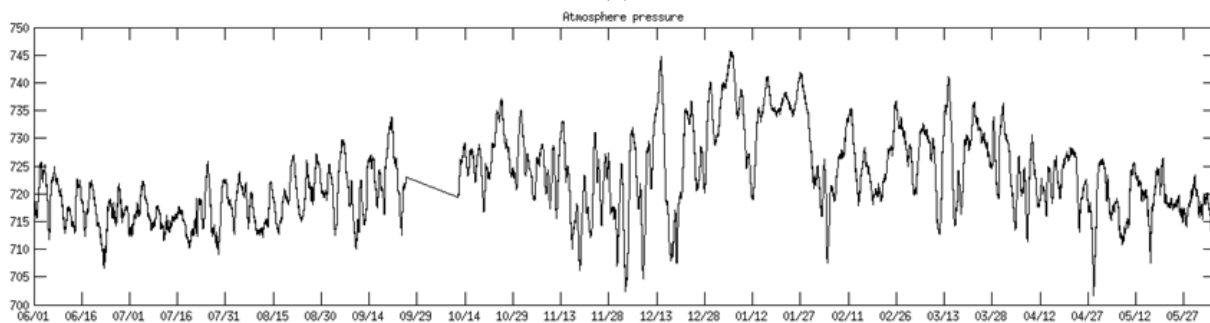


Рисунок 3.1.12 – Спектральная плотность мощности короткопериодных колебаний уровня оз. Байкал



(а)



(б)

Рисунок 3.1.13 – Годовая изменчивость амплитуды 12-часовых приливных колебаний и одноузловой сейши (а), и атмосферного давления (б)

При исследовании среднемасштабных колебаний уровня озера Байкал необходимо учитывать фазы его гидрологического режима, обусловленные сезонностью динамических процессов, протекающих в озере. Зарегистрированы и проанализированы волновые колебания уровня озера Байкал, вызванные удаленными землетрясениями.

## **3.2 Предложения для разработки методики и проведения комплексного сопряженного экологического и гидрометеорологического мониторинга за уровнем режимом озера Байкал**

### **3.2.1 Основные положения государственного мониторинга водных объектов**

В соответствии с «Положением об осуществлении государственного мониторинга водных объектов» (Постановление Правительства РФ от 10.04.2017 г., № 219) мониторинг – система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов [1]. Одной из главных целей является информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов.

Мониторинг включает в себя:

- регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, количественными и качественными показателями состояния водных ресурсов, а также за режимом использования водоохранных зон;
- сбор, обработку и хранение данных наблюдений;
- оценку и прогнозирование изменения состояния водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов.

Мониторинг водных объектов является частью государственного мониторинга окружающей среды.

В рамках Государственного мониторинга водных объектов Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) осуществляет выполнение основных функций мониторинга на базе государственной наблюдательной сети.

### **3.2.2 Современное состояние системы наблюдений за уровнем режимом и притоком речных вод в озере Байкал**

В настоящее время на оз. Байкал действуют 18 гидрологических постов Иркутского УГМС и 2 поста Забайкальского УГМС, один из которых законсервирован. Наблюдения за уровнем проводятся на 16 постах Иркутского УГМС и 1 посту Забайкальского УГМС. На постах с.Сухая, д.Сарма и р.п.Усть-Баргузин проводятся наблюдения только за температурой поверхности воды, ледовыми явлениями, состоянием водного объекта (таблица 3.2.1).

Гидрологические посты достаточно равномерно расположены по периметру озера (рис. 3.2.1). По оценкам специалистов ФГБУ «ГГИ», выполненным в конце 1970-х годов в целях оптимизации озерной сети, количество постов на оз.Байкал достаточно для

достоверного расчета его среднего уровня для различных целей. Уровнемерное устройство 14 постов свайное, 3-х постов – речно-свайное. На посту Култук установлен самописец «Валдай», действующий круглогодично. На посту Песчаная Бухта действует самописец «Валдай» для сезонных наблюдений.

Таблица 3.2.1 – Список постов на оз. Байкал, на которых ведутся наблюдения за уровнем (по состоянию на 2021 г.)

Код поста	НАЗВАНИЕ ВОДОЁМА – НАЗВАНИЕ ПОСТА	Координаты поста		Год откр.	Примечание
		с.ш.	в.д.		
8903	оз. Байкал – Песчаная бухта	52,17	105,42	1931	Иркутское УГМС
8906	оз. Байкал – гм. Ст. Солнечная (до 1968 – Покойники)	54,02	108,16	1951	То же
8907	оз. Байкал – с. Байкальское	55,20	109,11	1958	–"
8908	оз. Байкал – р. п. Нижнеангарск	55,47	109,33	1935	–"
8909	оз. Байкал – гм. Ст. Томпа	55,07	109,45	1948	–"
8910	оз. Байкал – пос. Давша	54,20	109,32	1963	–"
8917	оз. Байкал – г. Бабушкин	51,43	105,51	1931	–"
8919	оз. Байкал – пгт Танхой	51,34	105,07	1940	–"
8920	оз. Байкал – г. Байкальск	51,39	104,08	1965	–"
8921	оз. Байкал – р. п. Култук	51,43	103,42	1963	–"
8922	оз. Байкал – с. Маритуй	51,47	104,14	1932	–"
8923	оз. Байкал – р. п. Байкал	51,52	104,49	1922	–"
8924	оз. Байкал – о. Большой Ушканий	53,51	108,35	1951	–"
8925	оз. Байкал – гм. Ст. Узур	53,19	107,44	1952	–"
8926	оз. Байкал – р. п. Хужир	53,12	107,20	1964	–"
8902	оз. Байкал – пос. Большое Голоустное	52,02	105,25	1940	–"
8913	оз. Байкал – с. Турка	52,57	108,17	1976	Забайкальское УГМС. Пост не работал с 2006 по 2014 гг.

Выполненная специалистами ФГБУ «ГГИ» в 2021 г. комплексная научно-методическая инспекция гидрологических наблюдений и работ на гидрологической сети ФГБУ «Иркутское УГМС» показала крайне неудовлетворительное техническое состояние уровнемерных устройств на оз. Байкал (за исключением реперов постов), что не соответствует требованиям техники безопасности и вызывает сомнения в точности измерений уровня и температуры поверхности воды озера при различных гидрометеорологических условиях. Особую озабоченность вызывает состояние



оборудования поста р.п. Байкал. На рис. 3.2.2 в качестве примера приведены фотографии уровнемерных постов р.п. Байкал и о. Большой Ушканий.

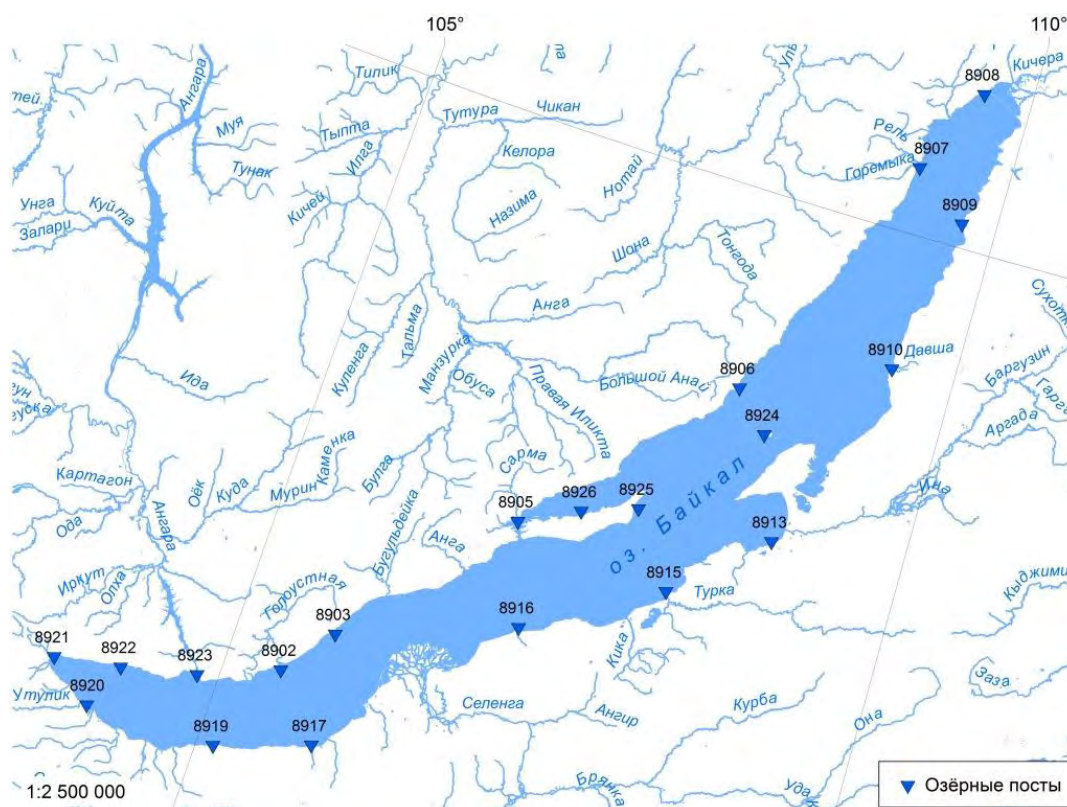


Рисунок 3.2.1 – Размещение озерных гидрологических постов на озере Байкал. Указаны коды постов в соответствии с таблицей 3.2.1



Рисунок 3.2.2 – Уровнемерное оборудование поста р.п. Байкал (а) и о. Большой Ушканий

**Состояние системы наблюдений за притоком речных вод.** Для расчета притока речных вод в озеро использованы данные измерений на 31-ом гидрологическом посту, в речную часть Иркутского водохранилища – на 2-х постах (рис. 3.2.3, таблица 3.2.2).



Таблица 3.2.2 – Гидрологические посты, данные по которым использовались для расчета притока речных вод в оз. Байкал, включая участок р. Ангара от истока до створа Иркутской ГЭС

№№ п/п	Река-пост	Расстояние (км) от		Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Дата открытия поста	Отметка нуля поста		Координаты	
		истока	устья			высота, м	система высот	долгота, градусы	широта, градусы
1	р.Голоустная - с.Б.Голоустное	118	3.5	2260	17.10.1941	466.03	БС	52.02	105.25
2	р.Бугульдейка - д.Большая Бугульдейка	74	4	1700	01.09.1950	468.5	БС	52.33	106.04
3	р.Анга - с.Еланцы	85	14	727	10.07.1959	465.73	БС	52.48	106.27
4	р.Рель - с.Байкальское	46	3.9	567	01.12.1950	477.14	абс.	55.2	109.11
5	р.Тыя - ГП Тыя	100	20	2380	11.05.1975	504.99	БС	55.45	109.18
6	р.Холодная - пос.Холодный	6	81	1050	28.08.1954	487.05	БС	55.53	109.47
7	р.Верхняя Ангара - с.Верхняя Заимка	407	31	20600	17.09.1932	454.66	БС	55.51	110.09
8	р.Давше (Давша) - п.Давше	28	0.7	93.7	18.08.1951	454.29	БС	54.2	109.32
9	р.Баргузин - с.Баргузин	424	56	19800	01.12.1932	467.36	БС	53.36	109.36
10	р.Максимиха - с.Максимиха	42	1	440	09.12.1954	454.65	БС	53.15	108.44
11	р.Турка - с.Соболиха	246	26	5050	07.10.1961	460.46	БС	52.55	108.44
12	р.Большая Сухая - с.Сухая	30	2.9	379	09.12.1952	478.78	БС	52.34	107.08
13	р.Селенга - рзд Мостовой	282	127	440000	06.02.1934	486.07	БС	52.03	107.48
14	р.Селенга –с. Кабанск	366	43	445000	14.02.1968	461.11	БС	52.07	106.65
15	р.Итанца - с.Турунтаево	63	22	2120	01.07.1960	505.19	БС	52.12	107.38
16	р.Большая - с.Покровское	30	2.5	198	22.08.1945	487.69	БС	52.09	107.16
17	р.Вилуйка - пос.Селенгинск	30	3.5	255	04.03.1969	468	БС	52.02	106.51
18	р.Кабанья - с.Елань	39	7	320	30.06.1962	468.18	БС		

№№ п/п	Река-пост	Расстояние (км) от		Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Дата открытия поста	Отметка нуля поста		Координаты	
		истока	устья			высота, м	система высот	долгота, градусы	широта, градусы
19	р.Большая речка - ст.Посольская	54	23	565	01.07.1928	477.13	БС	51.57	106.21
20	р.Мысовка - г.Бабушкин	28	0.5	151	20.04.1927	464	БС	51.43	105.52
21	р.Снежная - д.Выдрино	168	0.5	3000	01.04.1927	464.32	БС	51.27	104.39
22	р.Хара-Мурин - п.Мурино	168	5	1130	21.10.1939	464.31	БС	51.27	104.39
23	р.Харлахта - г.Байкальск	8	1.5	14.8	01.01.1964	497.41	БС	51.39	104.08
24	р.Утулик - п.Утулик	83	3.2	959	09.10.1939	466.51	БС	51.33	104.03
25	р.Безымянная - пос.Мангутай	25	2	204	01.11.1958	484.2	БС	51.35	103.54
26	р.Слюдянка - г.Слюдянка	18	3	56.3	30.09.1939	525.51	БС	51.39	103.44
27	р.Похабиха - г.Слюдянка	18	2.2	62.9	16.12.1950	464.01	БС	51.39	103.44
28	р.Выдриная - 245 км ВСЖД	32	0.8	259	21.09.1978	455.01	БС	51.29	104.55
29	р.Култучная - пос.Култук	23.3	0.7	172	12.06.1986	460	БС	51.46	103.42
30	р.Кика - с.Кика	44	63	440	01.08.2004	47	усл.	52.3	108.02
31	р.Половинная - 110 км ВСЖД	43	1.1	356	14.09.1941	456.61	БС	51.48	104.22
32	р.Олха - с.Олха*	65	19	590	28.03.1941	450.1	БС	52.2	104.15
33	р.Ушаковка - пос.Добролет*	19	58	322	10.08.1954	546.32	БС		

\*- эти реки использовались в качестве аналогов при расчете притока в р.Ангара на участке от истока до плотины Иркутской ГЭС

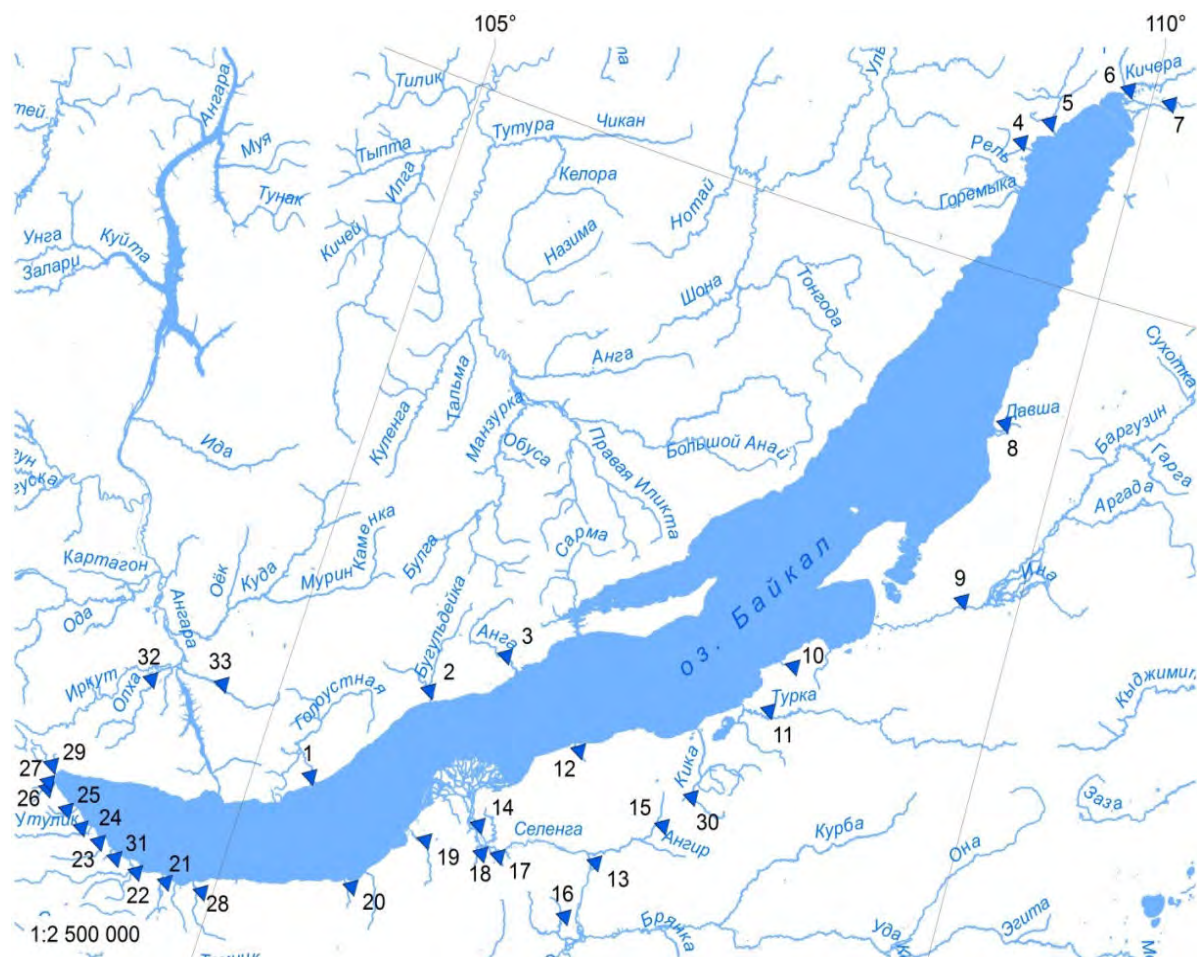


Рисунок 3.2.3 – Карта-схема расположения гидрологических постов на притоках оз. Байкал

**Состояние системы наблюдений на притоках в озеро Байкал.** По состоянию на октябрь 2022 г. наблюдения в замыкающих створах притоков в озеро Байкал ведутся на 13 гидрологических постах Иркутского УГМС и 16 постах Забайкальского УГМС, в том числе на р. Селенга на посту в створе выше замыкающего створа для оценки стока в многоводные периоды. Из приведенного в таблице 3.2.2 списка к настоящему времени закрыты ГП-1 р. Половинная – 110 км ВСЖД Иркутского УГМС (закрыт в 2019 г.) и ГП-1 р. Большая – с. Покровское Забайкальского УГМС (закрыт в 1997 г.). Все ГП в замыкающих створах являются стоковыми. При этом на большинстве постов Иркутского УГМС оборудование гидрометрических створов разрушено. В настоящее время в Иркутском УГМС оборудован только один гидрометрический створ на р. р.Утулик – п.Утулик люлечной переправой и установкой ГР-70. На остальных постах инструментально, с использованием гидрометрических вертушек, расходы измеряются только зимой со льда и, на малых реках, летом при низкой водности – вброд. При высокой водности расходы измеряются поверхностными поплавками. При этом определяются только наибольшие скорости потока, т.е. 4–5 поплавков бросаются в стрежневую область

потока и средняя скорость рассчитывается с учетом соответствующих коэффициентов [2].

Промеры глубин, как правило, выполняются только зимой со льда.

В Забайкальском УГМС с использованием поверхностных поплавков в период открытого русла измерения расходов воды проводятся только на ГП-1 р. Рель - с. Байкальское. Гидрометрические створы остальных гидрологических постов, кроме ГП-1 р. Селенга – с. Кабанск, оборудованы гидрометрическими мостиками, тросово-лодочными переправами, гидрометрическими установками ГР-70. Пост р Баргузин –с. Баргузин оборудован паромно-тросовой переправой. Измерения расходов воды на этих постах можно считать надежными, так как в течение всего года скорости течения измеряются инструментально с использованием гидрометрических вертушек и при каждом измерении расходов воды выполняются промеры глубин русла. В настоящее время не выполняются регулярные измерения расходов воды на ГП-1 р. Селенга – с. Кабанск. Измерения расходов воды на этом посту выполняются только эпизодически (в основном зимой) для подтверждения многолетней кривой расходов, по которой рассчитывается сток воды.

Автоматизированными гидрологическими комплексами с датчиками уровня воды гидростатического типа оборудованы только два поста Забайкальского УГМС: р.Селенга –рзд Мостовой и р. Селенга – с. Кабанск. АГК работают неустойчиво, данные по ним признаются некачественными. Требуется серьезные усилия для налаживания бесперебойной и качественной работы АГК на этих постах.

**Системы высот, применяемые на оз.Байкал.** На оз. Байкал используются две системы высот: Тихого океана (ТО) и Балтийская неперееуровненная система БС (старое название системы абс., еще ранее Балтийского моря БМ).

Основой опорной нивелировочной сети для Байкала, как и для всей Сибири, являются нивелировки, выполненные вдоль Сибирской железной дороги в 1901–1928 гг. Нивелировки установили связь уровня Тихого океана в г.Владивосток с нулем Кронштадтского фудштока Финского залива Балтийского моря (система абсолютных отметок над уровнем Балтийского моря – абс.). Общая длина пронивелированной магистрали составила 9570 км, средняя невязка не превысила 0,2 мм на 1 км. Вычисленная разница между уровнем Балтийского моря и Тихого океана для марки № 452 ВТУ 1928 г. на ст. Байкал составила 1,068 м.

В начале 20-го века при проектировании и строительстве Кругобайкальской железной дороги репера уреченных постов порт Байкал, Танхой, Маритуй, Бабушкин получили отметки в системе Тихого океана в результате их нивелирной привязки к реперам государственной геодезической сети. Уреченные посты, организованные позднее,

получили отметку нуля графика поста методом водной нивелировки от вышеперечисленных постов.

В начале 1930-х годов высотные отметки постов были переведены в систему абсолютных высот непереуровненную над уровнем Балтийского моря (БМ) путем введения поправки на разность отметок в ТО и абс. (или БМ) по посту порт Байкал равной  $-1,068$  м («Временный каталог сибирских нивелировок» ВТУ, 1931 г.). Отметки реперов во «Временном каталоге...» даны над уровнем Балтийского моря (Кронштадтского футштока). В то же время в нем указано, что пользование этим Каталогом для практических целей, особенно для территории Дальнего Востока представляет некоторые неудобства из-за удаленности от Балтийского моря. Поэтому для практических целей, в частности, для отметок нуля графика уровневных постов на оз.Байкал, использовалась Тихоокеанская система высот.

Предполагалось, что поправка одинакова по периметру озера для всех постов. Байкальские посты получили отметки в системе абс., которые на 107 см ниже отметок в ТО, а уровенные наблюдения увязаны между собой.

В послевоенные годы было проведено уравнивание нивелирной сети СССР и произведен пересчет отметок марок и реперов от нуля Кронштадского футштока способом, указанным в «Каталоге высот марок и реперов нивелирования I и II кл.», том III, 1950 г. Уравненная система отметок получила название Балтийской БС.

Некоторые посты на озере получили отметки в Балтийской системе, но разность между высотами в абс. (БМ) и БС составила от 49 (г. Бабушкин) до 68 см (г. Нижнеангарск), т.е. возникли «перекося» уровенной поверхности до 19 см, что противоречит тому, что при осреднении уровня на постах за многолетний период случайные ошибки сглаживаются, и средний уровень озера приближается к горизонтальному положению. Таким образом, перейти на Балтийскую систему 1950 г. на оз. Байкал не удалось. Уровни в Гидрологических ежегодниках по-прежнему помещались в непереуровненной системе Балтийского моря, но нуль графика постов стали обозначать как абсолютный (абс.).

Уровни нуля графика постов, равные 453,27 м до 2009 года в Гидрологических ежегодниках обозначались как абсолютный (абс.). С 2009 г. в связи с переходом на автоматизированную систему подготовки Ежегодников программой «ГВК-Озера» отметка нуля постов на Байкале указывается как 453,27 м БС – Балтийская непереуровненная система.

Таким образом, в настоящее время разница между нулем поста на оз.Байкал, приведенного в Гидрологических ежегодниках 453,27 м (обозначенная как абс. либо БС) с

нулем графика поста в ТО составляет 107 см, а с нулем графика в системе БС 1950 года по данным Иркутского УГМС – 55 см. Разница между БС 1950 г. и ТО составляет 52 см. Следует подчеркнуть, что система БС 1950 года в Байкальском регионе практически не используется. Однако, если в опубликованных материалах об уровнях оз. Байкал указан нуль графика 453,82 м, то он указан в системе БС 1950 г.

В таблице 3.2.3 приведены значения проектных уровней озерной части Иркутского водохранилища – оз.Байкал в различных системах высот.

Таблица 3.2.3 – Отметки уровенных поверхностей оз. Байкал в различных системах высот

Система	НПУ	УМО	«0» графика
ТО	457,00	455,54	454,34
БС 1950 г.	456,48	455,02	453,82
абс. или БС	455,93	454,47	453,27

Следует отметить, что в настоящее время репера уровенных постов на оз. Байкал не привязаны к переуровненной государственной геодезической сети 1977 г. (БС-77). Попытка Иркутского УГМС перевести нули графика постов на озере в систему БС-77 не удалась, т.к. на постах, имеющих привязки к современной геодезической сети, средние многолетние уровни воды, пересчитанные в этой системе, показали существенные различия.

### 3.2.3 Предложения по определению среднего уровня оз. Байкал на конкретную дату

В настоящее время расчет среднего уровня оз. Байкал выполняется в Иркутском УГМС с учетом весовых коэффициентов по данным наблюдений на 8 постах по формуле:

$$H_{\text{ср.взв.}} = 0,1[2(H_1+H_2)+2,5H_3 + H_4+1,5H_5+ 1/3*(H_6+H_7+H_8)], \quad (3.2.1)$$

где  $H_{\text{ср.взв.}}$  – средневзвешенный ровень озера, рассчитанный по уровень воды на постах: 1 – Нижнеангарск, 2 – Томпа, 3 – Узур, 4 – Солнечная, 5 – о.Большой Ушканий, 6 – р.п.Байкал, 7 – Бабушкин, 8 –Танхой. Формула расчета среднего уровня была предложена Б.С. Цейтлиным по результатам специальных исследований института «Гидропроект им. С.Я. Жука» (Мосгидэпа), выполненных на стадии проектирования Иркутского гидроузла. Для оценки достоверности результатов расчета среднего уровня озера по принятой формуле был выполнен сравнительный анализ уровней озера, рассчитанных по выбранным озерным постам с уровнями, осредненными по всем 17 постам. В анализе использованы ряды среднесуточных значений уровня за период с 1968 до 2020 гг.

Так как на озере Байкал уровенные посты равномерно распределены по его побережью, в основу исследования принято положение о взаимной компенсации динамических колебаний уровня под воздействием сгонно-нагонных явлений, сейш и т.п. на постах, расположенных на противоположных берегах, благодаря чему средний уровень, вычисленный путем арифметического осреднения по данным всех постов, наиболее близок к его реальной величине. Таким образом, за эталон для дальнейших сопоставлений был взят ряд среднесуточных значений среднего уровня озера, полученный при арифметическом осреднении наблюдений по всем 17 постам Росгидромета.

Наряду с расчетом среднего уровня по всем 17 постам (1 способ расчета), и по формуле (3.2.1), содержащей весовые коэффициенты (2 способ расчета), рассчитывались среднеарифметические значения уровня по данным 8 постов (3 способ расчета), включенных в формулу (3.2.1).

Проведенный анализ свидетельствует о том, что использование формулы, содержащей весовые коэффициенты, усиливает вес северных и центральных постов, что приводит к увеличению расхождений между расчетными значениями уровня (рис. 3.2.4). Результаты, полученные за счет арифметического осреднения по 8 постам, ближе к осредненным значениям уровня, полученным с учетом всех постов, как по средним значениям (при этом среднее расхождение свидетельствует о систематическом завышении уровня при расчете по данным 8 избранных постов (-0,003/-0,004)), так и по среднеквадратическому отклонению (таблица 3.2.4). Кроме того, было выявлено небольшое завышение уровня при использовании данных по 8 входящим в формулу постам, связанное с ошибками водной нивелировки отдельных постов, входящих в формулу, и точностью измерений.

Таблица 3.2.4 – Сопоставление результатов расчетов среднего уровня (м ТО), полученных разными способами за период с 1968 до 2020 гг.

	Значения за период, м ТО			Расхождения за весь период (м) между результатами, полученными разными способами	
	1 способ расчета	2 способ расчета	3 способ расчета	1 и 2 способы расчета	1 и 3 способы расчета
Среднее	456,38	456,38	456,38	-0,004	-0,003
Максимальное	457,39 (27.09-01.10, 04.10, 06.10. 1988)	457,41 (04.10.1988)	456,33/457,40 (04.10.1988)	0,037	0,019
Минимальное	455,28 (18.04.1982)	455,29 (15-20, 23.04.1982)	455,29 (18, 19, 21.04.1982)	-0,047	-0,030
Среднее квадратическое отклонение (СКО)	0,388	0,387	0,388	0,0102	0,0053



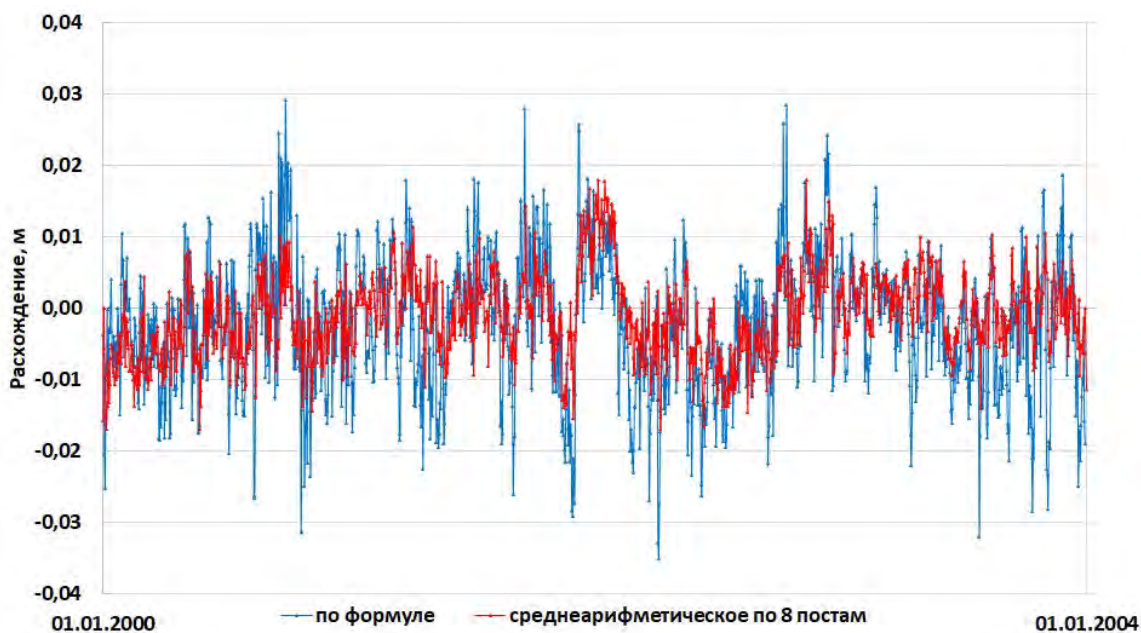


Рисунок 3.2.4 – Расхождения ежедневных значений среднего уровня, рассчитанного двумя способами по 8 постам (по формуле и среднеарифметическое) и среднего уровня, рассчитанного с учетом данных всех постов за период 2000–2004 гг.

При подготовке предложений по оптимизации существующей формулы расчета среднего уровня озера Байкал учитывались следующие соображения:

1. Наиболее точным признается уровень, рассчитанный по данным всех 17 постов, однако использование данных всех постов затрудняет выполнение оперативных расчетов.

2. Введение весовых коэффициентов для отдельных постов увеличивает расхождения между уровнем воды, рассчитанным как среднеарифметическое значение по всем 17 постам.

3. Выбранные посты должны быть равномерно распределены по побережью водоема. Их количество должно определяться необходимостью отразить уровень 3-х основных зон озера Байкал и их расположением на осях равновесия внутри зоны.

4. Наблюдения на выбранных постах должны характеризоваться регулярностью и минимальным количеством пропусков за предшествующий период.

5. Средние значения уровня, рассчитанные по выбранным постам, должны минимально отличаться от средних значений уровня, рассчитанного по всем постам. В этой связи, прежде всего, выбираются посты, где отклонение от среднего по всем постам минимально. Отклонение по отдельному посту в сторону завышения уровня (обычно составляющих миллиметры) должны компенсироваться данными по посту с регулярными отклонениями в сторону его занижения.

6. Значения статистических параметров, характеризующих расхождения между рассчитанным уровнем по выбранным постам и всем имеющимся постам, должны быть лучше, чем аналогичные значения, полученные при использовании существующей до настоящего времени формулы.

Были определены наборы постов, содержащие их разное количество, отвечающих выше описанным требованиям и рассчитаны статистические параметры отклонений уровня, полученного при осреднении по каждому анализируемому набору от среднего уровня, рассчитанному по данным всех 17 постов. Исходя из особенностей размещения постов по периметру озера, их надежности (минимальные пропуски и ошибки измерения) и минимальных отклонений измеренного уровня от среднего по озеру, для северной части оз. Байкал обязательным для каждого набора считался пост Нижнеангарск, для центральной части – о. Большой Ушканий. Количество постов на юге озера наибольшее, поэтому здесь перебирались все возможные сочетания. Статистические характеристики расхождений по отношению к уровню, рассчитанному по всем постам, для некоторых проанализированных наборов постов за 1968–2020 гг., когда проводились наблюдения на постах, входящих формулу (3.2.1), представлены в таблице 3.2.5.

Таблица 3.2.5 – Сопоставление результатов расчетов среднего уровня (см), полученных для разных наборов постов, по отношению к уровню, осредненному с учетом всех станций

К-во постов	Варианты расчета (наборы постов)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	8	8	3	6	4	4	7	6	6	6	6	1
Ср.	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-1,0	0,0	-0,2	-0,4	-0,1	-0,3	0,0	-1,1
Макс.	3,0	1,5	2,8	1,8	2,9	3,3	1,5	1,8	1,8	1,7	1,9	8,1
Мин.	-3,5	-2,0	-3,3	-3,3	-6,3	-3,8	-1,9	-2,5	-2,7	-2,9	-2,2	-7,7
СКО	1,01	0,53	0,96	0,63	0,99	0,81	0,53	0,67	0,69	0,72	0,59	2,35

Обозначения вариантов расчета (наборы постов):

1 – по формуле (1); 2 – Нижнеангарск, Томпа, Солнечная, Б.Ушканий, Узур, Бабушкин, Танхой, Байкал; 3 – Нижнеангарск, Б.Ушканий, Култук; 4 - Нижнеангарск, Б.Ушканий, Култук, Бабушкин, Солнечная, Узур; 5 – Байкал, Б.Голоустное, Узур, Б.Ушканий; 6 – Нижнеангарск, Б.Ушканий, Култук, Байкальск; 7 – Нижнеангарск, Б.Ушканий, Култук, Байкал, Бабушкин, Томпа, Узур; 8 - Нижнеангарск, Б.Ушканий, Култук, Байкал, Томпа, Узур; 9 - Нижнеангарск, Б.Ушканий, Култук, Бабушкин, Томпа, Узур; 10 - Нижнеангарск, Б.Ушканий, Бабушкин, Байкал, Томпа, Узур; 11 - Нижнеангарск, Б.Ушканий, Култук, Байкал, Бабушкин; 12 – р.п.Байкал

По результатам анализа статистических параметров, характеризующих отклонения от среднего уровня, наилучшими были признаны наборы из семи постов (Нижнеангарск, Томпа, Бол. Ушканий, Узур, Порт Байкал, Бабушкин, Култук) и из шести постов

(Нижнеангарск, Томпа, Бол. Ушканий, Порт Байкал, Бабушкин, Култук). Набор из семи постов имеет такое же СКО (0,53), как и набор из 8 постов, используемых на сегодняшний день (при осреднении без учета весовых коэффициентов), при этом чуть меньшее смещение среднего (-0,2/-0,3) и минимального (-1,9/-2,0) значений. В наборе из шести постов отсутствует смещение среднего значения (0), но чуть больше разброс (СКО 0,59/0,53), макс. (1,9/1,5), мин (-2,2/-2,0). Отметим, что СКО уровня, рассчитанного по формуле (3.2.1) наибольшее по сравнению со всеми предложенными наборами постов.

По результатам анализа для оперативного расчета среднего уровня на конкретную дату используемыми УГМС методами регистрации (2 раза в сутки) предлагается в дальнейшем использовать данные семи постов: р.п.Нижнеангарск, г.м.ст.Томпа, о.Большой Ушканий, г.м.ст.Узур, р.п. Байкал, г.Бабушкин, р.п.Култук. Расчет уровня предлагается проводить как вычисление его среднеарифметического значения, измеренного на этих постах.

### **3.2.4 Предложения по модернизации системы наблюдений за уровнем режимом и притоком речных вод в озеро**

Модернизированная система гидрологических наблюдений в бассейне оз. Байкал должна:

1. Базироваться на сложившейся структуре оперативно-производственных подразделений Иркутского и Забайкальского УГМС.

2. Обеспечить современный технологический уровень всех основных функциональных блоков системы наблюдений: подсистемы получения гидрологических данных; подсистемы сбора гидрологических данных; подсистемы обработки гидрологических данных и подготовки информационной продукции (рис. 3.2.5).

Главным назначением указанных подсистем является получение достоверных данных об уровнях на озерных постах озера Байкал и об уровнях и расходах на притоках к Байкалу. Система должна обеспечивать своевременную передачу данных измерений от постов наблюдений в центр сбора данных для последующей обработки: расчета изменения объема озера и притока в него в оперативном и режимном вариантах, а также подготовки аналитической и прогностической продукции для обслуживания потребителей.



Рисунок 3.2.5 – Блок-схема подсистемы гидрологического мониторинга в бассейне озера Байкал

**Предложения по модернизации системы наблюдений за уровнем озера.** Для решения задач оперативного управления режимом работы Иркутской ГЭС к первоочередным для модернизации отнесены посты р.п. Нижнеангарск, гм.ст. Томпа, о. Большой Ушканий, гм.ст. Узур, р.п. Байкал, г.Бабушкин, р.п. Култук, определенные по результатам специального анализа.

**Озерный гидрологический пост (ОГП) р.п. Нижнеангарск** расположен в крайней северной оконечности озера, в 1 км к западу от дельты р.Верхня Ангара, на юго-западной окраине поселка, у речного причала. Берег в районе поста представлен уступом нижней плоской террасы высотой 5–6 м. Дно озера валунно-галечниковое. Пост оборудован сваями, морской рейкой. Отметки постовых устройств получены водной нивелировкой.

**ОГП гм.ст.Томпа** пост расположен на северо-восточном побережье Северного Байкала, в 2 км к северо-западу от устья р. Томпуды, в 200 м к западу от метеорологической площадки. Берег в районе поста представляет собой местами заболоченную речную долину. Дно озера песчано-галечниковое. Пост оборудован сваями. Отметки постовых устройств получены водной нивелировкой.

**ОГП г. Бабушкин** расположен на восточном побережье Южного Байкала, в 200 м к северо-западу от ж.д. вокзала ст. Мысовая, в 2 км к северо-востоку от метеорологической площадки. Прилегающая местность – равнина. Дно песчано-каменистое. Пост оборудован двумя постоянными рейками, установленными на стенке предохранительной галереи водозаборной трубы водокачки, и сваями. Отметки постовых устройств получены нивелировкой IV класса в начале 20-го века.

**ОГП р.п. Култук** расположен на крайней юго-западной оконечности озера, на 154 км старой линии Восточно-Сибирской железной дороги, в 2 км к востоку от р.п.Култук и метеорологической площадки. Берег крутой, укреплен ряжами. Дно каменисто-галечниковое, устойчивое. Пост оборудован постоянной рейкой, прикрепленной к ряжу, контрольной сваей, самописцем уровня воды «Валдай» постоянного действия, установленном в колодце насосной станции водокачки и двумя реперами. Отметки постовых устройств получены нивелировкой IV класса в начале 20-го века.

**ОГП р.п. Байкал** пост расположен на северо-западном побережье Южного Байкала, в заливе Лиственичный, в 1 км к западу от истока р. Ангары, у пирса речного порта. Прилегающая местность представляет собой высокие отроги Приморского хребта, круто обрывающиеся к озеру. Берег – насыпная терраса высотой 6 м, укрепленная ряжем. Дно каменисто-галечниковое. Пост находится в 50 м к югу от здания администрации речного порта и состоит из морской рейки, прикрепленной к ряжу и контрольной сваей. Отметки постовых устройств получены нивелировкой IV класса в начале 20-го века.

**ОГП о. Большой Ушканий** расположен в центральной части озера, на юго-западной оконечности острова, в 350 м к востоку от метеорологической площадки. Берег пологий с хорошо выраженной бровкой высотой 2,5–3 м, дно сложено коренными породами. Пост оборудован сваями. Отметки постовых устройств получены водной нивелировкой.

**ОГП гм.ст. Узур** расположен в северо-восточной оконечности о.Ольхон, в бухте Сенная, в 100 м к юго-юго-востоку от метеорологической площадки. Берег в районе поста пологий с хорошо выраженной бровкой высотой 2–3 м. Дно каменистое. Пост оборудован сваями. Отметки постовых устройств получены водной нивелировкой.

Вышеперечисленные посты расположены в районах крупных поселков или действующих метеорологических станций, т.е. местах, обеспеченных электричеством и связью, что позволяет оборудовать их современными автоматизированными гидрологическими комплексами (АГК). На них рекомендуется установить АГК с гидростатическими датчиками уровня, жестко закрепленными на дне. Выбор комплектации АГК дополнительными датчиками гидрометеорологических характеристик

(температуры воды, осадков и т.п.), мест установки, привязки к высотной геодезической сети, выбор способа передачи данных, выполнение параллельных наблюдений по АГК и стандартному уровнемерному оборудованию должно осуществлять Иркутское УГМС.

Кроме того, стандартное уровнемерное оборудование постов на оз.Байкал требует ремонта, дооснащения удобными подходами к постовому оборудованию и мостками с поручнями для безопасного производства измерений.

**Предложения по модернизации системы наблюдений за притоком в озеро.** Доля стока рек Селенга, Верхняя Ангара и Баргузин в суммарном притоке речных вод в озеро составляет до 65–70% (таблица 3.2.6).

Таблица 3.2.6 – Доля стока трех рек в суммарном годовом притоке

Приток	Доля притока от суммарного, %		
	1973 г.	2017 г.	1975 г.
Суммарный приток рр. Селенга, Верхняя Ангара, Баргузин	68	65	67
Приток р. Селенга	51	39	46
Суммарный приток с территории, освещенной данными гидрометрических наблюдений	79	78	82
Суммарный приток с территории, не освещенной гидрометрическими наблюдениями	21	22	18

Поэтому первоочередную модернизацию гидрологических наблюдений предполагается выполнить на гидрологических постах: р. Селенга – с. Кабанск, р. Верхняя Ангара – с. Верхняя Заимка, р. Баргузин – с. Баргузин.

**ГП р. Селенга – с. Кабанск.** Пост расположен на левом берегу. Русло реки на участке поста шириной до 1,0 км расчленено островами на протоки. Пойма двусторонняя: правобережная пойма шириной до 0,5 км, левобережная – 0,8–1,0 км. В настоящее время на посту нет регулярных измерений расходов воды. Измерения расходов воды (ИРВ) выполняются эпизодически (в основном зимой) для подтверждения многолетней кривой расходов, по которой рассчитывается сток воды. Для измерений уровня в трубе, вмонтированной в бетонный столб, установлен АГК с датчиком гидростатического типа фирмы STS. АГК работает неустойчиво, данные плохого качества. Необходимо: наладить качественную бесперебойную работу АГК; для измерения расходов воды использовать профилограф с лодки (с этой целью гидрометрический створ необходимо оборудовать лодочной переправой); для обеспечения учета стока в многоводные годы наладить качественную бесперебойную работу АГК на **ГП р.Селенга – рзд. Мостовой**. Для учета стока и измерения расходов воды использовать профилограф.

**ГП р. Верхняя Ангара – с. Верхняя Заимка.** Пост расположен на правом берегу. Гидрометрический створ оборудован тросово-лодочной переправой.

Необходимо: для выполнения измерений уровня воды установить АГК с гидростатическим датчиком с передачей данных по сотовой линии связи; для обеспечения непрерывной работы АГК использовать солнечные панели; для измерения расходов воды использовать профилограф с лодки.

**ГП р. Баргузин – с. Баргузин** Пост расположен на правом берегу. Гидрометрический створ оборудован паромно-тросовой переправой.

Необходимо: для выполнения измерений уровня воды установить АГК с гидростатическим датчиком с передачей данных по сотовой линии связи; для обеспечения непрерывной работы АГК использовать солнечные панели; для измерения расходов воды использовать профилограф с парома.

Для повышения надежности данных о расходах воды на притоках озера Байкал необходимо также в первую очередь обеспечить инструментальные измерения расходов воды на наиболее крупных притоках с площадью водосбора больше 1000 км<sup>2</sup>. С этой целью необходимо оборудовать гидрометрические створы на следующих гидрологических постах Иркутского УГМС: р. Голоустная – с. Большое Голоустное, р. Бугульдейка – д. Большая Бугульдейка, р. Снежная – д. Выдрино, р. Хара-Мурин – п. Мурино,

Кроме того, для контроля сбросов Иркутского гидроузла и уточнения водного баланса озера и Иркутского водохранилища в целом необходимо модернизировать пост **ГП р. Ангара – г. Иркутск.** Уровенный пост расположен на правом берегу в 100 м ниже автодорожного моста. Необходимо на этом посту установить АГК с гидростатическим датчиком с передачей данных по сотовой линии связи; организовать контрольные измерения расходов воды с ближайшего автодорожного моста с использованием профилографа.

Современные методы регистрации уровня оз. Байкал автоматическими станциями с гидростатическими датчиками (частота 1 сек, точность 1 мм), используемые ЛИН СО РАН, позволили выявить внутрисуточные колебания уровня разной периодичности в разных пунктах наблюдений с амплитудами до нескольких сантиметров. Их анализ показал значительные отличия (до 5 см) суточных показателей от данных гидропостов УГМС.

В этой связи, отмеченные 7 гидропостов должны стать первым этапом по модернизации мониторинга уровня автоматическими датчиками с автоматизированными



процедурами расчета среднечасовых и среднесуточных показателей на основе регистрируемых данных.

### **3.2.5 Предложения по автоматизированной обработке данных наблюдений и методике оперативного учета притока речных вод в озеро**

Автоматизированная обработка данных наблюдений и учет речного стока в режимном и оперативном вариантах на притоках в оз. Байкал должны осуществляться с учетом требований нормативных документов Росгидромета [3, 4, 5], разработанных в ФГБУ «ГГИ при участии специалистов ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»:

Автоматизированная обработка данных наблюдений за уровнями и расходами воды должна выполняться как по автоматизированным постам, так и постам, на которых выполняются ручные наблюдения за уровнями воды. Предполагается, что информация автоматизированных ГП будет поступать в центр сбора данных ежечасно, с неавтоматизированных – один раз в сутки с передачей данных за два стандартных срока наблюдений 8 и 20 ч.

Текущая работа по автоматизированной оперативной обработке гидрологических данных и учету стока заключается в следующем:

– сбор данных срочных наблюдений за уровнями воды как с автоматизированных ГП, включая АГК в верхнем и нижнем бьефах Иркутского водохранилища, так и с ГП, на которых наблюдения выполняются ручным способом;

– проверка качества данных наблюдений за уровнями воды и, при необходимости, их корректировка и формирование в таблицы проверенных и принятых для расчета срочных данных наблюдений за уровнем воды в соответствии с требованиями [4];

– непосредственное вычисление оперативных срочных значений среднего уровня воды озера и расходов воды в замыкающих створах притоков и на ГП р. Ангара – г. Иркутск.

Вычисление оперативных расходов воды выполняется в соответствии с положениями нормативных документов [3, 5] по уравнению

$$Q_{оп} = Q(H_t)(1 + \tilde{q}_t). \quad (3.2.2)$$

В качестве характеристик изменения пропускной способности русла во времени используются относительные отклонения измеренных расходов воды (ИРВ)  $\tilde{q}_и$  от опорной зависимости  $Q(H)$ :

$$\tilde{q}_и = \frac{Q_и - Q(H_и)}{Q(H_и)}, \quad (3.2.3)$$

где  $Q_{и}$  – ИРВ, м<sup>3</sup>/с;  $Q(H_{и})$  – расход воды, полученный по КР  $Q(H)$  для уровня  $H_{и}$ , зафиксированного во время измерения расхода воды  $Q_{и}$ , м<sup>3</sup>/с.

Для каждого гидрологического поста выполняется аппроксимация выбранной опорной кривой расходов воды  $Q(H)$  и определяются ее параметры (рис. 3.2.6), выбирается оптимальный способ экстраполяции характеристик изменения пропускной способности русла  $\tilde{q}$  в интервале от состоявшегося до следующего измерения расхода воды в соответствии с положениями нормативных документов [3, 5].

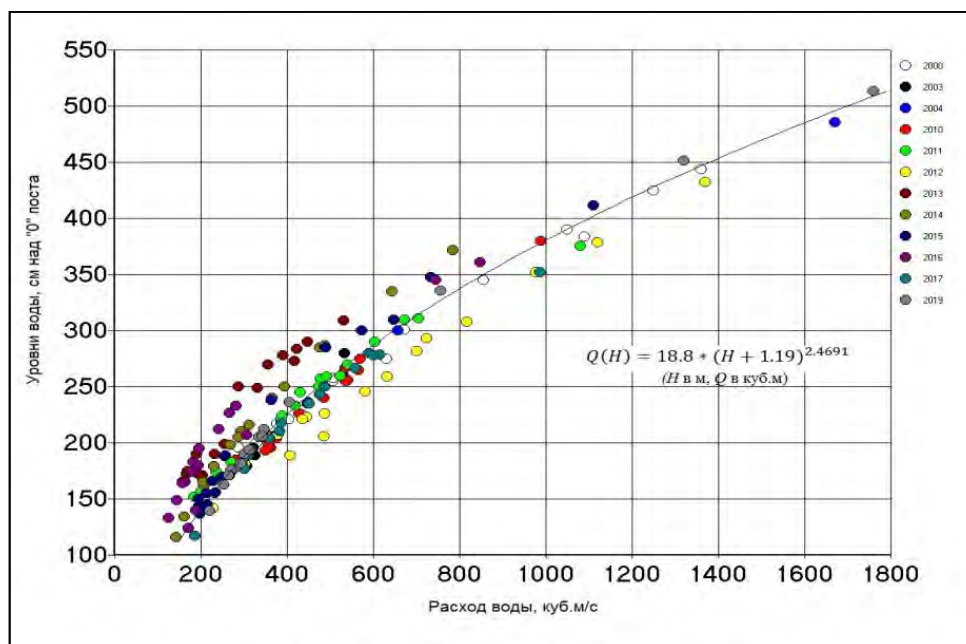


Рисунок 3.2.6 – Многолетняя кривая расходов, принятая в качестве опорной оперативного учета стока на ГП р. Верхняя Ангара – с. Верхняя Заимка

По данным автоматизированных наблюдений расчет оперативных данных выполняется ежечасно, по данным ручных наблюдений – в стандартные сроки наблюдений (8 и 20 ч) в обычном режиме и дополнительно в нестандартные сроки в период паводков и половодий. На рис. 3.2.7 представлены результаты расчета оперативных расходов воды  $Q_{оп}$ , с использованием методики ГГИ.

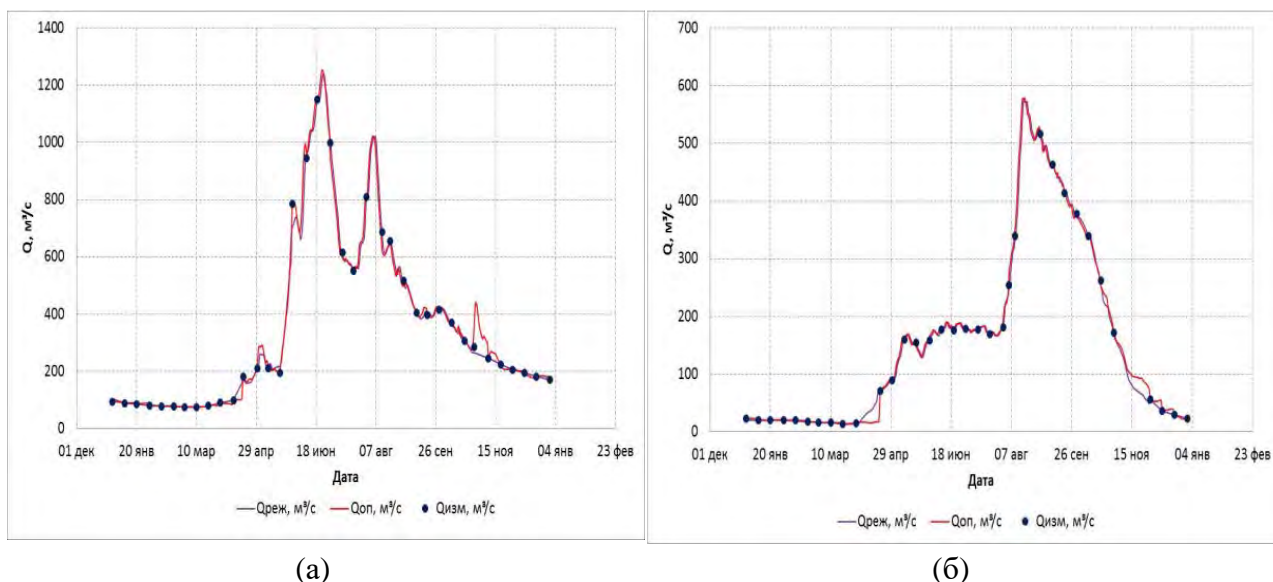


Рисунок 3.2.7 – Гидрографы режимного  $Q_{реж}$  и оперативного  $Q_{оп}$  учета стока за 2020 г:  
 (а) – р. Верхняя Ангара – с. Верхняя Ангара, (б) – р. Баргузин – с. Баргузин

Средние квадратические расхождения режимных и оперативных расходов воды в период открытого русла 2020 г. составили - для ГП р. Верхняя Ангара – с. Верхняя Ангара – 4,6%, для ГП р. Баргузин – с. Баргузин – 1,8%.

### 3.2.6 Предложения по расширению сети автоматических станций (АС) измерения уровня озера Байкал (установка АС на постах Солнечная, Томпа, Нижнеангарск, Нейтринный телескоп-106 км)

Лимнологический институт СО РАН располагает опытом эксплуатации автоматических станций мониторинга гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров Байкальской воды. Опытные станции мониторинга были установлены на пирсах ЛИИ СО РАН в п. Б. Коты и в п. Листвянка. Они выполняли сбор данных получаемых с датчиков растворенного кислорода, водородного показателя, окислительно-восстановительного потенциала, хлорофилла-а и других гидрофизических показателей литоральной зоны озера [6]. Такого набора параметров достаточно, чтобы судить о качестве воды, и отслеживать его изменения. Характеристики, измеренные автоматической станцией передаются в центр обработки данных в ЛИИ СО РАН и доступны через WEB интерфейс (рис. 3.2.8).

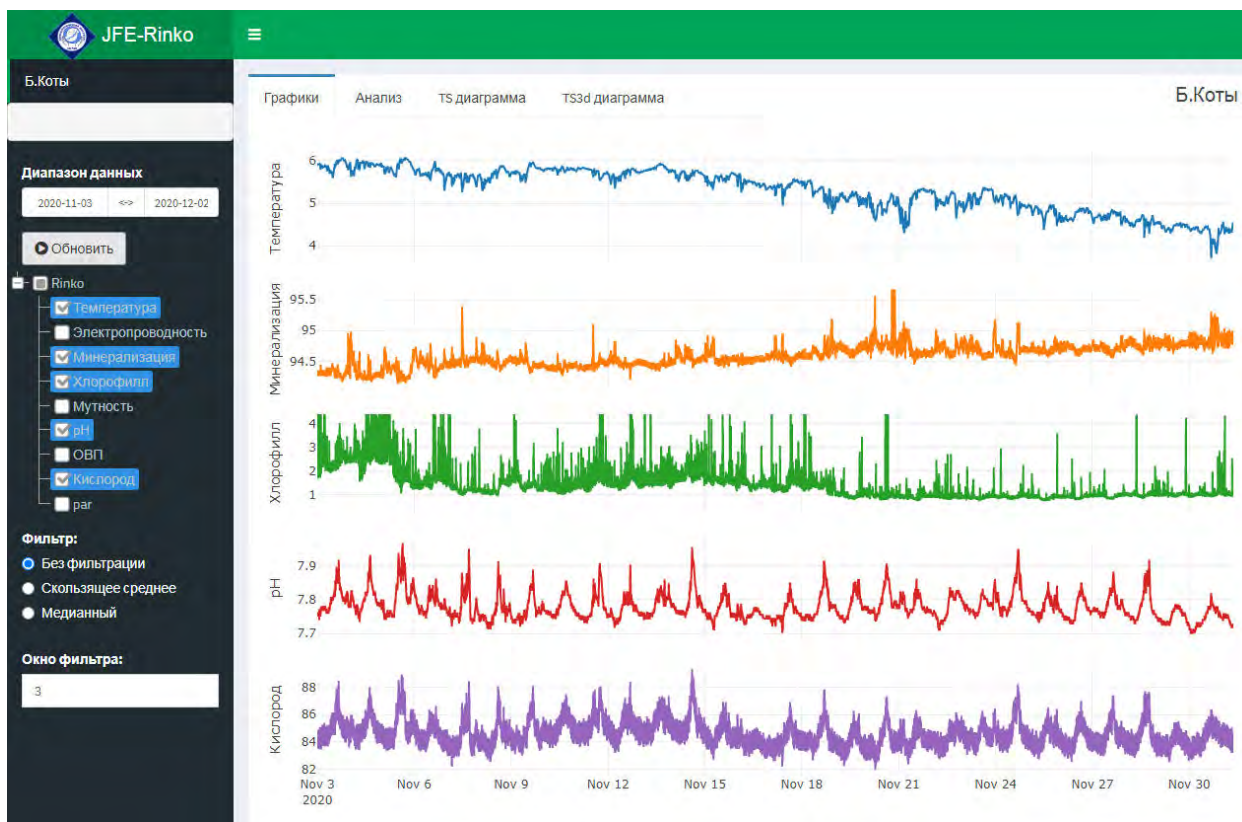


Рисунок 3.2.8 – Web-интерфейс ЦОД. Отображения данных станций мониторинга литоральной зоны озера Байкал

Анализ данных выявил суточные вариации показателя pH, изменение величины растворенного кислорода. Получить такие высокочастотные ряды классическими методами, с использованием лабораторных приборов, невозможно. Следует отметить, что в силу особенностей датчика pH и ORP (окислительно-восстановительного потенциала), его необходимо периодически калибровать, а срок службы датчика не превышает двух лет.

Существенными параметрами, влияющими на состояния литоральной зоны озера Байкал, являются температура воды и её минерализация. В период осеннего охлаждения озера происходит выхолаживание поверхностных вод, с перемешиванием до глубины с температурой максимальной плотности. При этом, за счет испарения воды, вдольберегового образования льда, происходит повышение величины минерализации. В целом необходимо отметить, что высокочастотные и квазинепрерывные измерения позволили впервые детально проследить суточные и месячные вариации измеряемых параметров в осенний период. Объединение данных полученных автоматической станцией с данными получаемыми классическими методами на лабораторных приборах, позволит повысить точность таких показателей как pH, растворенный кислород, и обеспечит мониторинг качества воды литоральной зоны в режиме реального времени.

К сожалению, датчики, измеряющие характеристики водной среды, в той или иной степени подвержены загрязнению, вызванному биообрастанием. Это главная причина снижения чувствительности и достоверности измерительных датчиков в лимнологических исследованиях. Загрязнение происходит из-за того, что твердые частицы взвешенного вещества, бактерии, микроводоросли или более крупные организмы прилипают и начинают размножаться на поверхности датчиков. Скорость обрастания, в зависимости от температуры и сезона различается, и может составлять от одной-двух недель до месяца. Если не будут приняты меры и методы защиты от биообрастания, то в течение короткого времени, измерительные датчики перестанут работать. Для обеспечения качества данных необходима регулярная ручная очистка датчиков, при помощи советующих средств. В связи с этим, при выборе районов установки подобных автоматических станций следует учитывать обеспечение оперативного доступа к местам их установки для периодического обслуживания. Немаловажен фактор охраны станций от внешних недобросовестных вмешательств. Таким образом, в первую очередь, такими системами можно оснастить научные стационары институтов Сибирского отделения РАН. Подобные стационары есть как на восточном, так и на западном побережье Байкала, например: Б.Коты, Боярск, Максимиха и др. Для отслеживания внутрисуточных циклов в изменениях гидрофизических характеристик целесообразным будет проведение измерений с периодичностью от нескольких минут, но не реже одного раза в час

### **3.2.7 Выбор участков побережья наиболее чувствительных к изменению уровня озера Байкал**

Чувствительность побережья к изменению уровня водоема характеризуется несколькими параметрами: уклон дна, примыкающего к береговой кромке, отношение направления берега к преобладающему вектору ветрового воздействия, морфологии береговой линии, материала из которого сложен берег. Для оценки уклонов дна озера Байкал, можно воспользоваться данными проекта INTAS 99-1669 [7]. Анализ этой карты показывает, что подавляющая часть восточного побережья характеризуется пологим дном. Такая же ситуация характерна и для западной части острова Ольхон.

Распределение ветров на акватории озера различается не только по его котловинам, но и по отдельным станциям наблюдений. Так, например, на станции Култук преимущественные направления ветра будут запад-северо-запад, а на станции Ушканьи острова или остов Ольхон, преимущественное направление ветра будет северное [8]. Если просуммировать результаты по всем станциям, то преимущественное направление ветра будет направлено с западного на восточный берег.

Учитывая материал, из которого сложен восточный берег, преимущественные направления ветров и уклон дна, самыми чувствительными участками побережья выступают соры и заливы (напр., Посольский сор, залив Провал, Баргузинский залив), а также протяженные участки береговой линии от р. Мишиха до р. Сухой ручей. В среднем Байкале – участок от Гремячинска до Максимихи. В Северном Байкале - отдельные заливы восточного побережья и в большей степени песчано-островная система Ярки.

### **3.3 Разработка количественных характеристик показателя водности (полезного притока) озера Байкал**

В отличие от расходов рек (с экстремальными паводками и половодьями за относительно короткий период времени) особенностью градации количественных характеристик водности притока воды в оз. Байкал является длительность периода (до одного года), в течение которого могут произойти негативные процессы, как при экстремально высокой, так и при экстремально низкой водности.

#### **3.3.1 Нормативные документы по классификации водности**

Общие основы классификации количественных характеристик водности представлены следующими федеральными документами:

– п.4 ст. 67.1 «Предотвращение негативного воздействия вод и ликвидация его последствий» Водного кодекса Российской Федерации (в ред. Федерального закона от 01.05.2022 г. N 122-ФЗ), а именно: «Инженерная защита территорий и объектов от негативного воздействия вод (строительство водоограждающих дамб, берегоукрепительных сооружений и других сооружений инженерной защиты, предназначенных для защиты территорий и объектов от затопления, подтопления, разрушения берегов водных объектов, и (или) методы инженерной защиты, в том числе искусственное повышение поверхности территорий, устройство свайных фундаментов и другие методы инженерной защиты) осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности органами государственной власти и органами местного самоуправления, уполномоченными на выдачу разрешений на строительство в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности, юридическими и физическими лицами - правообладателями земельных участков, в отношении которых осуществляется такая защита;

– п. 13.6 Свода правил «СП 42.13330.2016 №СНиП 2.07.01-89 Градостроительство. Планировка и застройка территорий городских и сельских поселений», утвержденного

приказом Минстроя России от 30 декабря 2016 г. N 1034/пр, (далее СП 42.13330.2016), а именно: «Территории поселений, расположенных на прибрежных участках, должны быть защищены от затопления паводковыми водами, ветровым нагоном воды; от подтопления грунтовыми водами - подсыпкой (намывом) или обвалованием...», «...За расчетный горизонт высоких вод следует принимать отметку наивысшего уровня воды повторяемостью: один раз в 100 лет - для территорий, застроенных или подлежащих застройке жилыми и общественными зданиями; один раз в 10 лет - для территорий парков и плоскостных спортивных сооружений».

Норма п. 13.6 СП 42.13330.2016 входит в «Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации № 815 от 28 мая 2021 года.

### **3.3.2 Уточнение показателей составляющих водного баланса озера**

Месячные и годовые водные балансы Иркутского водохранилища, включая оз. Байкал и русловую часть р. Ангара от её истока до створа ГЭС, составляются Иркутским УГМС, начиная с 1956 г. В рамках исследований, выполненных на 1-м этапе работ 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», ИСЭМ и ГГИ был выполнен анализ многолетних изменений основных составляющих водного баланса водохранилища и оценены их статистические характеристики [1]. Однако, вопросы оценки точности (погрешности) составления водных балансов, имеющие принципиальное значение, в этой работе не рассматривались.

Объективным показателем точности составления водного баланса озера являются его невязки. Анализ данных по водному балансу оз. Байкал выявил наличие систематических положительных годовых и месячных его невязок. За период нормальной эксплуатации Иркутского водохранилища (1961–2020 гг.) приходная составляющая баланса превысила расходную на  $110 \text{ км}^3$ , что составляет около двух годовых объемов стока р. Ангара. На рис. 3.3.1а, приведен хронологический график невязок за исследуемый многолетний период времени, а на рис. 3.3.1б – средние за этот 60-летний период времени месячные невязки баланса. Наибольшие положительные невязки отмечаются в июне – сентябре, когда в озеро с речным стоком поступает максимальное количество воды, что, естественно вызывает вопрос о точности учета стока и расчета его притока в водоем в эти



месяцы. Систематическая отрицательная невязка выявлена только для декабря, что возможно связано с завышением испарения с поверхности водоема в этом месяце.

Для анализа погрешностей водного баланса озера необходимо оценить допустимую погрешность его расчета. Все составляющие водного баланса рассчитываются с различной погрешностью, при этом невязка баланса включает погрешности определения учтенных элементов и все неучтенные составляющие баланса. Поэтому при интерпретации результатов составления балансов важной задачей является выявление вклада каждого элемента в невязку уравнения водного баланса. Именно этим определяется необходимость анализа источников погрешностей расчета баланса и способов их количественной и качественной оценки.

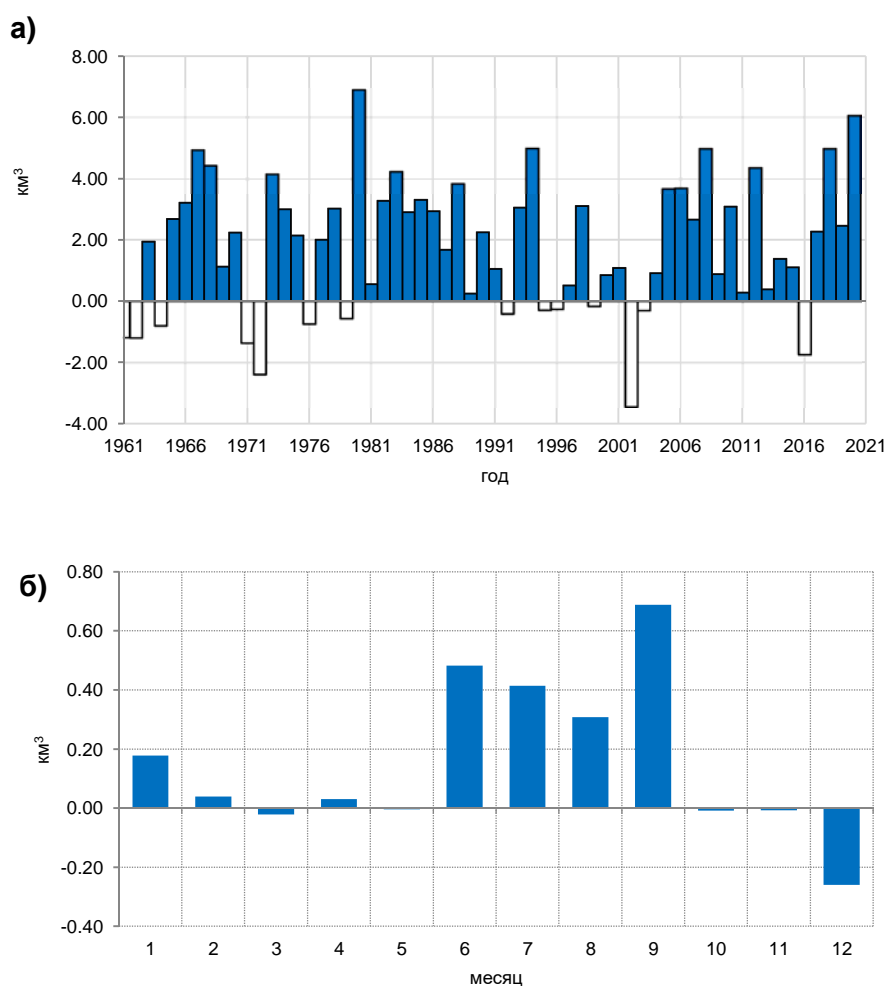


Рисунок 3.3.1 – Годовые (а) и месячные (б) невязки баланса за 1961–2020 гг.

При оценке точности составления водного баланса озера будем опираться на методические подходы, которые используются при оценке невязок русловых водных балансов [2]. Согласно теории оценки случайных погрешностей результирующая погрешность расчета водного баланса определяется методом частных погрешностей, т.е.

оценивается совокупной погрешностью расчета его элементов  $\sigma_o$ , вычисляемой как корень квадратный из суммы квадратов среднеквадратических погрешностей определения всех составляющих уравнения водного баланса.

$$\sigma_o = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\delta Q_i)^2}, \quad (3.3.1)$$

где  $n$  – число элементов водного баланса;  $\sigma_o$  – среднеквадратическая погрешность определения остаточного члена (невязки) баланса;  $\sigma_i$  – среднеквадратическая погрешность определения его отдельных составляющих (притока, стока, осадков, испарения, аккумуляции);  $\delta Q_i$  – относительная среднеквадратическая погрешность определения  $i$ -го элемента баланса.

Результаты расчета водного баланса можно считать надежными, если абсолютная величина невязки баланса значимо отличается от предельной погрешности его определения. Допустимая невязка баланса зависит от доверительной вероятности оценки надежности водного баланса. Для доверительной вероятности  $p = 95\%$  значения невязки водного баланса ( $H_{вб}$ ) должны находиться в интервале:

$$-1,96 \sigma_o \leq H_{вб} \leq 1,96 \sigma_o. \quad (3.3.2)$$

Для расчета погрешности расчета водного баланса необходимо оценить случайные среднеквадратические погрешности расчета каждого его элемента. Погрешность расчета притока в озеро вычислена по методу суммирования частных погрешностей расчета средних месячных и годовых расходов в замыкающих створах. Для периодов, когда сток определен по данным инструментальных наблюдений, погрешность расчета среднегодового расхода принята равной 5%. Для периодов, когда сток был восстановлен по методу гидрологической аналогии, погрешности получены по данным расчета. Для стока с неизученной территории погрешность расчета принята равной 20% в соответствии с рекомендациями методических указаний [2].

Для остальных элементов водного баланса приняты следующие значения относительных погрешностей их расчета: осадки – 10%, испарение 15%, изменение объема воды в чаше (аккумуляция) 3%, сток через гидроузел 3%. Суммарная допустимая (с вероятностью не превышения 95%) погрешность расчета невязки рассчитана по формулам (3.3.1) и (3.3.2). По результатам расчетов ГГИ годовые невязки не превышают предельной погрешности их определения. Аналогичные расчеты для месячных невязок показали, что невязки за июнь–сентябрь зачастую выходят за пределы верхней допустимой величины случайной погрешности.

Результаты оценки точности (погрешности) составления водного баланса озера указывают на необходимость уточнения его составляющих, прежде всего, притока речных вод.

### 3.3.3 Методика и расчет суммарного ежедневного притока речных вод

В качестве методической основы была принята технология расчета месячного притока в оз. Байкал, используемая Иркутским УГМС [3], в которую были внесены уточнения и дополнения, связанные с неточностями определения расходов р. Селенга (рзд. Мостовой, 127 км от устья), по сравнению с гидропостом в с. Кабанск (перед дельтой реки).

На рис. 3.3.2 в качестве примера расхождений в оценке полезного притока рассчитанного различными методами, показаны графики внутригодового распределения расходов полезного притока в 2002 г.

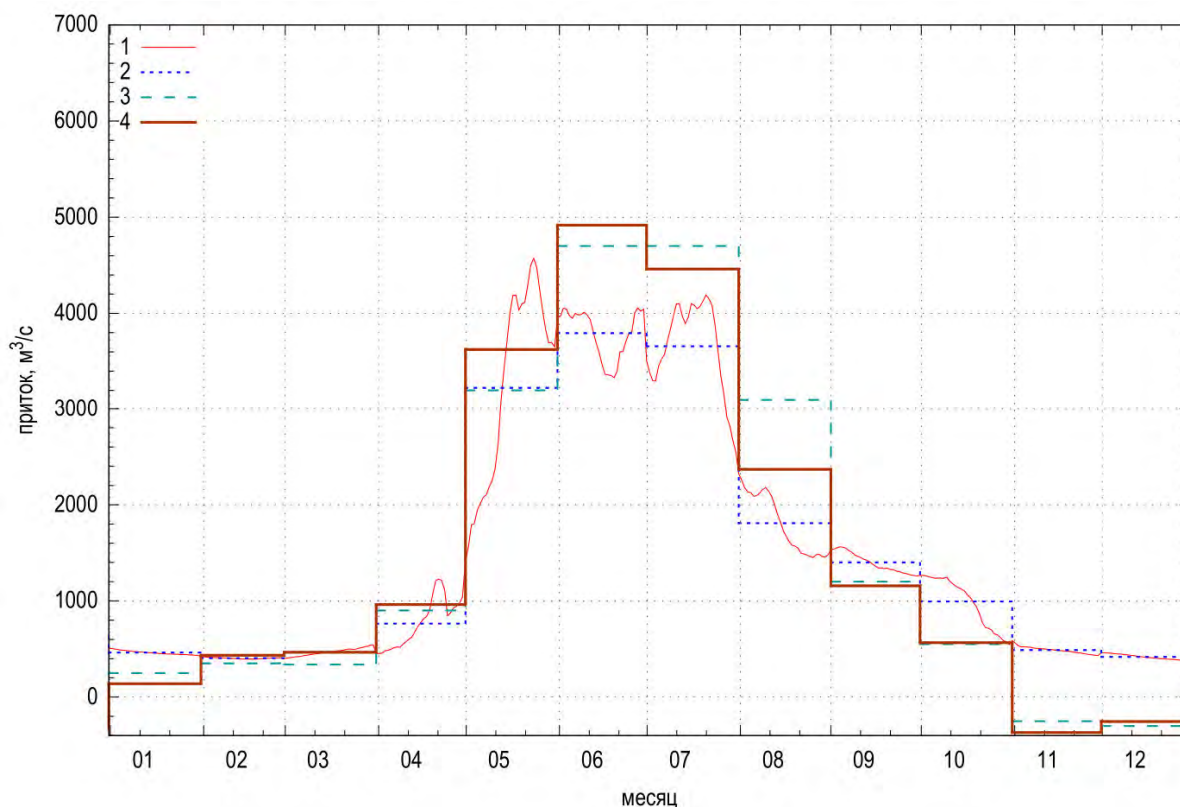


Рисунок 3.3.2 – График показателей полезного притока в 2002 г., определенных по разным алгоритмам расчета

(1 – суточный поверхностный приток, рассчитанный ГГИ; 2 – среднемесячный показатель полезного притока по данным ГГИ; 3 – среднемесячный показатель полезного притока, рассчитанного по данным Иркутского УГМС; 4 – среднемесячный показатель полезного притока, рассчитанного по предлагаемой методике ИСЭМ)

Основной вклад в общий приток (65–68%) дают три основные реки – Селенга, Верхняя Ангара и Баргузинх [4, 5]. При этом, объем притока р. Селенга составляет в

многоводный год 51%, а в маловодный – 39%. Приток с территории, освещенной гидрометрическими наблюдениями, составил 78–82%, а неосвещенной – 18–22%. Пример гидрографов суточных показателей притока представлен на рис. 3.3.3.

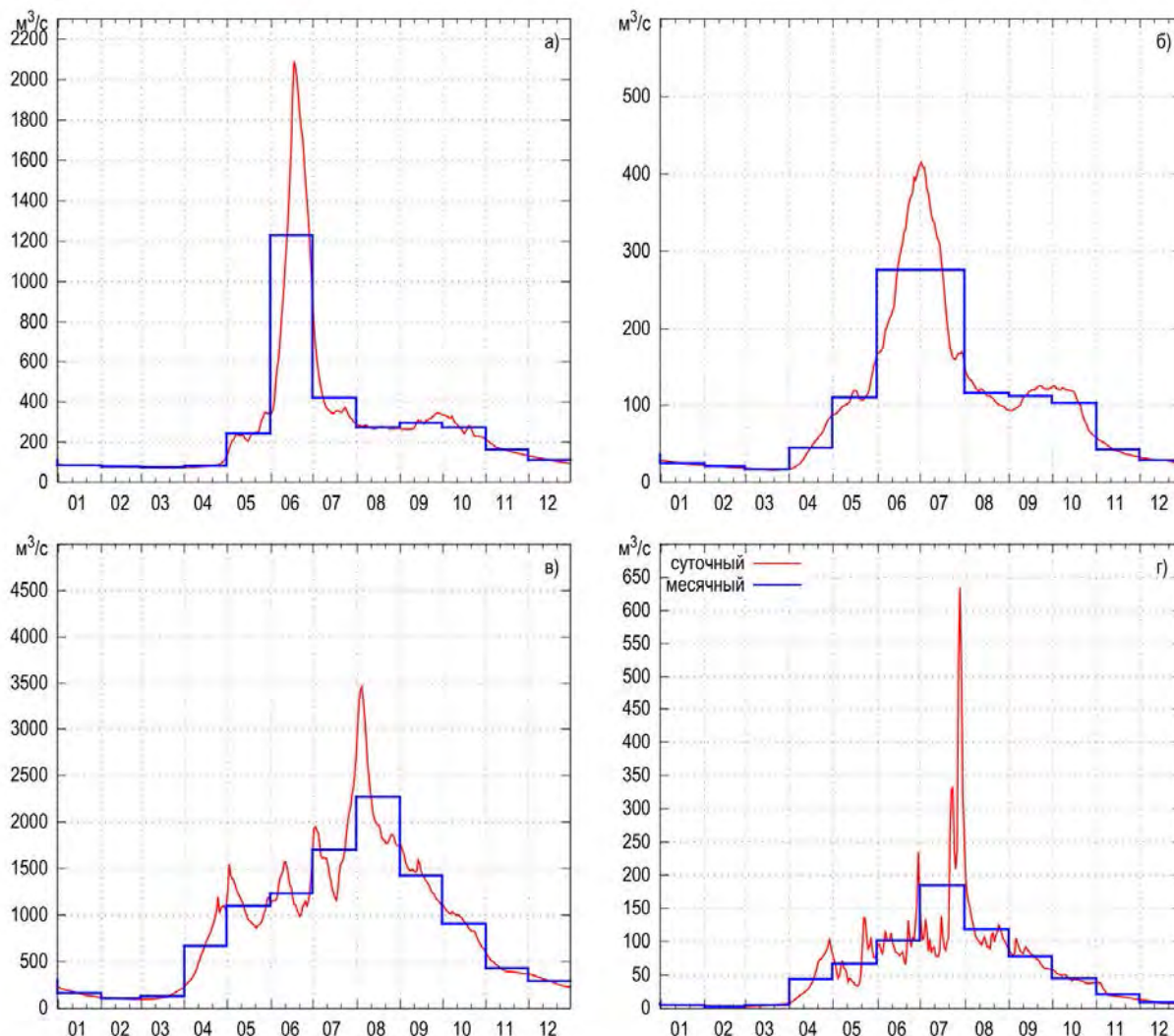


Рисунок 3.3.3 – Суточные и среднемесячные гидрографы притока основных рек в 2019 г.: а) Верхняя Ангара; б) Баргузин; в) Селенга; г) Снежная

Для трех основных притоков озера были выполнены оценки годовых и месячных показателей водности (таблицы 3.3.1–3.3.3) в соответствии с градациями притока по его обеспеченности (P).

Таблица 3.3.1 – Количественные показатели годовой и сезонной водности р. Селенги, м<sup>3</sup>/с

Период	Класс водности (обеспеченность P, %)						
	1 (P≤1)	2 (1<P≤ 10)	3 (10<P≤ 40)	4 (40<P≤ 60)	5 (60<P≤ 90)	6 (90<P≤ 99)	7 (P> 99)
Год	≥1500	1190-1500	916-1190	790-916	569-790	385-569	<385
Январь	≥249	184-249	134-184	114-134	81,1-114	56,2-81,1	<56,2
Февраль	≥214	140-214	98,6-140	84,4-98,6	63,3-84,4	49,1-63,3	<49,1

Период	Класс водности (обеспеченность P, %)						
	1 (P≤1)	2 (1<P≤ 10)	3 (10<P≤ 40)	4 (40<P≤ 60)	5 (60<P≤ 90)	6 (90<P≤ 99)	7 (P> 99)
Март	≥254	157-254	113-157	89,0-113	78,1-89,0	76,7-78,1	<76,7
Апрель	≥1110	862-1110	632-862	529-632	340-529	190-340	<190
Май	≥2580	1910-2580	1390-1910	1180-1390	840-1180	582-840	<582
Июнь*	≥2120	1670-2120	1270-1670	1090-1270	760-1090	496-760	<496
Июль*	≥2920	2330-2920	1730-2330	1430-1730	875-1430	435-875	<435
Август*	≥4160	2860-4160	1990-2860	1660-1990	1150-1660	782-1150	<782
Сентябрь*	≥3510	2520-3510	1730-2520	1390-1730	839-1390	449-839	<449
Октябрь*	≥2100	1470-2100	1060-1470	903-1060	636-903	433-636	<433
Ноябрь	≥694	506-694	369-506	317-369	232-317	169-232	<169
Декабрь	≥379	276-379	201-276	173-201	126-173	92,4-126	<92,4

Таблица 3.3.2 – Количественные показатели годовой и сезонной водности р. Верхней Ангары, м<sup>3</sup>/с

Период	Класс водности (обеспеченность P, %)						
	1 (P≤1)	2 (1<P≤ 10)	3 (10<P≤ 40)	4 (40<P≤ 60)	5 (60<P≤ 90)	6 (90<P≤ 99)	7 (P> 99)
Год	≥397	336-397	282-336	258-282	211-258	169-211	<169
Январь*	≥109	94,7-109	82,0-94,7	77,2-82,0	61,5-77,2	51,7-61,5	<51,7
Февраль*	≥92,1	81,1-92,1	71,9-81,1	67,8-71,9	60,6-67,8	54,4-60,6	<54,4
Март*	≥80,6	75,7-80,6	71,3-75,7	67,6-71,3	59,3-67,6	46,6-59,3	<46,6
Апрель*	≥118	95,6-118	80,1-95,6	73,8-80,1	63,7-73,8	55,6-63,7	<55,6
Май*	≥443	334-443	259-334	228-259	180-228	143-180	<143
Июнь	≥1370	1140-1370	922-1140	814-922	603-814	413-603	<413
Июль	≥1130	902-1130	670-902	555-670	338-555	168-338	<168
Август	≥855	626-855	453-626	383-453	269-383	184-269	<184
Сентябрь	≥679	491-679	364-491	317-364	243-317	188-243	<188
Октябрь*	≥373	299-373	238-299	209-238	154-209	108-154	<154
Ноябрь*	≥194	152-194	121-152	110-121	90,2-110	74,8-90,2	<74,8
Декабрь*	≥141	115-141	96,3-115	89,2-96,3	77,2-89,2	69,0-77,2	<69,0

\*рассчитано по составному распределению

Таблица 3.3.3 – Количественные показатели годовой и сезонной водности р. Баргузин, м<sup>3</sup>/с

Период	Класс водности (обеспеченность P, %)						
	1 (P≤1)	2 (1<P≤ 10)	3 (10<P≤ 40)	4 (40<P≤ 60)	5 (60<P≤ 90)	6 (90<P≤ 99)	7 (P> 99)
Год	≥192	158-192	126-158	112-126	84,0-112	59,4-84,0	<59,4
Январь	≥59,6	49,6-59,6	40,0-49,6	35,3-40,0	26,2-35,3	17,9-26,2	<17,9
Февраль	≥51,6	42,5-51,6	33,8-42,5	29,5-33,8	21,2-29,5	13,8-21,2	<13,8
Март	≥44,9	37,3-44,9	30,1-37,3	26,6-30,1	19,7-26,6	13,5-19,7	<19,7

Период	Класс водности (обеспеченность P, %)						
	1 (P≤1)	2 (1<P≤ 10)	3 (10<P≤ 40)	4 (40<P≤ 60)	5 (60<P≤ 90)	6 (90<P≤ 99)	7 (P> 99)
Апрель	84,6	70,1-84,6	56,3-70,1	50,2-56,3	38,3-50,2	27,6-38,3	<27,6
Май	≥218	161-218	130-161	116-130	92,4-116	78,5-92,4	<78,5
Июнь	≥492	341-492	242-341	205-242	149-205	108-149	<108
Июль	≥504	374-504	260-374	212-260	130-212	69,1-130	<69,1
Август	≥648	399-648	252-399	202-252	130-202	84,3-130	<84,3
Сентябрь	≥467	328-467	219-328	176-219	107-176	59,5-107	<59,5
Октябрь	≥340	206-340	127-206	101-127	64,1-101	40,7-64,1	<40,7
Ноябрь	≥114	77,9-114	59,6-77,9	51,3-59,6	38,7-51,3	31,6-38,7	<31,6
Декабрь	≥81,2	65,0-81,2	50,9-65,0	44,4-50,9	32,9-44,4	23,1-32,9	<23,1

В результате выполненных исследований получены параметры распределения годового и сезонного стока трех главных притоков оз. Байкал за 1961–2020 гг. Выявлена неоднородность исходных данных по зимнему стоку Верхней Ангары (октябрь-май) и летней водности р. Селенги (июнь-октябрь). Нарушений однородности данных по стоку р. Баргузин не выявлено ни для годовой водности, ни для стока отдельных месяцев.

По величине обеспеченности стока получены количественные показатели водности путем выделения семи градаций, в том числе катастрофически высокой и низкой водности, имеющих вероятность наступления не более 1%. Достоверность полученных данных определяется достаточной продолжительностью используемых данных (60 лет) и применением объективных методов расчета, однако в условиях неустойчивости климата представляется целесообразным выполнение повторных расчетов по мере поступления новых исходных данных и новых методов их анализа.

Полезный приток является результирующей величиной, характеризующей поступление воды в озеро за конкретные интервалы времени с речным стоком и осадками, выпадающими на его поверхность, за вычетом испарения с акватории водоема. Возможны два методических подхода к определению полезного притока. Первый заключается в использовании расчетных величин притока (Q), осадков (P) и испарения (E), а второй – основан на определении полезного притока по сумме объема стока из озера (Q<sub>гэс</sub>) и изменения запасов воды в нем (ΔW). До настоящего времени объективной сравнительной оценки месячных и годовых величин полезного притока за период эксплуатации Иркутского водохранилища, полученных двумя методами, не проводилось.

1. Полезный приток был определен как сумма ежедневных объемов речного притока в озеро, осадков на его поверхность и испарения с акватории. Расчет осадков и испарения производился с использованием их месячных объемов за 1961–2020 гг., определенных в

Иркутском УГМС. Поскольку многолетние ряды данных за этот период являются неоднородными из-за изменения (начиная с 1971 г.) методики их расчета, осадки и испарение за 1961–1970 гг. были пересчитаны по методике, используемой УГМС в настоящее время. Распределение осадков внутри месяца выполнялось на основе данных об их суточных суммах на репрезентативных метеорологических станциях. Расчет суточных объемов испарения с поверхности озера не представляется возможным, ввиду отсутствия методической базы и необходимых для ее разработки данных. Поэтому суточное испарение определялось в первом приближении методом интерполяции на основе данных о его месячных объемах. С учетом значений испарения за текущий, предыдущий, и последующий месяцы проводилась аппроксимация кривых его хода ломанными линиями путем последовательного расчета опорных точек, в которых кривая испарения преломляется и его прирост изменяется.

По новым рассчитанным данным в многоводном 1973 г. речной приток составил  $89,6 \text{ км}^3$  (148% от нормы), осадки –  $14,7 \text{ км}^3$  (119% от нормы), испарение –  $11,5 \text{ км}^3$  (76% от нормы), полезный приток –  $92,8 \text{ км}^3$  (161% от нормы), а в маловодном 2017 г. приток составил  $41,3 \text{ км}^3$  (68% от нормы), осадки –  $10,7 \text{ км}^3$  (87% от нормы), испарение –  $17,5 \text{ км}^3$  (116% от нормы), полезный приток –  $34,1 \text{ км}^3$  (59% от нормы).

2. Полезный приток в озеро за расчетный период времени может быть определен как сумма объемов стока через плотину Иркутской ГЭС и изменения запасов воды в нем. В качестве расчетного будем рассматривать месячные интервалы времени. Объемы стока по р.Ангара были приняты по данным его учета, проводимом на Иркутской ГЭС. Для оценки изменений запасов воды в озере определялись среднесуточные значения его уровня на 1-ое число каждого месяца по данным наблюдений на всех действующих гидрологических постах Росгидромета, рассчитывалось изменение уровня за каждый месяц и с учетом площади водной поверхности озера – изменение запасов воды в нем. Полученные таким образом величины аккумуляции – сработки характеризуют изменения запасов воды собственно в озере Байкал. Их изменение на участке от истока р.Ангара до створа ГЭС были приняты по данным Иркутского УГМС, полученным с использованием информации по 5 уровненным постам (гм.ст. Исток Ангары, пос. Никола, р.п. Большая Речка, пос. Патроны, Иркутская ГЭС, в/б).

Погрешности месячного и годового полезного притока, вычисленного как сумма объемов стока через ГЭС и изменения запасов воды в озере, определялись по формулам (3.3.1) и (3.3.2). Случайные и относительные погрешности месячных и годовых объемов стока и аккумуляции (сработки) были приняты равными 3%. Выполненные расчеты показали, что вычисленные объемы полезного притока за месяцы теплого



периода, а также в целом за год, значительно меньше удвоенной погрешности их определения, что свидетельствует об их достоверности. Однако, погрешность расчета объемов полезного притока в месяцы холодного периода может в отдельные годы существенно превышать их величины, что не позволяет говорить о надежности их вычисления в это время года. Так, объем полезного притока в ноябре за рассматриваемый многолетний период в 55% случаев превысил предельную (удвоенную) его погрешность, а в ноябре – в 53% случаев.

### 3.3.4 Методика оперативного расчета показателей полезного притока в озеро

Из изложенного выше следует, что полезный приток ( $P_1, P_2$ ) можно рассчитывать двумя методами: 1)  $P_1 = \Pi + O - I$ ; 2)  $P_2 = Q \pm \Delta W$ , где  $\Pi, O, I$  – определяют поверхностный приток, осадки и испарение с поверхности озера;  $Q, \Delta W$  – расход Иркутской ГЭС (ИГЭС) и аккумуляция объема воды в озере.

Если для первого метода требуется широкая сеть гидрологических и постов и метеостанций, то для второго – только расходы ИГЭС и изменение среднего уровня озера за исследуемый период, т.к. имеются достаточно точные батиметрические характеристики озера по зависимостям  $W(H)$  и  $\Delta W = W(H_2) - W(H_1)$ .

При точных регистрациях изменения уровня озера можно было бы ограничиться лишь значительно более простым вторым методом для вычисления полезного притока. Но проблема состоит в том, что расчет всех составляющих вычисления полезного притока включает значительные ошибки. Например, ошибка вычисления среднего уровня озера на 1 см соответствует ошибке в вычислении измененного объема воды в озере около  $0,32 \text{ км}^3$ . Арифметическое осреднение среднесуточного уровня озера по всем гидропостам (или по разным выборкам с учетом весовых коэффициентов) не позволяет убрать цикличности его изменения в несколько суток в диапазоне ( $\pm 3 \text{ см}$ ), что соответствует примерно  $\pm 1 \text{ км}^3$  аккумуляции воды в озере. Это связано с наличием значительных внутрисуточных колебаний до  $\pm 5 \text{ см}$  (данные на основе обработки экспериментальных автоматических станций Лимнологического института СО РАН с интервалом измерения 1 сек. и точностью менее 1 мм). Расходы воды ИГЭС также могут включать значительные ошибки (больше общепринятых 3%) за счет их внутрисуточных неравномерностей и переходных процессов перевода режимов ГЭС с одного расхода на другой.

Для устранения возможных противоречий в данных оперативно должна решаться задача минимизации суммарной ошибки по всем составляющим с ограничениями на допустимые ошибки по каждой из них:

$$\sigma_Q^2 + \sigma_{\Delta W}^2 + \sigma_{\Pi}^2 + \sigma_O^2 + \sigma_I^2 \xrightarrow{\min} \sigma_Q^2 \leq \varepsilon_Q^2, \sigma_{\Delta W}^2 \leq \varepsilon_{\Delta W}^2, \sigma_{\Pi}^2 \leq \varepsilon_{\Pi}^2, \sigma_O^2 \leq \varepsilon_O^2, \sigma_I^2 \leq \varepsilon_I^2, \quad (3.3.3)$$

где нижние индексы для ошибок  $\sigma$  и рассчитанных ранее их предельных ошибок  $\varepsilon$  определяют тип показателя: Q – расход,  $\Delta W$  – аккумуляция объема,  $\Pi$  – поверхностный приток, O – осадки, I – испарение.

Оперативное решение задачи (3.3.3) с использованием двух методов позволяет устранять противоречия в данных, которые имеются в накопленной статистике.

Решение задачи минимизации ошибок составляющих водного баланса позволит повысить точность вычисления показателей полезного притока, других составляющих водного баланса и, как следствие, уровня озера.

### 3.3.5 Количественные характеристики показателей водности

Оценка количественных показателей водности (речной и полезный приток) оз. Байкал должен основываться, прежде всего, на надежных данных о его водном балансе.

Уточнение месячных и годовых водных балансов оз. Байкал, включая участок р. Ангара от её истока до створа Иркутской ГЭС, составленных Иркутским УГМС, заключалось в следующем:

- за 1961–2020 гг. были пересчитаны месячные и годовые объемы притока в оз. Байкал речных вод с использованием новых расчетных данных по ежедневному притоку;
- за 1961–1970 гг. были пересчитаны осадки, поступающие на поверхность озера, с учетом введения всех видов поправок на их недоучет;
- за 1961–1970 гг. было пересчитано испарение с поверхности озера по методике, используемой в Иркутском УГМС в 1971–2020 гг.;
- за 1961–2020 гг. уточнены средние уровни воды на 1-е число каждого месяца с использованием данных наблюдений на всех гидрологических постах, месячные и годовые изменения запасов воды в озере;
- устранены опечатки и ошибки в расчетах отдельных составляющих водного баланса.

На рис. 3.3.4 приведены хронологические графики годовых элементов водного баланса оз. Байкал за период нормальной эксплуатации Иркутского водохранилища (1961–2020 гг.), а в таблице 3.3.4 их средние многолетние месячные значения.

Статистический анализ годовых рядов его составляющих позволил сделать вывод, что за исключением испарения с поверхности озера, они однородные и отсутствуют значимые многолетние тренды. Годовой ряд испарения является неоднородным по критерию Стьюдента, в многолетних колебаниях выявлен значимый положительный тренд.

Таблица 3.3.4 – Средние многолетние месячные и годовые значения элементов водного баланса оз. Байкал, км<sup>3</sup>

Элементы	месяц												год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Приток	1,142	0,821	0,891	2,402	7,588	10,757	10,146	9,867	7,957	5,171	2,203	1,533	60,479
Осадки	0,350	0,210	0,254	0,566	0,925	1,492	2,417	2,174	1,400	0,708	0,925	0,920	12,342
Испарение	0,503	0,032	0,234	0,771	0,547	0,146	0,328	1,067	1,852	2,943	3,477	3,245	15,146
Сток через ГЭС	4,734	4,164	4,949	4,745	4,508	4,388	4,758	4,974	4,914	5,064	5,119	5,227	57,544
Аккумуляция	-3,893	-3,223	-4,070	-2,305	3,513	7,935	7,492	5,873	1,982	-2,130	-5,445	-5,596	0,135

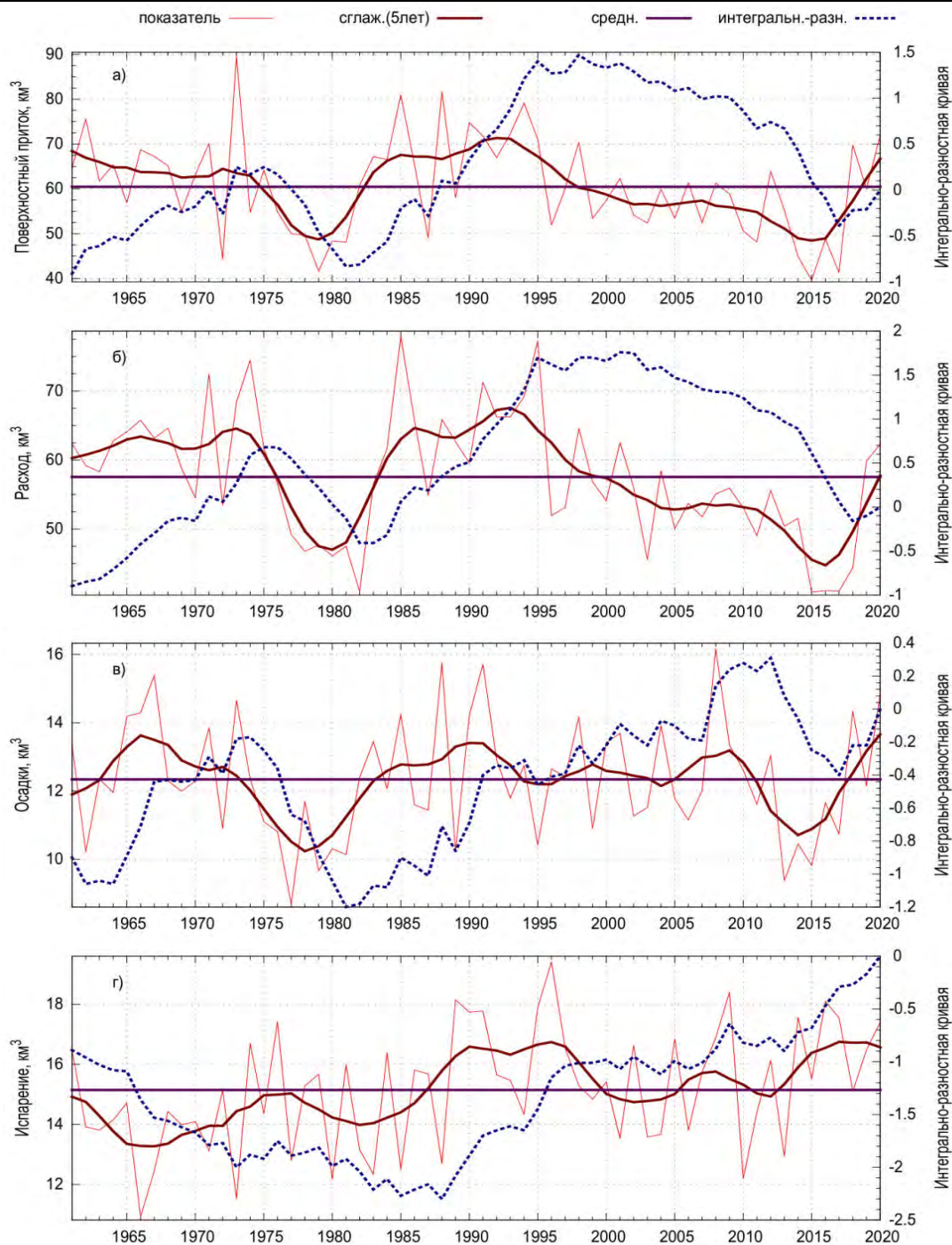


Рисунок 3.3.4 – Годовые значения элементов водного баланса оз. Байкал: приток (а), сток через ГЭС (б), осадки (в), испарение (г)

В таблице 3.3.5 представлены выборочные оценки статистических характеристик элементов годового водного баланса оз. Байкал. Отметим, что по сравнению с ранее составленным водным балансом озера [6–7], изменения, прежде всего, коснулись суммарного притока рек. Если в отчете за 1-й этап [1] оценка средних значений годового притока,  $C_v$ ,  $C_s/C_v$  и  $r(1)$  за период нормальной эксплуатации водохранилища составили  $62,5 \text{ км}^3$ ; 0,17; 2,2; 0,11 соответственно, то в результате уточнения они составили  $60,5 \text{ км}^3$ ; 0,18; 1,8; 0,19.

Таблица 3.3.5 – Выборочные оценки статистических характеристик составляющих водного баланса оз.Байкал

Элементы	Средние значения, $\text{км}^3$	$C_v$	$C_s/C_v$	$r$
Приток	60,5	0,18	1,78	0,19
Сток через ГЭС	57,5	0,16	1,04	0,55
Осадки	12,3	0,14	1,81	0,11
Испарение	15,2	0,13	-0,26	0,07

Термины «средняя водность», «высокая водность» и «низкая водность» присутствуют в законодательных актах по регулированию уровня оз. Байкал и содержат значительный элемент субъективности. Поэтому количественные показатели водности должны устанавливаться в зависимости от целей нормирования. Например, если мы рассматриваем сток рек, уровни воды рек, озер и водохранилищ с позиции возможных негативных последствий для населения и отраслей экономики, то опасными гидрологическими явлениями могут считаться расходы и уровни воды обеспеченностью не более 10% [8]. Аналогичный подход зафиксирован в СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий» [9] и в СП 482.1325800.2020 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства» [10], разработанного в целях обеспечения требований ФЗ №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [11] и ФЗ №190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» [12]. Таким образом, в этих нормативных документах к опасным природным явлениям, в том числе расходам и уровням воды, относятся явления с повторяемостью не чаще одного раза в 10 лет. При этом, например, для расходов (уровней) воды, приводящих к негативным последствиям, в зависимости от их обеспеченности выделяются следующие категории опасности:  $P \leq 1\%$  – чрезвычайно опасные (катастрофические);  $1\% < P \leq 2\%$  – весьма опасные;  $2\% < P \leq 5\%$  – опасные;  $5\% < P \leq 10\%$  – умеренно опасные. Аналогично для низкой водности:  $P \geq 99\%$  – чрезвычайно опасные (катастрофические);  $99\% < P \leq 97\%$  – весьма опасные;  $97\% < P \leq 95\%$  – опасные;  $95\% < P \leq 90\%$  – умеренно опасные.

Государственный гидрологический институт (ГГИ) считает, что диапазон умеренно высокой водности целесообразно расширить до обеспеченности более 10%, а умеренно низкой водности – менее 90%, а обеспеченности  $\leq 10\%$  и  $\geq 90\%$  будут характеризовать собственно высокую и низкую водность. Это в определенной мере будет коррелироваться с положениями нормативных документов [8, 9, 10], в соответствии с которыми гидрометеорологические явления считаются опасными, если их повторяемость не чаще 1 раза в 10 лет. Также представляется логичным ввести градации «катастрофически высокая водность» и «катастрофически низкая водность» с обеспеченностями менее 1% и более 99% соответственно. С учетом вышеизложенного, предлагается следующая **градация водности притока (полезного притока) в оз. Байкал**:

$P \leq 1\%$  – катастрофически высокая водность;

$1\% < P \leq 10\%$  – высокая водность;

$10\% < P \leq 40\%$  – умеренно высокая водность;

$40\% < P \leq 60\%$  – средняя водность;

$60\% < P \leq 90\%$  – умеренно низкая водность;

$90\% < P \leq 99\%$  – низкая водность;

$P > 99\%$  – катастрофически низкая водность.

Анализ рядов ежедневных уровней озера Байкал, определенных по данным наблюдений на всех действующих уровнемерных постах за период с 1924 по 2020 гг., показывает, что в качестве основной характеристики водности оз. Байкал можно рассматривать полезный приток в озеро за многоводный сезон (май-октябрь). Если следовать градациям водности, предложенным в разделе 1.2, то к высокой водности относятся объемы годового полезного притока  $\geq 73,2 \text{ км}^3$ , а к низкой  $\leq 41,7 \text{ км}^3$ .

Представленная градация водности не полностью соответствует действующим нормативным документам по регулированию уровня оз. Байкал, прежде всего регулированию уровня в пределах диапазона 456–457 м ТО в условиях средней водности (Постановление №379 от 16.03.2022 г.). Выполненные модельные расчеты (раздел 2.4) и фактические режимы регулирования в последние годы показывают, что данный диапазон можно выполнить только для обеспеченностей в диапазоне от 90 до 30–35%. В этой связи, показатели средней водности необходимо уточнить в привязке к ограниченному (метровому) диапазону, либо должен быть расширен возможный диапазон регулирования озера, соответствующий предложенному понятию средней водности (обеспеченности притока от 90 до 10%), включающей умеренно высокую и умеренно низкую водность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### 1. Оценка влияния изменения уровня озера Байкал на экосистему его мелководной зоны и прибрежных территорий.

1.1. Четкой взаимосвязи между состоянием биоресурсов прибрежной зоны и КУВ по большинству рассматриваемых критериев не обнаружено. Исключения: появление высокоминерализованных озер, потенциально способных привносить излишек биогенов и загрязнителей. На примере бухты Большие Коты (стационар, поровые воды пляжей) выявлено повышение концентраций общего Р и снижение общего N по мере повышения уровня воды. При формировании временных озер в районе пос. Сахюрта концентрация общего фосфора в воде оказалась на 2 порядка, а азота – на порядок выше, чем в байкальской воде. В озере пос. Хужир значительную долю элементного состава заняли Na и Cl (затоплены туалеты, воды озерца планировалось слить в Байкал).

1.2. Корреляционный анализ общей биомассы бентосных водорослей и КУВ не показал устойчивых взаимосвязей между этими двумя параметрами. Также не выявлено значимых связей между первым параметром и концентрацией основных биогенов. Возможно, эти взаимосвязи будут выявлены при анализе вклада отдельных таксономических групп водорослей в общую фитомассу. Для выяснения этого необходимы дополнительные исследования.

1.3. При повышении уровня наблюдается «смазывание» некоторых негативных экологических процессов, обнаруженных ранее: уменьшение доли мертвых губок, количественных характеристик БСД, доли спирогиры в фитоценозах. Возможно, в данном случае действует «эффект разбавления» загрязненных грунтовых и речных вод.

1.4. При низких уровнях воды негативные экологические процессы проявляются ярче и четче; в 2015–2016 гг. наблюдалось массовое цветение цианопрокариот, опасных для человека; максимальные показатели биомассы чужеродной спирогиры и БСД. В период повышения уровня (после 2017 г.) массового цветения бентосных цианопрокариот в приурезовой зоне более не наблюдалось.

1.5. Все вышеперечисленное справедливо для плавных КУВ, укладывающихся в их естественную (природную) амплитуду.

1.6. Период массового размножения большинства эндемичных беспозвоночных и некоторых растений прибрежной зоны приурочен к весне (апрель–июнь). Именно в это время в мелководье и приурезовой зоне появляются кладки амфибиотических насекомых (комаров, ручейников), коконы прибрежных видов планарий, и т.д. Резкие и значительные колебания уровня в этот период могут привести к их гибели. Это относится, например, к

кладкам ручейников (один из основных видов пищи хариуса), которым необходим минимум месяц для появления подвижных личинок.

1.7. Ручейники: понижение уровня от установленного нормативами в период с января по июнь вызовет гибель части популяции ручейников, т.к. окукливание как минимум 7 видов (5 из них эндемичные) начинается с глубины 0,3 м. Куколки ручейников в этот период неподвижны и не способны к передвижению; если снижение уровня от установленного нормативами произойдет в период с середины мая по первую декаду июля включительно, то можно прогнозировать гибель значительной части кладок ручейников, основное место размещения которых приходится на глубины от уреза до 0,5 м. Тяжесть урона для популяции ручейников возрастает с понижением уровня воды на каждый сантиметр. Понижение уровня в зоне массовой откладки яиц от минимально разрешенного на полметра в июне вызовет гибель одного поколения ручейников, в результате их популяция сократится почти на треть. Как это скажется на популяциях хариуса и других прибрежно-соровых рыб – неизвестно.

1.8. Кроме того, понижение уровня в мае–июне в пределах 1 м может привести к угнетению либо гибели верхней части популяций прикрепленных форм эндемичных гидробионтов, таких как корковые губки, мшанки, водоросли, макрофиты и лишайники.

1.9. Брюхоногие моллюски – одна из доминирующих групп байкальского макрозообентоса. Все виды *Acroloxidae* и крупные *Benedictiidae* обладают хрупкими тонкостенными раковинами, действие прибойной волны для которых разрушительно. Поэтому их максимальные количественные показатели приходятся на зону ослабления волнового воздействия (5–20 м). Некоторые виды этих семейств встречаются и в волноприбойной полосе (3–5 м), но избегают зону прибойного потока (1–2,5 м), в которой постоянно обитают виды с более крепкими (*Choanomphalus maacki*, *Planorbidae*) либо усиленными скульптурой (*Maackia herderiana*, *Baicaliidae*) раковинами. Несмотря на низкую мобильность, гастроподы совершают суточные и сезонные миграции, которые играют определяющую роль в изменении показателей их поселений. При плавном понижении уровня воды они способны перемещаться на бóльшую глубину, тогда как при резком его падении ущерб для популяций неизбежен.

1.10. Среди амфипод в прибрежной зоне обитают как очень подвижные представители рода *Eulimnogammarus*, так и малоподвижные виды (например, *Brandtia latissima*). При медленном понижении уровня воды первые будут мигрировать на бóльшие глубины, а вторые, вероятно, погибнут. В случае медленного поднятия уровня также произойдут изменения структуры амфиподных таксоценозов, например, на затопленной растительности может расселиться и размножиться *Gmelinoides fasciatus*, вытеснив



другие, менее агрессивные виды. При быстрых и значительных колебаниях уровня воды какой-либо прогноз дать невозможно.

1.11. Анализ данных на видовом уровне в разных таксономических группах может выявить некоторые тенденции или взаимосвязь с КУВ. Например, для таксоценоза малоцетинковых червей, которые играют важную роль в сообществах макро- и мейзообентоса заплесковой зоны. Пока корреляционный анализ не показал достоверной зависимости между основными количественными показателями животных и изменением уровня озера.

1.12. С точки зрения «яркости» проявления негативных экологических процессов в прибрежной зоне озера, годы с повышенным уровнем выглядят более благополучно, нежели годы с низким уровнем.

1.13. Желтокрылая широколобка, наряду с голомянкой, омулем и длиннокрылкой является одним из наиболее многочисленных видов рыб оз. Байкал и важным компонентом трофической структуры прибрежно-склоновой области. С октября по апрель уровень воды в Байкале падает и в зависимости от глубины падения может отразиться на значительной части нерестилищ желтокрылки. Прежде всего, падение уровня вызывает уменьшение доступности и пригодности нерестовых площадей, а также способствует созданию высокой плотности рыбного населения, увеличению хищничества и конкурентных взаимоотношений между рыбами.

1.14. Плавное повышение уровня воды весной в период размножения желтокрылки увеличивает потенциальные площади пригодные для нереста. Оптимальным в период размножения желтокрылки (с начала мая по конец первой декады июня) является постепенное повышение уровня, составляющее 3–5 см за декаду или 12–20 см за весь период. В свою очередь пониженные значения уровня в маловодные годы снижают потенциальные площади нерестилищ, тем самым негативно воздействуя на воспроизводство бычка желтокрылки. Непосредственное негативное воздействие будет иметь место в случае понижения уровня озера в период нереста желтокрылки с начала мая по конец первой декады июня.

1.15. Для прибрежно-соровой зоны оз. Байкал, в которой происходит размножение частичковых видов рыб и нагул их личинок, любое понижение уровня в период с 1 мая по 10 июня является наиболее критичным для их численности. Падение уровня воды в этот период приведет к осушению значительных нерестовых площадей и гибели икры. Соблюдение режима нулевого или положительного изменения уровня предпочтительно соблюдать с 1 мая по 20 июня.

1.16. Выявлены отрицательные корреляции между изменениями уровня воды и индексом обилия у 5 видов паразитов. Корреляции между зараженностью отдельными видами паразитов и изменениями уровня воды в оз. Байкал наблюдается у 4 из 6 исследованных видов рыб: байкальского омуля, байкальских черного и белого хариусов, окуня и щуки. У двух других видов рыб (байкальского сига и плотвы) зараженность паразитами не имеет связи с изменениями уровня воды в оз. Байкал.

1.17. Согласно проведенным гидрохимическим исследованиям, влияние колебаний уровня воды оз. Байкал и Иркутского водохранилища на химический состав устьевых зон притоков практически не прослеживается. Увеличение концентраций отдельных химических соединений (фосфатов, нитратного и аммиачного азота) в реках-притоках связано с антропогенной нагрузкой на прибрежные территории. Значительных изменений в химическом составе воды заливов и прибрежных участков водохранилища и оз. Байкал также не происходит. Исключение составляет повышенное содержание нефтепродуктов на отдельных локальных участках побережья Иркутского водохранилища, поступающие в результате загрязнения прибрежных вод водно-моторным транспортом (причалы, места стоянок).

1.18. Установлены реакции разных видов животных, обитающих в прибрежных экосистемах озера Байкал, на воздействие изменений уровня воды. Выявлены факторы окружающей среды, порождаемые изменениями уровня воды, которые также оказывают влияние на животных. Выявлены стадии жизненного цикла животных, во время которых они уязвимы для изменений уровня воды и изменений факторов окружающей среды, порождаемых изменениями уровня воды в озере.

1.19. Быстрое повышение уровня оз. Байкал (более 1 см/сутки) в период с мая по июнь приводит к снижению успешности гнездования водоплавающих и ряда околоводных птиц, населяющих водно-болотные угодья Байкала, в том числе и объектов охоты (утки), и видов, подлежащих особой охране (чеграва и другие). Поэтому в качестве меры, способствующей снижению гибели кладок водоплавающих и ряда околоводных птиц, желательно замедление скорости роста уровня Байкала при паводковых ситуациях в названных случаях с помощью увеличения попуска через плотину Иркутской ГЭС.

1.20. Согласно многолетним исследованиям на Байкале, максимумы и минимумы многолетних циклов обводнения всегда были неблагоприятными для размножения большинства видов птиц, но зарегулирование стока привело к значительному ухудшению условий обитания околоводных птиц в многоводные периоды, то же самое в полной мере относится и к представителям большинства видов земноводных и околоводных млекопитающих.

1.21. Наибольший ущерб почвенному покрову происходит при интенсификации абразионных береговых процессов в периоды повышенного уровня воды, что наблюдается на побережье оз. Байкал и наиболее сильно на правом побережье Иркутского водохранилища. Также определенный негативный эффект состоит в загрязнении почв побережья нефтепродуктами, в результате их поступления с водой водохранилища при повышении уровня. Абразионными процессами при колебаниях уровня воды в оз. Байкал перерабатываются значительные площади земель на побережье, а вместе с ними уничтожается почвенно-растительный покров, прибрежные леса, в том числе на землях особо-охраняемых природных территории.

1.22. В ходе исследования негативного воздействия изменения уровня озера на памятники природы не установлено.

1.23. Проведенная оценка состояния популяций редких видов растений, произрастающих на прибрежных территориях оз. Байкал и занесенных в красную книгу Республики Бурятия, показала, что наиболее уязвимы к колебаниям уровня оз. Байкал эндемики, местообитанием которых являются пески береговой зоны и прибойная песчаная полоса на восточном побережье оз. Байкал.

## **2. Обоснование социально-экономической оценки последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС.**

Выполненные покомпонентные оценки социально-экономического ущерба позволяют сделать следующие предварительные выводы:

2.1. По результатам расчетов значительный рост ущербов социально-экономическим объектам в верхнем бьефе (на побережье оз. Байкал) происходит при отметках уровня выше 457,4–457,5 м ТО, соответственно в нижнем бьефе - при расходах выше 4000–4400 м<sup>3</sup>/с.

2.2. Ущерб социально-экономическим объектам, в том числе домохозяйствам и иным объектам в диапазоне от 457,0 до 457,5 м ТО, также как и для расходов в нижнем бьефе ниже 4000–4400 м<sup>3</sup>/с свидетельствует о необходимости проведения контрольных мероприятий по определению соблюдения требований законодательства и формированию комплекса мер для снижения экономического ущерба, предотвращения рисков для граждан и надежного функционирования объектов.

2.3. Используемая для оценки социально-экономического ущерба Методика ВИЭМС не дает возможности объективно оценить последствия регулирования уровня озера. Кроме того, для расчетов по Методике ВИЭМС нет количественных данных по эрозии земель (кроме абразии), также нет данных по высоте и

продолжительности затопления участков, глубине подтопления. В этой связи, рекомендуется проведение специальных исследований по обоснованию и подготовке специальной Методики для оценки социально-экономических ущербов при регулировании уровней водоемов в правовом диапазоне, а также проведение целевой системы мониторинга.

2.4. В качестве индикаторов состояния прибрежных водных экосистем предлагается принять и оценивать ущерб водным биоресурсам. В качестве индикатора состояния прибрежных экосистем затапливаемой суши наиболее объективным натуральным показателем является площадь затапливаемых земель.

2.5. Анализ территориальных коэффициентов для Иркутской области и Республики Бурятия, указанных в Методике ВИЭМС, позволяет сделать вывод о несоответствии значений коэффициентов фактической динамике затрат. По значениям индекса-дефлятора, несмотря на использование в настоящем отчете официальных данных Росстата, их количественные значения также вызывают вопросы, связанные с тем, что Росстат не учитывает многие факторы, определяющие структуру конечной цены. Имея в виду, что в работах по 3 этапу настоящего исследования планируется уточнение потенциальных ущербов для населенных пунктов, предприятий и организаций, производственных, социальных и жилых объектов, объектов инфраструктуры, рекреации, сельского и лесного хозяйства на территории Республики Бурятия и Иркутской области, подверженных затоплению/осушению, будет рассмотрена целесообразность использования усредненного показателя – дефлятора ВВП или дефлятора Минэкономразвития России, которые отражают средневзвешенный уровень инфляции.

2.6. Предмет использования Методики ВИЭМС не связан с оценкой ущерба от береговой абразии в рамках правомерной деятельности в результате регулирования уровня озера Байкал, как и любого другого водного объекта. Кроме того, абразия берегов озера Байкал является естественным природным процессом и проявляется вне зависимости от регулирования водного режима. В то же время, универсальная всемирная ценность озера Байкал предопределяет применение максимально строгих требований в случае преднамеренного нарушения естественных экосистемных параметров применительно к настоящему исследованию – допустимому диапазону изменения уровня озера Байкал. Настоящая работа показала, что отличия абразионных процессов при регулировании озера Байкал, в сравнении с естественными природными процессами, требуют дополнительных научных обоснований. Требования и рекомендации для снижения береговой абразии при регулировании озера Байкал являются предметом исследований на 3 этапе работы в 2023 г.

2.7. Полученные оценки социально-экономического ущерба будут использоваться в последующих исследованиях в качестве критических факторов для формирования социально-экономических требований при регулировании уровня озера Байкал и предложений по совершенствованию правил регулирования уровня озера Байкал и Иркутского водохранилища, минимизации рисков и потенциальных ущербов при регулировании уровня озера Байкал. Выполненные оценки потенциальных социально-экономических ущербов при повышенных отметках уровня оз. Байкал и повышенных расходах в нижнем бьефе ИГЭС следует считать предварительными, так как они будут уточняться на 3 этапе НИР при выполнении раздела «Социально-экономическая оценка последствий (ущербов) при изменении уровня Байкала и регулировании расходов Иркутской ГЭС».

Выполненное моделирование режимов Иркутской ГЭС при разных уровнях озера Байкал и расходах через гидроузел для разных условий водности с учетом уровней воды в нижнем бьефе показало, что:

2.8. В настоящее время отсутствуют устраивающие всех правила регулирования режимов (расходов) Иркутской ГЭС и уровней режимов оз. Байкал. Действующие ПИВР требуют доработки из-за ряда противоречий, в том числе в части ограничения на установленный Постановлением Правительства № 234 диапазон регулирования оз. Байкал 456–457 м ТО и неопределенности понятия «средняя водность» по временному Постановлению № 379.

2.9. Результатами моделирования являются расчетные показатели режимов ГЭС (уровни озера, расходы через ИГЭС и др.), диапазоны их изменений по всем внутригодовым интервалам времени для всего 123-х летнего периода наблюдений, включающего различные условия водности. Отдельно рассмотрены обеспеченности сохранения отметок 457,00 и 456,00 м ТО.

По данным фактического притока за прошлый период, превышение уровня 457,00 м ТО происходит с вероятностью 27–35% и в значительной степени зависит от начальных условий (отметки уровня на 1 мая). Вероятность нарушения отметки 457,10 м существенно уменьшается и составит 10–20% за счет повышения расходов через ИГЭС до значений 3200–3600 м<sup>3</sup>/с. Максимальный уровень озера составляет 457,54–457,58 м ТО при условии повышения расхода через ИГЭС до 5600 м<sup>3</sup>/с, что относится только к условиям одного катастрофически многоводного 1932 г. обеспеченностью 0,8% (при обеспеченности 0,1% расчетный максимальный уровень составит 455,77 м ТО). По всем остальным годам уровень озера не нарушает границу 457,50 м, а максимальный расход ИГЭС не превысит 4400–4600 м<sup>3</sup>/с.

Для оценки нарушения нижней границы регулирования оз. Байкал (456,00 м ТО) рассмотрены соответствующие маловодные периоды, по которым определены возможные минимальные уровни озера и продолжительности нарушений (таблицы 2.4.6, 2.4.7). Результаты расчетов показывают, что снижение уровня оз. Байкал ниже 456,00 м происходит в 4–9 годах из 123-х, т.е. имеют обеспеченность 97–93%. При обеспеченности притока 99% минимальная отметка уровня составит 455,80–455,89 м ТО (в зависимости от начального уровня на 1 мая), При обеспеченности притока 99,9% – 455,76–455,66 м ТО.

2.10. Для разных условий водности сохранение метрового диапазона 456–457 м ТО невозможно без нарушения ряда современных требований водопользования и других ограничений. Полученные возможные максимальные и минимальные уровни оз. Байкал зависят не только от начальных условий, полезного притока (обеспеченности), правил назначения расходов через Иркутскую ГЭС, но и от внутригодового распределения притока, расхода р. Иркут в нижнем бьефе, других требований и ограничений.

2.11. Соответствие дат завершения сработки и наполнения оз. Байкал датам, характерным для естественных условий, возможно только в части лет, при этом потребуется надежный прогноз приточности вплоть до суточных режимов, что невозможно реализовать на практике.

2.12. При формировании (уточнении) экологических и социально-экономических требований и ограничений (планируется на 3-м этапе НИР) по результатам моделирования будут сформированы предложения по совершенствованию правил регулирования уровня оз. Байкал и разработан диспетчерский график, определяющий режимы Иркутской ГЭС с учетом данных требований и ограничений.

### **3. Обоснования разработки предложений по совершенствованию методики мониторинга уровня и прогнозированию полезного притока воды в озеро Байкал.**

3.1. Моделирование процессов суточных и внутрисуточных циклов изменения уровня озера Байкал природного и техногенного происхождения:

Среднесуточные показатели уровня оз. Байкал ежедневно определяются УГМС по 18-ти гидропостам, расположенным по периметру озера. Диапазон колебаний между различными гидропостами в течение суток может достигать 15 см и более, что связано с короткопериодными колебаниями уровня.

К короткопериодным колебаниям уровня относятся: сейши, приливные колебания и сгоны/нагоны или метеоцунами. Сейшевые колебания уровня на Байкале наблюдаются почти непрерывно в течение всего года. Некоторые характеристики этих колебаний были получены ранее в ЛИН СО РАН путем натурных измерений, лабораторных экспериментов

на пространственной гидравлической модели с соответствующими теоретическими расчетами.

В настоящей работе проведен анализ внутрисуточной и внутригодовой изменчивости амплитуды сейшевых колебаний на основе данных наблюдений на экспериментальных автоматических станциях ЛИН СО РАН (частота измерений уровня 1 сек.) за период 2015-2020 гг. Обработка данных названных станций показывает, что *амплитуда внутрисуточного колебания уровня меняется от минимального значения 3-4 мм до максимального 15-20 мм с периодом около 2-х недель, при этом в течение года наблюдаются нарушения данной цикличности.* Ярко выраженной сезонной изменчивости амплитуды колебаний нет. Также можно отметить, что в период, когда озеро покрыто льдом и защищено от воздействия ветра (12 января – 20 апреля), амплитуда сейшевых колебаний не уменьшается. *Максимальная изменчивость уровня отмечается в южной и северной котловинах Байкала, изменчивость уровня в пределах Среднего Байкала менее значительна.* В годовом ходе амплитуды одноузловой сейши выявлены колебания с периодом около двух недель, с типичными изменениями амплитуды от минимальных значений 3–4 мм до максимальных 15–20 мм. Для одноузловой сейши нет значительных отличий в характере изменения амплитуд в период, когда озеро покрыто льдом и защищено от воздействия ветра, от остального времени года.

Для мониторинга уровня и определения среднесуточного уровня озера Байкал, используемого при управлении уровнем режимом, необходимо учитывать его внутрисуточные изменения.

3.2. Предложения для разработки методики и проведения комплексного сопряженного экологического и гидрометеорологического мониторинга за уровнем озера Байкал включают:

3.2.1. Предложение по определению среднего уровня оз. Байкал на конкретную дату.

В настоящее время расчет среднего уровня оз. Байкал выполняется в Иркутском УГМС с учетом весовых коэффициентов по данным наблюдений на 8 постах. Анализ, проведенный ГГИ, свидетельствует о том, что использование в действующей методике формулы определения среднего уровня оз. Байкал на конкретную дату, содержащей весовые коэффициенты, усиливает вес северных и центральных постов, что приводит к увеличению расхождений между расчетными значениями уровня. Для оперативного расчета среднего уровня на конкретную дату используемыми УГМС методами регистрации (2 раза в сутки) предлагается в дальнейшем использовать данные 7 постов: р.п.Нижнеангарск, г.м.ст.Томпа, о.Большой Ушканий, г.м.ст.Узур, р.п. Байкал, г.Бабушкин,



р.п.Култук. Расчет уровня предлагается проводить как вычисление его среднеарифметического значения, измеренного на этих постах.

3.2.2. Предложение по модернизации системы наблюдений за уровнем озера. Для решения задач оперативного управления режимом работы Иркутской ГЭС к первоочередным для модернизации отнесены посты р.п. Нижнеангарск, гм.ст. Томпа, о.Большой Ушканий, гм.ст. Узур, р.п. Байкал, г.Бабушкин, р.п. Култук, определенные по результатам специального анализа.

3.2.3. Предложение по модернизации системы наблюдений за притоком в озеро. Доля стока рек Селенга, Верхняя Ангара и Баргузин в суммарном притоке речных вод в озеро составляет до 65–70%, поэтому первоочередную модернизацию гидрологических наблюдений предполагается выполнить на гидрологических постах: р. Селенга – с. Кабанск, р. Верхняя Ангара – с. Верхняя Заимка, р. Баргузин – с. Баргузин.

3.2.4. Предложение по автоматизированной обработке данных наблюдений и методике оперативного учета притока речных вод в озеро. Автоматизированная обработка данных наблюдений за уровнями и расходами воды должна выполняться как по автоматизированным постам, так и постам, на которых выполняются ручные наблюдения за уровнями воды. Предполагается, что информация автоматизированных ГП будет поступать в центр сбора данных ежечасно, с неавтоматизированных – один раз в сутки с передачей данных за два стандартных срока наблюдений 8 и 20 ч.

3.3. Разработка количественных характеристик показателя водности (полезного притока) озера Байкал:

Термины *«средняя водность»*, *«высокая (большая) водность»* и *«низкая (малая) водность»* присутствуют в законодательных актах по регулированию уровня оз. Байкал и содержат значительный элемент субъективности. Поэтому количественные показатели водности должны устанавливаться в зависимости от целей нормирования.

При регулировании уровня озера Байкал, с учетом анализа данных непрерывных наблюдений за 123-х летний период, имеющихся нормативных документов, предлагается следующая градация водности притока (полезного притока) в оз. Байкал:

$P \leq 1\%$  – катастрофически высокая водность;

$1\% < P \leq 10\%$  – высокая водность;

$10\% < P \leq 40\%$  – умеренно высокая водность;

$40\% < P \leq 60\%$  – средняя водность;

$60\% < P \leq 90\%$  – умеренно низкая водность;

$90\% < P \leq 99\%$  – низкая водность;

$P > 99\%$  – катастрофически низкая водность.

Если следовать предложенной градациям водности, то к высокой водности относятся объемы годового полезного притока  $\geq 73,2 \text{ км}^3$ , а к низкой  $\leq 41,7 \text{ км}^3$ .

Представленная градация водности не полностью соответствует действующим нормативным документам по регулированию уровня оз. Байкал, прежде всего регулированию уровня в пределах диапазона 456–457 м ТО в условиях средней водности (Постановление №379 от 16.03.2022 г.). Выполненные модельные расчеты и фактические режимы регулирования в последние годы показывают, что данный диапазон можно выполнить только для обеспеченностей в диапазоне от 90–93 до 30–35%. В этой связи, показатели средней водности необходимо уточнить либо в привязке к ограниченному (метровому) диапазону, либо должен быть расширен возможный диапазон регулирования озера, соответствующий предложенному понятию средней водности (обеспеченности притока от 90 до 10%), включающей умеренно высокую и умеренно низкую водность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Раздел 1.1 (ИГ СО РАН, ГИН СО РАН, ЛИН СО РАН, БИП СО РАН)

1. Агафонов Б. П. Экзолигодинамика Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск: Наука, 1990. – 176 с.
2. Опекунова М. Ю., Макаров С. А. Оценка опасных геологических процессов при рекреационно–туристской деятельности в Прибайкалье (Иркутская область) // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2018. – Т. 12, № 3. – С.121–132. DOI: 10.24411/1995-0411-2018-10311.
3. Комплекты геологических карт ВСЕГЕИ. [Электронный ресурс]. – URL: <http://webmapget.vsegei.ru/index.html>. (дата обращения 11.11.2021).
4. Пинегин А. В., Рогозин А. А., Лещиков Ф. Н., Кулиш Л. Я., Якимов А. А. Динамика берегов озера Байкал при новом уровне режиме. – М.: Наука, 1976. – 88 с.
5. Уфимцев Г. Ф., Потемкина Т. Г., Сквитина Т. М., Филинов И. А., Щетников А.А. Геометрический рисунок берегов озера Байкал // География и природные ресурсы. – 2009. – №4. – С. 56-61.
6. Овчинников Г. И., Павлов С. Х., Тржцинский Ю. Б. Изменение геологической среды в зонах влияния Ангаро-Енисейских водохранилищ. – Новосибирск: Наука, 1999. – 254 с.
7. Козырева Е. А., Рыбченко А. А., Мазаева О. А., Хак В. А., Кадетова А. В. Опасные инженерно-геологические процессы в зоне влияния Байкало-Ангарской гидротехнической системы // ГеоРиск. – 2012. – №3. – С. 38-50.
8. Рыбченко А. А. Инженерно-геодинамическая оценка современного состояния геологической среды г. Иркутска: Автореф. дисс. ... канд. геол-мин. наук. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. – 18 с.
9. Демьянович Н. И. Прогноз оползней на ангарских водохранилищах. – Новосибирск: Наука, 1976. – 80 с.
10. СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления». – М.: Стандартинформ, 2017.
11. Уфимцев Г.Ф. Загадка залива Провал // Наука России. – 2004. – № 1. – С. 75–79.
12. Топографическая карта М 1:50000. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Составлено по материалам съемки 1942 г. 1-IX-53.
13. Потемкина Т.Г. Устья рек Байкала // Природа. –2014. – № 12. – С. 13–21.
14. Potemkina T.G., Potemkin V.L. 2021. Actual inflow of riverine sediment load into Lake Baikal: main tributaries – the Selenga, Upper Angara, and Barguzin Rivers (Russia) // Limnology and Freshwater Biology, (1): 1111-1114. DOI:10.31951/2658-3518-2021-A-1-1111.
15. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник. М.: КДУ, 2008. 424 с.
16. Атлас Байкала (карты) / под ред. Г. И. Галазий. – Москва : Изд-во Федеральной службы геодезии и картографии России, 1993. – 160 с.

17. Волошин, А.Л. О мониторинге современных экзогенных рельефообразующих процессов межгорных котловин забайкальского типа / А.Л. Волошин // География и природные ресурсы. – 2000. - № 1. – С. 68-70.

18. Волошин, А.Л. Геоэкологические особенности современных экзогенных рельефообразующих процессов межгорных котловин Селенгинского среднегорья : дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук : 25.00.36 / Волошин Андрей Леонидович ; БИП СО РАН. – Улан-Удэ, 2011. - 141 с.

19. Типизация и современное состояние берегов озера Байкал / Е.А. Козырева, А.В. Кадетова, А.А. Рыбченков [и др.] // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47, № 4. – С. 453–465.

20. Розовский Л.Б. О прогнозе переработки берегов водохранилищ по аналогии / Л.Б. Розовский. – М.: Наука, 1961. –С. 45-57.

21. Инженерно-геологическое изучение обвалов и других гравитационных явлений на горных склонах : методические указания / Г.С. Золотарев, В.С. Федоренко, Э.В. Калинин, Н.Л. Шешеня. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1969. – 139 с.

## **Раздел 1.2 (БИП СО РАН, ЛИИ СО РАН, ИГ СО РАН)**

1. Потемкина Т.Г. Устьевые области рек озера Байкал / Т.Г. Потемкина, В.Л. Потемкин, Е.А. Гусева // Вестник ИрГТУ. –2014. – №9 (92). – С. 185-192.

2. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития / под ред. Коротаева В.Н. и др. – Москва : ГЕОС, 2007. – 445 с.

3. Chemical composition of suspension in water body of Lake Baikal / T.G. Potyomkina, A.M. Grachev, V.L. Potyomkin, V.B. Baryshev // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 1998. – Vol. 405 (2–3). – P. 543–545.

4. Синюкович, В.Н. Сток реки Селенги в ее дельте / В.Н. Синюкович, Н.Г. Жарикова, В.Д. Жариков // География и природные ресурсы. – 2004. – № 3. – С. 64–69.

5. Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал / А.А. Атутов, Н.М. Пронин, А.К. Тулохонов [и др.]. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. – 236 с.

6. Tracing the sources of PCDD/Fs and PCBs to Lake Baikal / А.А. Mamontov, Е.А. Mamontova, Е.Н. Tarasova, M.S. McLachlan // Environmental Science & Technology. – 2000. – Vol. 34 – P. 741–747.

7. Accumulation of persistent organic pollutants in the food chain of Lake Baikal / O.V. Poliakova, A.T. Lebedev, V.S. Petrosyan [et al] // Toxicological & Environmental Chemistry. – 2000. – Vol. 75. – P. 235–243.

8. Химический состав аэрозолей над акваторией оз. Байкал / Л.П. Голобокова, У.Г. Филиппова, И.И. Маринайте [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. – С. 236–241.

9. Загрязнение донных отложений оз. Байкал полициклическими ароматическими углеводородами / А.М. Никаноров, С.А. Резников, А.А. Матвеев [и др.] // Известия РАН. Серия географическая. – 2013. – № 1. – С. 105–117.
10. Characteristics of PAHs, PCDD/Fs, PCBs and PBDEs in the Sediment of Lake Baikal, Russia / G. Ok, G. Shirapova, G. Matafonova [et al] // Polycyclic Aromatic Compounds. – 2013. – Vol. 33. – P. 173–192.
11. Toxicological assessment of polychlorinated biphenyls and their metabolites in the liver of Baikal seal (*Pusa sibirica*) / K. Nomiya, S. Hirakawa, A. Eguchi [et al] // Environmental Science & Technology. – 2014. – Vol. 48. – P. 13530–13539.
12. Полихлорированные бифенилы в водной экосистеме оз. Байкал / А.Г. Горшков, О.В. Кустова, Е.В. Дзюба [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 2017. – Т. 25. – С. 269–278.
13. Котова, В.Е. Идентификация источников поступления полициклических ароматических углеводородов в донные отложения оз. Байкал / В.Е. Котова, Ю.А. Андреев, М.С. Черновьянц // Вода: химия и экология. – 2017. – № 4. – С. 71–76.
14. Стойкие органические загрязнители в экосистеме оз. Байкал / С.В. Морозов, Г.С. Ширапова, Е.И. Черняк [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 2018. – Т. 26. – С. 233–239.
15. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Минприроды России, Росгидромет, Гидрохимический институт ; ред. Л.В. Боева. – Ростов-на-Дону ; Новочеркасск : НОК, 2009. – 1150 с.
16. Adhikari, P.L. Application of enhanced gas chromatography/triple quadrupole mass spectrometry for monitoring petroleum weathering and forensic source fingerprinting in samples impacted by the Deepwater Horizon oil spill / P.L. Adhikari, R.L. Wong, E.B. Overton // Chemosphere. – 2017. – Vol. 184. – P. 939-950.
17. Качество вод главных притоков оз. Байкал в условиях низкой водности / Л. М. Сороковикова, В. Н. Синюкович, И. В. Томберг [и др.] // Водные ресурсы России: современное состояние и управление : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. [В 2 т.]. (Сочи, 08–14 октября 2018). – Сочи : ООО «Лик», 2018. – С. 374-379.
18. Состояние водной экосистемы дельты реки Селенги в условиях длительного маловодья / Л.М. Сороковикова, В.Н. Синюкович, И.В. Томберг [и др.]. - DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-1(81-89) // География и природные ресурсы. – 2017. - № 1. – С. 81–89.
19. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях проток дельты р. Селенги / З.И. Хажеева, С.Д. Урбазаева, А.К. Тулохонов [и др.] // Геохимия. – 2005. – №1. – С. 105-111.
20. Основные формы миграции и распределение тяжелых металлов в воде, на взвесах и в донных отложениях проток дельты р. Селенга / С.Д. Урбазаева, З.И. Хажеева, Л.Д. Раднаева [и др.] // Инженерная экология. – 2012. – №4. – С. 36-41.

21. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксий, В.Н. Жукинский, Л.П. Брагинский [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1993. – № 4. – С. 62-76.
22. Синюкович, В. П. Взаимосвязь водного и ионного стока основных притоков оз. Байкал / В. П. Синюкович // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 2. – С. 208-212.
23. Качество воды реки Баргузин в современных условиях / В.В. Дрюккер, Л.М. Сороковинова, В.Н. Синюкович [и др.] // География и природные ресурсы. – 1997. – №4. – С. 72-78.
24. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). - Atlanta, GA : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1995. - 487 p.
25. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания // Электронный фонд правовых и нормативно–технических документов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. (дата обращения 26.05.2022).
26. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552 : с изм. на 10 марта 2020 г. // Электронный фонд правовых и нормативно–технических документов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения 26.05.2022).
27. Contamination of rivers in Tianjin, China by polycyclic aromatic hydrocarbons / Z. Shi, S. Tao, B. Pan [et al] // Environmental Pollution. – 2005. – Vol. 134. – P. 97–111.
28. Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V., Pomazkina G.V., Rodionova E.V., Domysheva V.M., Sakirko M.V., Tomberg I.V., Kostornova T.Ya., Kravchenko O.S., Kupchinsky A.B. Nearshore benthic blooms of filamentous green algae in Lake Baikal // Great Lakes Research. – 2014. – Т. 40. – №: 441-448.
29. Timoshkin O.A., Samsonov D.P., Yamamuro M., Moore M.V., Belykh O.I., Malnik V.V., Sakirko M.V., Shirokaya A.A., Bondarenko N.A., Domysheva V.M., Fedorova G.A., Kochetkov A.I., Kuzmin A.V., Lukhnev A.G., Medvezhonkova O.V., Nepokrytykh A.V., Pasynkova E.M., Poberezhnaya A.E., Potapskaya N.V., Rozhkova N.A., Sheveleva N.G., Tikhonova I.V., Timoshkina E.M., Tomberg I.V., Volkova E.A., Zaitseva E.P., Zvereva Yu.M., Kupchinsky A.B., Bukshuk N.A. Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? // Journal of Great Lakes Research. – 2016. – № 42. – С. 487-497.
30. Timoshkin O.A., Moore M.V., Kulikova N.N., Tomberg I.V., Malnik V.V., Shimaraev M.N., Troitskaya E.S., Shirokaya A.A., Sinyukovich V.N., Zaitseva E.P., Domysheva V.M., Yamamuro M., Poberezhnaya A.E., Timoshkina E.M. Groundwater contamination by sewage causes benthic algal

outbreaks in the littoral zone of Lake Baikal (East Siberia) // Journal of Great Lakes Research. – 2018. – Vol. 44, No. 2. – P. 230–244.

31. Вотинцев К.К., Поповская Г.И., Мазепова Г.Ф. Физико-химический режим и жизнь планктона Селенгинского района оз. Байкал. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – 320 с.

32. Шерстянкин П.П. Динамика вод Селенгинского мелководья в начале лета по данным распределения оптических характеристик и температуры воды // Элементы гидрометеорологического режима озера Байкал. Труды. Лимнологической института СО АН СССР п. Листвянка. – М.-Л. 1964. – Т. т.5/25/. – С. 29-37.

33. Томберг И. В. Трансформация химического состава речных вод в зоне смешения с озерными (на примере оз. Байкал). Автореф. кандат. дис. – Иркутск, Ин-т географии СО РАН. – 2008. – 24 с.

34. Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Башенхаева Н.В., Синюкович В.Н., Иванов В.Г. Динамика концентраций биогенных элементов и фитопланктона в устье р. Селенги и на Селенгинском мелководье (оз. Байкал) // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41. – № 6. – С. 596-605.

35. Шерстянкин П.П., Алексеев С. П., Абрамов А. М., Ставров К. Г., Де Батист М., Хус Р., Канальс М., Касамор Х. Л. Батиметрическая электронная карта озера Байкал// Доклады Академии Наук. – 2006. – Т. 408. – №1. – С. 102-107.

36. Шерстянкин П.П., Иванов В.Г., Куимова Л.Н., Синюкович В.Н. Формирование вод Селенгинского мелководья с учетом сезонного хода речного стока, термической конвекции и термобаров. // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34. – № 4. – С. 439-445.

37. Tomberg I.V., Sinyukovich V.N., Ivanov V.G., Sorokovikova L.M. Transformation of the chemical of waters from the Barguzin River in the Barguzin Bay (Lake Baikal) // Limnology and Freshwater Biology. 2019. – № 4. – С. 275-280.

38. Томберг И.В., Сороковикова Л.М., Поповская Г.И., Башенхаева Н.В., Синюкович В.Н., Иванов В.Г. Динамика концентраций биогенных элементов и фитопланктона в устье р. Селенги и на Селенгинском мелководье (оз. Байкал) // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41. – № 6. – С. 596-605.

39. Sorokovikova L.M., Tomberg I.V., Sinyukovich V.N., Ivanov V.G. Dynamics of nutrient concentrations and eutrophication of the waters in Barguzin Bay (Lake Baikal) // Limnology and Freshwater Biology. 2020. – № 4. – С. 890-891.

40. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Ред. Л.В. Боева. – Ростов-на-Дону: НОК, 2009. – 1150 с.

41. Шпейзер Г.М., Минеева Л.А. Руководство по химическому анализу вод: Методическое пособие. – Иркутск: ИГУ, 2006. – 55 с. [Электронный ресурс]. – URL: [http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/170/37170/14182?p\\_page=1](http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/170/37170/14182?p_page=1) (дата обращения 26.05.2022).

### **Раздел 1.3 (ЛИН СО РАН, БайкалНИРО, ИОЭБ СО РАН, ИГУ)**

1. Timoshkin O.A., Moore M.V., Kulikova N.N., Tomberg I.V., Malnik V.V., Shimaraev M.N., Troitskaya E.S., Shirokaya A.A., Sinyukovich V.N., Zaitseva E.P., Domysheva V.M., Yamamuro M.,



Poberezhnaya A.E., Timoshkina E.M. Groundwater contamination by sewage causes benthic algal outbreaks in the littoral zone of Lake Baikal (East Siberia) // *Journal of Great Lakes Research*. – 2018. – Vol. 44, No. 2. – P. 230–244.

2. Синюкович В.Н. Проблемы регулирования уровня озера Байкал в условиях аномальной водности // *Водное хозяйство России*. – 2016. – № 1. – С. 42–51.

3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах : Зоопланктон и его продукция / Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, АН СССР, Зоол. ин-т; [Сост. А. А. Салазкин и др.]. - Л. : ГосНИОРХ, 1984. - 33 с.

4. Левковская Л. А. Зоопланктон заливов и озер прибрежной зоны // *Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала*. – Новосибирск : Наука, 1977. – С. 175–191.

5. Долгоаршинных З. М. Питание и пищевые взаимоотношения молоди рыб прибрежно-соровой зоны озера Байкал. – Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Иркутск, 1990. – 25 с.

6. Оценка уровня развития кормовой базы и приемная емкость прибрежно-соровой системы оз. Байкал: отчет о НИР (заключительный за 1997–2000 г.) / А. И. Бобков, В. П. Павлицкая // *Фонды БФ ФГБНУ «Госрыбцентр»*. – Улан-Удэ, 2001. – 79 с.

7. Разработка методов оценки промыслового возврата сиговых рыб – объектов искусственного воспроизводства. Оценка промыслового возврата сиговых видов рыб – объектов искусственного воспроизводства (Часть 1. Байкальский омуль: отчет о НИР (заключительный) // *Фонды ФГБНУ «Госрыбцентр»*. – Тюмень, 2017. – 179 с.

8. Сорокин В.Н., Сорокина А.А. Биология молоди промысловых рыб Байкала. – Новосибирск: Наука, 1988. -156 с.

9. Сокольников Ю.А. Зоопланктон мелководий Северного Байкала: динамика численности и биомассы, роль сибирских и байкальских видов // *Биоразнообразие Байкальской Сибири* / В.М. Корсунов, Н.М. Пронин, Г.Г. Гончиков и др. — Новосибирск, 1999. — С. 61-74.

10. Кожов М.М. Биология озера Байкал. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 315 с.

11. Шевелева Н.Г. Зоопланктон южной части пролива Малое Море (оз. Байкал) / Н.Г. Шевелева, О.Г. Пенькова // *Биол. внутренних вод*. – М., 2005 а. – № 4Б. – С. 42-49.

12. Шевелева Н.Г. Особенности развития коловраток пролива Малое Море (оз. Байкал) / Н.Г. Шевелева, О.Г. Пенькова // *Тезисы и материалы IV Международной конференции по коловраткам*. – Борок, 2005 б. – С. 331-340.

13. Шевелева Н.Г. Многолетняя динамика численности зоопланктона открытой части пролива Малое Море (оз. Байкал) / Н.Г. Шевелева, О.Г. Пенькова, К.Н. Кипрушина // *Бюл. Москов. общ. испытателей природы*. М., 2009. – Т. 114, вып. 3, С. – 505-510.

14. Кипрушина К.Н. Видовой состав зоопланктона пелагиали Южного Байкала (Б. Коты) и пролива Малое Море // К.Н. Кипрушина / *Проблемы сохранения биологического разнообразия Волжского бассейна и сопредельных территорий*. – Чебоксары, 2010. – С. 38–40.

15. Sheveleva N.G. Long-term dynamics of the zooplankton community in the southern part of the Maloye More Strait (Lake Baikal) / N.G. Sheveleva, O.G. Penkova // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2020. – № 4. – P. 746-747.
16. Nakashizuka T., Stork N. Biodiversity Research Methods: IBOY in Western Pacific and Asia. Kyoto University Press and Trans Pacific Press, Japan–Australia, 2002. – pp. 1–216.
17. Рожкова Н.Н., Максимова Н.В., Вейнберг И.В., Бондаренко Н.А., Зверева Ю.М., Волкова Е.А., Ситникова Т.Я., Непокрытых А.В., Тимошкин О.А. Современное состояние и многолетняя динамика макрозообентоса каменистой литорали западного побережья Южного Байкала // Тезисы докладов и стендовых сообщений Международной конференции «Пресноводные экосистемы – современные вызовы», 10–14 сентября 2018, Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. – С. 284–285.
18. Timoshkin O.A., Samsonov D.P., Yamamuro M., Moore M.V., Belykh O.I., Malnik V.V., Sakirko M.V., Shirokaya A.A., Bondarenko N.A., Domysheva V.M., Fedorova G.A., Kochetkov A.I., Kuzmin A.V., Lukhnev A.G., Medvezhonkova O.V., Nepokrytykh A.V., Pasyukova E.M., Poberezhnaya A.E., Potapskaya N.V., Rozhkova N.A., Sheveleva N.G., Tikhonova I.V., Timoshkina E.M., Tomberg I.V., Volkova E.A., Zaitseva E.P., Zvereva Yu.M., Kupchinsky A.B., Bukshuk N.A. Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? // *Journal of Great Lakes Research*. – 2016. – № 42. – С. 487-497.
19. Бекман М.Ю. Экология и продуктивность бентоса // Путь познания Байкала. – Новосибирск : Наука, 1987. – С. 226-242.
20. Базикалова А.Я. Амфиподы озера Байкал // Труды Байкальской лимнологической станции, 1945. – Т. 11. – 440 с.
21. Базикалова А.Я., Вилисова И.К. Питание бентоядных рыб Малого Моря // Труды Байкальской лимнологической станции. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 16 : Исследования Малого Моря. – С. 382–497.
22. Бекман М.Ю. Некоторые закономерности распределения и продуцирования массовых видов зообентоса в Малом Море // Труды Байкальской лимнологической станции. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – Т. 16: Исследования Малого Моря. – С. 342–381.
23. Кравцова Л.С., Механикова И.В., Ижболдина Л.А. Хорологическая структура населения беспозвоночных животных в зарослях высших водных растений озера Байкал // *Гидробиол. журн.* – 2011. – Т. 47, № 3. – С. 32–43.
24. Тугарина П.Я. Питание и рост молоди черного байкальского хариуса (*Thymallus arcticus baicalensis* Dyb.) и ленка (*Brachymystax lenok* (Pall.)) в южных притоках Байкала // *Вопросы ихтиологии*. – 1967. – Т. 7, Вып. 4 (45). – С. 670–682.
25. Рожкова Н.А., Куликова Н.Н., Непокрытых А.В., Сайбаталова Е.В., Тимошкин О.А., Сутурин А.Н. Особенности распределения, количественные характеристики и химический элементный состав кладок эндемичных байкальских ручейников (Trichoptera, Apataniidae) // *Известия ИГУ. Серия «Биология. Экология»*. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 136–146.

26. Базова Н.В., Базов А.В. Зообентос российского участка реки Селенга (бассейн оз. Байкал): пространственное распределение в подледный период // Биология внутренних вод. – 2006. – № 3. – С. 48–56.
27. Яснитский В. Н. Планктон северной оконечности Байкала / В. Н. Яснитский // Изв. Биол.-геогр. н.-и. ин-та при Гос. Иркутск, ун-те. – 1934. – Т. 6. – №. 1.
28. Кожов М.М. К вопросу о питании омуля (*Coregonus migratorius autumnalis* Georgi) и других рыб Байкала / М.М. Кожов // Изв. / БГНИИ при ИГУ им. А.А. Жданова. – 1934. – Т. 4, вып. 1. – С. 116-127.
29. Мишарин К.И. К биологии нереста омуля в реках средней и южной частей Байкала / К.И. Мишарин // Изв. / Биол.-геол. НИИ при Иркутском ун-те. – 1937. – Т. 7. – С. 236–279.
30. Шульгина Е. А. О питании омуля в ранневесенний период в Малом Море по материалам 1950 г. / Е. А. Шульгина // Тр. Иркут. ун-та. Сер. биол. – 1953. – Т. 7, №. 1–2. – С. 18–28.
31. Потакуев Я.Г. Пищевые взаимоотношения планктоноядных рыб в оз. Байкал: Автореф. канд. ... биол. наук / Я.Г. Потакуев. – Иркутск, 1954. – 18 с.
32. Световидов А.Н. О росте байкальских сигов и хариусов / А.Н. Световидов // Докл. АН СССР, 1934. – Т. 3, № 8-9. – С. 661-665.
33. Талиев Д.Н. Бычки-подкаменщики Байкала (*Cottoidei*) / Д.Н. Талиев. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – 602 с.
34. Асхаев М.Г. Окунь / М.Г. Асхаев // Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне озера Байкал. – Иркутск, 1958. – С. 383-385.
35. Базикалова А.Я. Материалы к познанию бычков Байкала / А.Я. Базикалова, Т.Н. Калинникова, В.С. Михин и др. // Тр. Бакал. лимнол. станции АН СССР, 1937. – Т. 7, вып. 2. – С. 209-213.
36. Иванов Т. М. К вопросу о питании байкальской нерпы и методу его изучения / Т. М. Иванов // Изв. биол.-географ. ин-та при Вост.о-Сиб. гос. ун-те. – 1936. – Т. 7. – №. 1–2.
37. Иванов Т. М. Байкальская нерпа, ее биология и промысел // Изв. биол.-географ. ин-та при Вост.-Сиб. гос. ун-те. – 1938. – Т. 8. – №. 1-2. – С. 1–119.
38. Гурова Л.А. Питание и пищевые взаимоотношения пелагических рыб и нерпы Байкала / Л.А. Гурова, В.Д. Пастухов. – Новосибирск, 1974. – 102 с.
39. Коряков Е.А. Пелагические бычковые Байкала / Е.А. Коряков. – М.: Наука, 1972. – 156 с.
40. Мамонтов А.М. Ихтиоценозы, их динамика и продуцирование // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 263-288.
41. Завьялова Т.Я., Бердникова Л.Г., Долгаршиных З.М., Козлова Н.И. О воспроизводстве бычка-желтокрылки в южном Байкале // Исследование рыб Восточной Сибири: Сб. научных тр. – Иркутск: Иркут. ун-т, 1988. – С. 50-58.
42. Сиделева В.Г. 2002. Ихтиофауна района повышенной гидротермальной активности в бухте Фролиха (озеро Байкал) с описанием нового вида рода *Neocottus* (*Abys-socottidae*) // Вопр. ихтиологии. Т. 42. № 2. С. 274–278.

43. Нагорный В.К. Состояние запасов голомянко-бычковых рыб и использование их омулем / В.К. Нагорный, И.Б. Волерман, В.Г. Сиделева, С.Н. Косторнов, Т.Я. Завьялова // Вопросы развития рыбного хоз-ва в бассейне оз. Байкал: Сб. науч. тр. / Гос. НИИ озерного и речного рыбного хоз-ва. – Л. 1984. – Т. Вып.211. – С. 72-79.
44. Хохлова Л. В. Бычок желтокрылка в южной части Байкала и состояние его запасов // Биологические основы рыбного хозяйства. – Томск: Изд-во Томск, ун-та. – 1959. – С. 124–130.
45. Соин С.Г. Развитие трех видов байкальских бычков-подкаменщиков (Cottidae) / С.Г. Соин, А.Ф. Турдаков // Вопр. Ихтиологии. – 1966. – Т.6, № 4.
46. Зубин А.А. Внутривидовая дифференциация байкальской желтокрылки *Cottosomephorus grewinkii* (Scorpaeniformes, Cottidae). I. Изменчивость биологических показателей производителей и репродуктивной биологии // А.А. Зубин, Л.В. Зубина, К.Е. Федоров / Вопр. ихтиологии. – 1993. – Т.33, № 4. – С. 486 – 491.
47. Зубин А.А. Внутривидовая дифференциация байкальской желтокрылки *Cottosomephorus grewinkii* II. Сравнительная характеристика полового цикла желтокрылки трех нерестовых стад // А.А. Зубин, Л.В. Зубина, К.Е. Федоров / Вопр. ихтиологии. – 1993. – Т.33, № 4. – С. 492 – 499.
48. Сиделева В.Г. Пелагические Cottoidei – коттоидные рыбы /В.Г. Сиделева // Атлас и определитель пелагиобиев Байкала /О.А. Тимошкин, Г.Ф. Мазепова, Н.Г. Мельник и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1995. – С. 523-540.
49. Sideleva V.G. The endemic fishes of Lake Baikal / V.G. Sideleva. – Leiden: Backhuys Publishers, 2003. – 270 p.
50. Матвеев А.Н. Структура рыбного населения горных водоемов Байкальской рифтовой зоны: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук / А.Н. Матвеев. – Иркутск, 2006. – 48 с.
51. Мамонтов А.М. Ресурсы прибрежно-нерестующих бычков Байкала / А.М. Мамонтов, С.Н. Косторнов, В.М. Яхненко // В кн. Динамика продуцирования рыб Байкала. – Новосибирск: Наука, 1981. – 45-58.
52. Сиделева В.Г. Особенности распределения икры прибрежных видов подкаменщичковых рыб на нерестилищах (Южного Байкала и Малого моря) / В.Г. Сиделева, Е.Б. Карabanов, В.А. Фиалков и др. // Морфология и экология рыб: Сб. ст. – 1987. – С. 85-96.
53. Коряков Е.А. Структура воспроизводства и динамика численности бычка-желтокрылки // Биологическая продуктивность пелагиали Байкала и её изменчивость. – Новосибирск, 1977. – С. 115-127.
54. Ханаев И.В. Выступление на бюро Совета по науке РАН и ФАНО // В сб. Отв. ред. Грачёв М.А. – М.; 15 апреля 2015. – С. 29-30.
55. Ханаев И.В., Дзюба Е.В., Кравцова Л.С., Грачев М.А. Влияние массового развития зеленых нитчатых водорослей на воспроизводство желтокрылки *Cottosomephorus grewinkii* (Dybowski, 1874) (Cottidae) в условиях экологического кризиса озера Байкал // Доклады Академии наук (Общая биология). – 2016. – Т. 467. – № 1. – С. 119-121.

56. Динамика зараженности животных гельминтами / Н.М. Пронин, Д.-С.Д. Жалцанова, С.В. Пронина [и др.]; Отв. ред. В.Ж. Цыренов; АН СССР. Сиб. отд-ние. Бурят. науч. центр. Ин-т биологии. – Улан-Удэ, 1991. – 201 с.
57. Заика В.Е. Паразитофауна рыб озера Байкал. – М.: Наука, 1965. – 106 с.
58. Сорокина А.А. Питание разновозрастного омуля в летний период / А.А. Сорокина, О.Г. Пенькова, О.К. Петерс // Экология, болезни и разведение байкальского омуля. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 97–107.
59. Смирнов В.В., Шумилов И.П. Омули Байкала. – Новосибирск: Наука, 1974. – 160 с.
60. Сокольников Ю.А. Зоопланктон прибрежно-соровой системы и уровень воды // Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 1999. – С. 45–66.
61. Афанасьева Э.Л. Биология байкальской эпишуры. – Новосибирск: Наука, 1977. – 144 с.
62. Пронин Н.М. О промежуточных хозяевах цестоды *Syatocercaria truncatus* в водоемах Байкало-Ангарского бассейна / Н.М. Пронин, В.Л. Ринчино, А.С. Кудряшов [и др.] // Труды Гельминтол. лаборатории АН СССР. – 1986. – Т. 34. – С. 72–79.
63. Kjøie M., Fagerholm H.-P. The life cycle of *Contracaecum osculatum* (Rudolphi, 1802) sensu stricto (Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae) in view of experimental infections // *Parasitology Research*. – 1995. – Vol. 81. – P. 481–489.
64. Кудряшов А.С. Динамика зараженности личинками *Contracaecum osculatum baicalensis* омуля и хариуса в оз. Байкал / А.С. Кудряшов, Н.М. Пронин, В.И. Шахматова // Паразиты и болезни гидробионтов Ледовитоморской провинции. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 31–40.
65. Гурова Л.А., Пастухов В.Д. Питание и пищевые взаимоотношения пелагических рыб и нерпы Байкала. – Новосибирск: Наука, 1974. – 188 с.
66. Дугаров Ж.Н. Динамика сообществ паразитов в возрастном ряду байкальского омуля *Coregonus migratorius* (Georgi, 1775) / Ж.Н. Дугаров, Н.М. Пронин // Изв. РАН. Сер. биол. – 2013. – № 5. – С. 592–604.
67. Бурдуковская Т.Г. Новые виды паразитических копепод рода *Salmincola* (Copepoda, Lernaeopodidae) из обонятельных ямок хариусовых (*Thymallidae*) и сиговых (*Coregonidae*) рыб бассейна оз. Байкал / Т.Г. Бурдуковская, Н.М. Пронин // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 20–29.
68. Ляйман Э.М. Паразитические черви рыб оз. Байкал // Труды Байкал. лимнол. станции АН СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1933. – Т. 4. – С. 5–98.
69. Пронин Н.М. Паразиты и болезни омуля // Экология, болезни и разведение байкальского омуля. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 114–159.
70. Русинек О.Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). – М.: Товарищество научных изданий «КМК», 2007. – 571 с.

71. Пугачев О.Н. Каталог паразитов пресноводных рыб Северной Азии. Нематоды, скребни, пиявки, моллюски, ракообразные, клещи. – СПб., 2004. – Т. 304. – 250 с. – (Труды Зоолог. ин-та РАН).
72. Пронин Н.М. Сравнительный анализ паразитофауны байкальских хариусов / Н.М. Пронин, П.Я. Тугарина // Исследование гидробиологического режима водоемов Восточной Сибири. – Иркутск, 1971. – С. 76–81.
73. Тармаханов Г.Д. Сравнительный анализ фауны диплостомид моллюсков, рыб и водоплавающих птиц бассейна оз. Байкал / Г.Д. Тармаханов, А.В. Некрасов, Д. Жатканбаева // В кн.: Паразиты и болезни гидробионтов Ледовитоморской провинции: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – С. 107–111.
74. Балданова Д.Р., Пронин Н.М. Скребни (тип *Acanthocephala*) Байкала: Морфология и экология. – Новосибирск: Наука, 2001. – 158 с. – (Справочники и определители по фауне и флоре озера Байкал).
75. Soldánová M. Molecular analyses reveal high species diversity of trematodes in a sub-Arctic lake / M. Soldánová, S. Georgieva, J. Roháčová [et al.] // International Journal for Parasitology. – 2017. – V. 47. – P. 327–345.
76. Догель В.А., Боголепова И.И. Паразитофауна рыб Байкала // Тр. Байкал. Лимнол.ст. АН СССР. – М.; Л., 1957. – Т. 15. – С. 427–464.
77. Пронин Н.М. Паразиты окуня (*Perca fluviatilis*) в водоемах бассейна озера Байкал / Н.М. Пронин, Е.М. Болонев, С.В. Пронина // Проблемы общей и региональной паразитологии. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят. сельскохоз. акад., 2000. – С. 39–49.
78. Аннотированный список фауны Байкала и его водосборного бассейна: В 2 томах. – Новосибирск: Наука, 2001. – Т. I: Озеро Байкал, кн. 1. – 832 с. (Справочники и определители по фауне и флоре озера Байкал).
79. Аннотированный список фауны Байкала и его водосборного бассейна: В 2 томах. – Новосибирск: Наука, 2004. – Т. I: Озеро Байкал, кн. 2 / О.А. Тимошкин, Ситникова Т.Я., Русинек О.Т. [и др.] – 1679 с. – (Справочники и определители по фауне и флоре озера Байкал).
80. Болонев Е.М. Сравнительный анализ паразитофауны окуней *Perca* spp. Северной Евразии и Северной Америки / Е.М. Болонев, Н.М. Пронин, В.И. Фрезе // Успехи общей паразитологии. – М.: Наука, 2004. – С. 81–89.
81. Timi J.T. Why ignoring parasites in fish ecology is a mistake / J.T. Timi, R. Poulin // International Journal for Parasitology. – 2020. – V. 50. – P. 755–761.
82. Дугаров Ж.Н. Линейный рост плотвы при заражении плероцеркоидами *Ligula intestinalis* в Чивыркуйском заливе оз. Байкал / Ж.Н. Дугаров, З.А. Ринчинов // Российский паразитологический журнал. – 2016. – Т. 37, вып. 3. – С. 312–318.
83. Дубинина М.Н. Ремнецы (Cestoda: Ligulidae) фауны СССР. – М.–Л.: Наука, 1966. – 261 с.
84. Пронин Н.М. Гостально-пространственное распределение плероцеркоидов ремнецов (*Pseudophyllidea: Ligulidae*) и экология *Ligula intestinalis* в водоемах бассейна озера Байкал / Н.М.

Пронин, С.В. Пронина // Проблемы цестодологии: (Сб. науч. тр. ЗИН РАН). – СПб., 2005. – Вып. 3. – С. 207–228.

85. Рыбы озера Байкал и его бассейна / Н.М. Пронин, А.Н. Матвеев, В.П. Самусенок [и др]. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2007. – 284 с.

86. Венедиктов С.Ю. Влияние плероцеркоидов *Ligula intestinalis* на линейно-весовые показатели сибирской плотвы *Rutilus rutilus lacustris* (Cypriniformes, Cyprinidae) Вилюйского водохранилища / С.Ю. Венедиктов, О.Д. Апсолихова // Российский паразитологический журнал. – 2008. – Вып. 1. – С. 72–75.

87. Решетникова А.В. Влияние плероцеркоида *Digamma interrupta* Rud. на рост леща // Зоол. журн. – 1965. – Т. 44, вып. 5. – С. 734–739.

88. Ergönül M.B. The effects of *Ligula intestinalis* plerocercoids on the growth features of tench, *Tinca tinca* / M.B. Ergönül, A. Altındağ // Turk. J. Vet. Anim. Sci. – 2005. – V. 29, N 6. – P. 1337–1341.

89. Pitt C.E. A study into the effects of parasitism on the growth of the yellow perch produced by the larvae of *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758) Gmelin 1790 / C.E. Pitt, A.W. Grundmann // Proc. Helm. Soc. Wash. – 1957. – V. 24, N 2. – P. 73–80.

90. Barber I. Effects of experimental *Schistocephalus solidus* infections on growth, morphology and sexual development of female three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus* / I. Barber, P.A. Svensson // Parasitology. – 2003. – V. 126, N 4. – P. 359–367. DOI: 10.1017/S0031182002002925.

91. Wright H.A. The effect of *Schistocephalus solidus* infection on meal size of three-spined stickleback / H.A. Wright, R.J. Wootton, I. Barber // J. Fish. Biol. – 2006. – V. 68, N 3. – P. 801–809. DOI: 10.1111/j.0022-1112.2006.00966.x.

92. Arnott S.A. Parasite-associated growth enhancement in a fish–cestode system / S.A. Arnott, I. Barber, F.A. Huntingford // Proc. R. Soc. Lond. B. – 2000. – V. 267, N 1444. – P. 657–663. DOI: 10.1098/rspb.2000.1052.

93. Loot G. The differential effects of *Ligula intestinalis* (L.) plerocercoids on host growth in three natural populations of roach, *Rutilus rutilus* (L.) / G. Loot, R. Poulin, S. Lek, J.F. Guégan // Ecol. Freshw. Fish. – 2002. – V. 11, N 3. – P. 168–177. DOI: 10.1034/j.1600-0633.2002.00006.x.

94. Макеева А.П., Павлов Д.С., Павлов Д.А. Атлас молоди пресноводных рыб России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 383 с.

95. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

#### **Раздел 1.4 (ИОЭБ СО РАН, ИГУ, ИГ СО РАН)**

1. Михеев В.С. Ландшафтно-географическое обеспечение ТерКСОП бассейна оз. Байкал: Препринт. – Иркутск: Институт географии СО АН СССР, 1988. – 63 с.

2. Козырева Е.А., Кадетова А.В., Рыбченко А.А., Пеллинен В.А., Светлаков А.А., Тарасова Ю.С. Типизация и современное состояние берегов озера Байкал // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47, № 4. – С. 453–465. DOI: 10.31857/S0321059620040070.



3. Джалалова М.И. Формирование прибрежного растительного экотона в условиях нестабильного уровня Каспийского моря // Аридные экосистемы. – 2009. – Т. 15, № 4. – С. 70–75.
4. Cottingham K. L., Ewing H. A., Greer M. L., Carey C. C., Weathers K. C. Cyanobacteria as biological drivers of lake nitrogen and phosphorus cycling // *Ecosphere* – 6(1). – 1.
5. Liu J., Chen Y., Li M., Liu B., Liu X., Wu Z., Cai Y., Xu J., Wang J. Water-level fluctuations are key for phytoplankton taxonomic communities and functional groups in Poyang Lake // *Ecol. Ind.* – 2019. – 104. – P. 470-478.
6. Newton R.J., McLellan S.L. A unique assemblage of cosmopolitan freshwater bacteria and higher community diversity differentiate an urbanized estuary from oligotrophic Lake Michigan // *Front Microbiol.* – 2015. – V.6. – P.1028.
7. Zaitseva S.V., Dagurova O.P. Freshwater microbial taxa as indicators of anthropogenic impact on the freshwater lakes of Buryatia // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* – 2021– 908.– 012003.
8. Decleyre H, Heylen K, Van Colen C and Willems A Dissimilatory nitrogen reduction in intertidal sediments of a temperate estuary: small scale heterogeneity and novel nitrate-to-ammonium reducers // *Front. Microbiol.* – 2015. – 6. – P. 1124.
9. Barberan A., Fernandez-Guerra A., Bohannan B. J. M., Casamayor E. O. Exploration of community traits as ecological markers in microbial metagenomes // *Mol. Ecol.* – 2012. – 21. – P. 1909-1917.
10. Fierer N., Leff J. W., Adams B. J., Nielsen U. N., Bates S. T., Lauber C. L. Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* – 2012. – 109. – P.21390-21395.
11. Полевой практикум по водной микробиологии и гидрохимии: Методическое пособие / Намсараев Б.Б., Горленко В.М., Намсараев З.Б., Дагурова О.П., Бархутова Д.Д., Бурюхаев С.П., Хахинов В.В; Отв. Ред. М.Б.Вайнштейн. – Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2005. – 68 с.
12. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. - М.: Стандартинформ, 2019. (переиздание) – 36 с.
13. ГОСТ 31942-2012 (ISO 19458:2006). Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. - М.: Стандартинформ, 2013. – 27 с.
14. Рекомендации Р 52.24.353-2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Ростов-на-Дону, 2012. – 36 с.
15. ГОСТ 24849-2014. Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий. – М.: Стандартинформ, 2015. – 28 с.
16. Гынинова А.Б., Шоба С.А., Балсанова Л.Д., Гыниноваи Б.Д. Почвы дельты р. Селенга (генезис, география, геохимия) – Улан-Удэ. Изд-во БНЦ СО РАН, 2012. – 344 с.
17. Берлянт А.М. Картографический метод исследования. – Москва: МГУ, 1970. –251 с
18. Скрыбин Н.Г. Водоплавающие птицы Байкала. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1975. – 244 с.

19. Скрябин Н.Г. Результаты орнитологических исследований // Исследование природных ресурсов озера Байкал и ангарских водохранилищ. – Иркутск, 1984. – С. 110-115.
20. Скрябин Н.Г., Подковыров В.А. Состояние сообществ околородных птиц Байкала в связи с колебанием уровня воды // Решение проблем охраны окружающей среды и рационального использования ресурсов в Иркутской энергосистеме: Тез. докл. регионального науч.-тех. совещ. – Иркутск, 1996. – С. 71-73.
21. Фефелов И.В. и др. Птицы дельты Селенги: Фаунистическая сводка / И.В. Фефелов, И.И. Тупицын, В.А. Подковыров, В.Е. Журавлев. – Иркутск: Вост.-Сиб. изд. компания, 2001. – 320 с.
22. Фефелов И.В., Подковыров В.А., Тупицын И.И. Исследование населения уток в дельте Селенги с помощью данных дистанционного зондирования: зонирование и оценка численности // Казарка. – 2008. – № 11, вып 2. – С. 95-114.
23. Фефелов И.В. Роль гидрологического режима дельты реки Селенги в динамике населения уток: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 1996. – 18 с.
24. Мельников Ю.И. Численность и распределение чайковых птиц в дельте реки Селенги (Южный Байкал) // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. – 1988. – Т. 93, вып. 3. – С. 21-29.
25. Фефелов И.В., Анисимов Ю.А., Поваринцев А.И. Современное население водно-болотных птиц в дельте Селенги и заказнике «Кабанский»: сравнение с ретроспективными данными мониторинга // Роль научно-исследовательской работы в управлении и развитии ООПТ: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию со дня образования Байкальского государственного природного биосферного заповедника (пос. Танхой, 14-15 октября 2019 г.). – Иркутск, 2019. – С. 223-228.
26. Фефелов И.В., Садков В.С., Ананин А.А., Тупицын И.И., Подковыров В.А., Шинкаренко А.В., Сафронов Н.Н., Скрябин Н.Г., Журавлев В.Е. Динамика численности мигрирующих уток в байкальских дельтах в 1976-1996 гг. // Казарка.- 2004. - № 10,- С. 323-338.
27. Подковыров В.А. Экология водоплавающих птиц Байкала в условиях антропогенной трансформации водно-болотных биоценозов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 1997. – 18 с.
28. Тупицын И.И. Роль чайковых птиц в функционировании прибрежных экосистем озера Байкал: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 1997. – 18 с.
29. Водный режим (ст. 7) – уровни воды / ФГБУ "Росгеолфонд", Сибирское отделение. [Электронный ресурс]. – URL: <http://geol.irk.ru/baikal/law/mlawwatmod> (дата обращения: 01.03.2018).
30. Тупицын И.И. Динамика численности чайковых птиц // Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. – Новосибирск, 1999. – С.164-173.
31. Фефелов И.В. Динамика численности водоплавающих птиц // Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. – Новосибирск, 1999. – С.154-164.

32. Мельников Ю.И. Экология водоплавающих птиц в дельте р. Селенги: динамика обводненности территории и распределение по биотопам // Байкальский зоол. журн. – 2009. – № 2. – С. 49-60.
33. Мельников Ю.И. Динамика плотности населения, численности и распределения куликов по местообитаниям в 11-летнем внутривековом климатическом цикле 1973-1982 годов в дельте Селенги // Рус. орнитол. журн. Экспресс-вып. – 2013. – Т. 22, № 890. – С. 1625-1678.
34. Мельников Ю.И. Динамика пространственной структуры чайковых птиц в 11-летнем климатическом цикле (дельта р. Селенги, Южный Байкал) // Экология. – 2014. – № 1. – С. 53-61.
35. Фефелов И.В., Шинкаренко А.В., Подковыров В.А. Динамика популяций уток в дельте Селенги // Рус. орнитол. журн. – 1995. – Т.4, № 1/2. – С. 45-53.
36. Фефелов И.В., Тупицын И.И., Тихонова О.А. Изменения пространственного размещения гнездовых поселений чайковых птиц в дельте Селенги при снижении уровня воды // Известия Иркутского ун-та. Сер. "Биология и экология". – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 61-63.
37. Мельников Ю.И. О некоторых адаптациях прибрежных птиц // Экология. – 1982. – № 2. – С. 64-70.
38. Collis K. et al. Barges as temporary breeding sites for Caspian terns: assessing potential sites for colony restoration / K. Collis, D.D. Roby, Ch.W. Thompson, D.E. Lyons, M. Tirhi // Wildlife Society Bulletin. – 2002. – Vol. 30 (4). – P. 1140-1149.
39. Lawes et al. Caspian Tern management at alternative colony sites outside the Columbia River basin / T.J. Lawes, D.D. Roby, K.S. Bixler, D.E. Lyons, K. Collis, A.F. Evans, A.G. Patterson // Avian Predation Synthesis Report / Real Time Research, Inc. and Oregon State University. Chapter 3. – P. 211-270. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.birdresearchnw.org/Avian%20Predation%20Synthesis%20Report%20Final\\_v2.pdf](http://www.birdresearchnw.org/Avian%20Predation%20Synthesis%20Report%20Final_v2.pdf) (дата обращения: 01.09.2022).
40. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». – 2-ое издание. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. – 1128 с.
41. Красная книга Иркутской области / Отв. ред. В.В. Попов. – Улан-Удэ: Изд-во ПАО «Республиканская типография», 2020. – 552 с.
42. Преловский В. А. Антропогенная трансформация фауны позвоночных животных Центральной экологической зоны Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. – 2020. – № 5. – С. 72-78. DOI:10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(72-78).
43. Пыжьянов С.В., Березовская А.О. Успешность гнездования уток на Малом Море (оз. Байкал) // Вестник ИрГСХА. – 2014. – № 64. – С. 49-56.

## Раздел 1.5 (ИГ СО РАН, ГИН СО РАН, БИП СО РАН)

1. Угрюмов Б. И. Даниленко О. К. Прогноз изменения древесной растительности под влиянием затопления ложа Богучанского водохранилища // Лесной вестник. – 2007. – № 4. – С. 32-37.
2. Красная книга Иркутской области / Отв. ред. В.В. Попов. – Улан-Удэ: Изд-во ПАО «Республиканская типография», 2020. – 552 с.
3. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. М.: Минприроды России и Роскомзем, 1994. [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294845/4294845896.htm>. (дата обращения 11.07.2022).
4. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, утвержденная приказом Минприроды России от 08.07.2010, № 238 (ред. от 18.11.2021). [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668> (дата обращения 26.05.2022).
5. Белозерцева И.А. Опыт интегральной оценки экологического состояния почвенного покрова при добыче газа в Приангарье // Почвоведение. – 2020. – № 2. – С. 244-258. DOI:10.31857/S0032180X20020021.
6. Экологический атлас бассейна озера Байкал / Отв. ред. А. Р. Батуев, Л. М. Корытный, Ж. Оюнгээрэл, Д. Энхтайван. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015. – 145 с.
7. Бояркин В. М. География Иркутской области: Физико-географическое районирование Иркутской области. – Иркутск: ИГУ, 1973 – 328 с.
8. Уфимцев Г.Ф. Загадка залива Провал // Наука России. – 2004. – № 1. – С. 75–79.
9. Топографическая карта М 1:50000. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Составлено по материалам съемки 1942 г. 1-IX-53.
10. Топографическая карта М 1:50000. Государственный научно-внедренческий центр геоинформационных систем и технологий. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.maps.ggc.ru> (дата обращения 26.05.2022).
11. Рогозин А.А. Береговая зона Байкала и Хубсугула: морфология, динамика и история развития. – Новосибирск: Наука, 1993. – 168 с.
12. 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.
13. Ильичёва 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.
14. Иметхенов А.Б. Катастрофические явления в береговой зоне Байкала. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. пед. ин-та., 1994. – 85 с.
15. Альбом карт «Хамар-Дабан». М 1: 200000. ВТУ ГШ. Составлено по материалам съемки 1982 г. Подписано в печать 10.12.1996.

16. Ильичёва Е.А., Корытный Л.М., Павлов М.В. Русловая сеть дельты р. Селенги на современном этапе // Вестн. Томск. ун-та. – 2014. – № 380. – С. 190-194.
17. Власова Л.К. Речные наносы озера Байкал. – Новосибирск: Наука, 1983. – 132 с.
18. Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал / Редакторы: А.К. Тулохонов, А.М. Плюснин/ – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 314 с.
19. Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане. – Л.: Недра, 1987. – 237 с.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. Иметхенов, А.Б. Памятники природы Бурятии / А.Б. Иметхенов. – Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1990. – 156 с.
24. Кислов, Е.В. Памятники природы Северо-Байкальского района / Е.В. Кислов. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2001. – 100 с.
25. Санданов, Д.В. Онтогенетическая структура и особенности экологии местообитаний *Craniospermum subvillosum* (Boraginaceae) на восточном побережье оз. Байкал / Д.В. Санданов, С.Б. Будаева, Ж.Б. Алымбаева // Ботанический журнал. – 2014. - Т. 99, №8. - С. 922-930.
26. Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Улан-Удэ : Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2013. – 238 с.
27. Бухарова Е.В. Редкие растения островной флоры Забайкальского национального парка / Е. В. Бухарова // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. – 2017. – № 3. – С. 3-9.
28. Бухарова Е.В. Злаки Баргузинского заповедника / Е. В. Бухарова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 3-2. – С. 810-813.
29. Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования : Приказ Министерства природных ресурсов Республики Бурятия от 30.11.2020 года № 480-ПР // Электронный фонд правовых и нормативно–технических документов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/571063841> (дата обращения 26.05.2022).

30. Wlosinski, J.H. Effects of water levels on ecosystems: An annotated bibliography / J.H. Wlosinski, E.R. Koljord. – U.S. Geological Survey, Environmental Management Technical Center, Onalaska, Wisconsin, 1996. – 261 p.

31. Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал / А.А. Атутов, Н.М. Пронин, А.К. Тулохонов [и др.]. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. – 236 с.

32. Гидроэнергетика и Байкал : Часть 1. Оценка экономического ущерба в связи с изменением уровня озера Байкал. – Улан-Удэ : БИП СО РАН, 1996. – 46 с.

33. Влияние изменения уровня воды в озере Байкал на состояние экосистемы озера, определение ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежных территорий Республики Бурятия, Иркутской области в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС : отчет о НИР (промежуточный, 1 этап). – Иркутск, 2022. – 484 с.

34. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам : Приказ Минприроды России от 08.12.2011 № 948 : с изм. на 17 ноября 2017 г. // Гарант: [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/70132926/> (дата обращения 26.05.2022).

35. Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания N 107 от 28 апреля 2008 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12061284/> (дата обращения 26.05.2022).

## **Раздел 2.1 (ИДСТУ СО РАН)**

1. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий, ВИЭМС, Москва, 2006.

2. Приказ Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238 «Об утверждении Методики исчисления вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды».

3. Постановление Правительства №1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам, вследствие нарушения лесного законодательства».

4. Постановление правительства РФ № 310 «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности», Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины).

5. Приказ Минприроды России от 08.12.2011 № 948 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам".

6. Приказ Росрыболовства от 06.05.2020 № 238 "Об утверждении Методики определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их

обитания и разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния".

7. Приказ Минприроды России от 28.04.2008 № 107 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания".

8. Методические указания к определению стоимости и временные расценки полного археологического исследования неолитических поселений, разрушающихся при производстве различных строительных работ / АН СССР, Ин-т археологии. - М.: Наука, 1987. - 14 с.

9. Нормативный сборник на археологические изыскательские и научно-исследовательские работы СНАИНИР-93. Утвержден приказом Министерства культуры Российской Федерации от 14 декабря 1993 года № 765.

10. Приказ Федерального агентства водных ресурсов от 9 октября 2020 г. № 236 «Об утверждении регламента формирования бюджетных проектировок Федерального агентства водных ресурсов на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов в части мероприятий, реализация которых предполагается за счет субвенций, предоставляемых из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на осуществление отдельных полномочий Российской Федерации в области водных отношений, на реализацию федеральных проектов «Оздоровление Волги» и «Сохранение уникальных водных объектов», а также за счет субвенций, предоставляемых бюджетам Республики Крым и города федерального значения Севастополя на осуществление части полномочий Российской Федерации в области водных отношений».

11. Приказ Федерального агентства водных ресурсов от 15 октября 2020 г. №244 «Об организации работы по формированию и рассмотрению предложений в отношении расходов инвестиционного характера, направленных на реализацию объектов капитального строительства (реконструкции), к проекту федерального закона о федеральном бюджете на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов».

12. Постановление Правительства РФ от 13.08.1997 № 1009 «Об утверждении Правил подготовки нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти и их государственной регистрации».

13. Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Оценка достижения целей, задач и показателей, предусмотренных документами стратегического планирования, а также оценка результатов принятых мер по ликвидации дефицита водных ресурсов, обеспечению защищенности от негативного воздействия вод». 26 мая 2022. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ach.gov.ru/checks/vodnogoe-khozaystvo> (дата обращения 12.11.2022).

14. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 сентября 2006 г. № 108 «О средней рыночной стоимости 1 квадратного метра общей площади жилья по субъектам Российской Федерации на IV квартал 2006 года».



15. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 20 сентября 2022 г. № 773/пр “О показателях средней рыночной стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по субъектам Российской Федерации на IV квартал 2022 года”.
16. ГОСТ Р 59241-2020 «Берегозащитные сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». – 2020. – 32 с. [Электронный ресурс]. – URL: [https://allgosts.ru/93/160/gost\\_r\\_59241-2020.pdf](https://allgosts.ru/93/160/gost_r_59241-2020.pdf). (дата обращения 12.11.2022).
17. Свод правил СП 100.133302016 Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050590>. (дата обращения 12.11.2022).
18. О внесении изменений в постановление Администрации МО «Кабанский район» от 01.09.2011 г. № 1767 «Об утверждении Порядка оказания материальной помощи гражданам района»: Постановление Администрации МО СП «Кабанское» от 15.09.2021 № 1227.
19. Распоряжение Прибайкальской районной администрации от 06.09.2021 № 288.
20. О Положении о резервном фонде Правительства Республики Бурятия по ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий: Постановление Правительства Республики Бурятия от 10.09.2007 № 280 : с изм. на 1 мая 2020 г. // МЧС России. Главное управление по Республике Бурятия. [Электронный ресурс]. – URL: <https://03.mchs.gov.ru/documents/territorialnoe-zakonodatelstvo/normativnye-pravovye-akty-v-oblasti-zashchity-naseleniya-i-territoriy-ot-chs/postanovlenie-pravitelstva-respubliki-buryatiya-ot-10-09-2007-280-red-ot-01-05-2020-o-polozhenii-o-rezervnom-fonde-pravitelstva-respubliki-buryatiya-po-likvidacii-chrezvychaynyh-situaciy-i-posledstviy-stihiynyh-bedstviy>. (дата обращения 25.08.2022).
21. Справочные материалы к заседанию Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал 22 января 2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: <http://geol.irk.ru/baikal/law/mlawmcom/deyatelnost-komissii>. (дата обращения 12.11.2022).
22. Борисова, Т.А. Лесные пожары в Бурятии: причины и следствия / Т.А. Борисова // Вестник ВГУ. Серия: География, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 78-84.
23. Иметхенов, А.Б. О катастрофических последствиях понижения уровня озера Байкал / А.Б. Иметхенов // Актуальные вопросы техносферной безопасности: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции (Максимиха, 15-18 сентября 2015). – Улан-Удэ: Изд-во Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, 2015. – С. 63-68.
24. United Nations University (2006) Water-Related Risk Management in Urban Agglomerations, Institute for Environment and Human Security.
25. Справочное пособие по экологической оценке, Технический документ Всемирного банка. - Т. 2. - 1999. – 76 с.

26. Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования : Приказ Министерства природных ресурсов Республики Бурятия от 30.11.2020 года № 480-ПР // Электронный фонд правовых и нормативно–технических документов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/571063841>. (дата обращения 26.05.2022).

27. Приказ Минсельхоза России от 31.03.2020 № 167 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам" (Зарегистрировано в Минюсте России 15.09.2020 N 59893).

28. Приказ министерства природных ресурсов и экологии Иркутской области от 11.08. 2022 N 66-42-МПП «Об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения Иркутской области по состоянию на 01.05.2020. [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/405172607/> (дата обращения 11.07.2022).

29. Приказ Минприроды РФ от 25 января 1993 г. N 15 «Об утверждении Положения о памятниках природы федерального значения в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/2107074> (дата обращения 11.07.2022).

30. Козырева Е. А., Рыбченко А. А., Мазаева О. А., Хак В. А., Кадетова А. В. Опасные инженерно-геологические процессы в зоне влияния Байкало-Ангарской гидротехнической системы // ГеоРиск. – 2012. – №3. – С. 38-50.

## **Раздел 2.4 (ИСЭМ СО РАН)**

1. Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского). – М: Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР, 1988. – 64 с.

2. Абасов Н.В., Осипчук Е.Н., Никитин В.М., Бережных Т.В. Формирование и визуализация зон затопления в нижнем бьефе Иркутской ГЭС // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Вып. 1, 2015 г. / Отв. ред. И.В. Бычков, А.Л. Казаков. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 6-12.

3. Абасов Н.В., Осипчук Е.Н., Никитин В.М., Бережных Т.В., Хмельнов А.Е., Гаченко А.С. Система моделей для анализа рисков экстремальной водности на реке Ангаре // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. Вып. 2, 2017 г. / Отв. ред. И.В. Бычков, А.Л. Казаков. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. С. 5–11.

4. Осипчук Е.Н., Абасов Н.В. Моделирование долгосрочных режимов ГЭС с применением метамоделей и прогностических показателей притока // Сборник материалов Второй Всероссийской науч.-практ. конф. "Гидроэлектростанции в XXI веке" / под. ред. С.А. Подлесного, В.Б. Затеева. – Саяногорск; Черемушки: Сиб. федер. унив-т; Саяно-Шушенский филиал, 2015. С. 17-21.

5. Abasov N.V., Nikitin V.M., Osipchuk E.N. A System Of Models To Study Long-Term Operation Of Hydropower Plants In The Angara Cascade // Energy Systems Research. Vol.2. No.2. 2019. P.5-18. DOI: 10.25729/esr.2019.02.0001.

6. E.N. Osipchuk, V.M. Nikitin, and N.V. Abasov. Possibilities of Enhancing the Efficiency of the Angara Cascade of Hydroelectric Power Plants // Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1652, 2020. p.9. DOI:10.1088/1742-6596/1652/1/012022.

## **Раздел 2.5 (ИДСТУ СО РАН)**

1. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. М.: Минприроды России и Роскомзем, 1994. [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294845/4294845896.htm>. (дата обращения 11.07.2022).

2. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, утвержденная приказом Минприроды России от 08.07.2010, № 238. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668>. (дата обращения 11.07.2022).

3. Угрюмов Б. И. Даниленко О. К. Прогноз изменения древесной растительности под влиянием затопления ложа Богучанского водохранилища // Лесной вестник. – 2007. – № 4. – С. 32-37.

4. Фефелов И. В. Динамика численности водоплавающих птиц // Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. – Новосибирск: СО РАН, 1999. – С. 154-164.

5. Постановление Правительства РФ от 13 июля 2020 г. N 1039 «Об утверждении Правил определения платы для физических лиц, не проживающих в населенных пунктах, расположенных в границах особо охраняемых природных территорий, за посещение особо охраняемых природных территорий и установления случаев освобождения от взимания платы». [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/74374474/> (дата обращения 11.07.2022).

6. Указ Президента РФ от 20.02.1995 г. N 176 «Об утверждении Перечня объектов исторического и культурного наследия федерального (общероссийского) значения». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/7555> (дата обращения 11.07.2022).

7. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий, ВИЭМС, Москва, 2006.

8. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/10107990/> (дата обращения 11.07.2022).

9. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 406-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/70552582/> (дата обращения 11.07.2022).

10. Постановление Правительства РФ от 13 июля 2020 г. N 1039 «Об утверждении Правил определения платы для физических лиц, не проживающих в населенных пунктах, расположенных в границах особо охраняемых природных территорий, за посещение особо охраняемых природных территорий и установления случаев освобождения от взимания платы». [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/74374474/> (дата обращения 11.07.2022).

11. Приказ министерства природных ресурсов и Экологии РФ от 9.09.2020 г. №667 «Об утверждении Порядка согласования, устанавливаемого Федеральным государственным бюджетным учреждением, подведомственным Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации, размера платы за посещение физическими лицами особо охраняемых природных территорий федерального значения, находящихся в ведении Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/400286526/> (дата обращения 12.07.2022).

12. Директор «Заповедного Прибайкалья» о плате за посещение: «Это и необходимость, и требование времени» // Федералпресс, 28 января 2021 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://fedpress.ru/interview/2665856> (дата обращения 12.07.2022).

13. Козырева Е. А., Рыбченко А. А., Мазаева О. А., Хак В. А., Кадетова А. В. Опасные инженерно-геологические процессы в зоне влияния Байкало-Ангарской гидротехнической системы // ГеоРиск. – 2012. – №3. – С. 38-50.

14. Приказ министерства природных ресурсов и экологии Иркутской области от 11.08. 2022 N 66-42-МПП «Об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения Иркутской области по состоянию на 01.05.2020. [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/405172607/> (дата обращения 11.07.2022).

15. Закон Республики Бурятия от 29.12.2005 № 1438-III «Об особо охраняемых природных территориях Республики Бурятия».

16. Lake Baikal–Documents–UNESCO World Heritage Centre. [Электронный ресурс]. – URL: <http://whc.unesco.org/en/list/754/documents/> (дата обращения 12.11.2022).

17. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2399 "Об утверждении перечня видов деятельности, запрещенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории".

18. Постановление Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 № 234 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности».

19. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.07.2016 № 626 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2016-2017 годах» .

20. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.12.2017 № 1667 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2018-2020 годах».

21. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.04.2021 № 654 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2021 году».

22. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.03.2022 № 379 «О максимальных и минимальных значениях уровня воды в озере Байкал в 2022-2023 годах».

23. Приказом Минприроды России от 21 февраля 2020 года № 83 «Об утверждении нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал и перечня вредных веществ, в том числе веществ, относящихся к категориям особо опасных, высокоопасных, опасных и умеренно опасных для уникальной экологической системы озера Байкал» (Зарегистрировано в Минюсте России 23.04.2020 N 58181).

24. Федеральный закон от 21.12.2004г. №172-ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую». [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/12138154/> (дата обращения 11.07.2022).

25. Постановление Арбитражного суда Западно-Сибирского округа от 02.02.2021 № Ф04-6056/2020 по делу № А707848/2020; Постановление Арбитражного суда Западно-Сибирского округа от 20.01.2021 № Ф04-6054/2020 по делу № А70-2910/2020.

### **Раздел 3.1 (ИСЭМ СО РАН, ЛИИ СО РАН)**

1. Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории» / под ред. И.В. Бычкова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2022. – 345 стр.

2. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразований. СПб: ВУС, 1999. - 204 с.

3. Абасов Н.В. Система долгосрочного прогнозирования и анализа природообусловленных факторов энергетики ГеоГИПСАР // Материалы межд. совещ. APN (MAIRS/NEESP/SIRS) «Экстремальные проявления глобального изменения климата на территории Северной Азии». – Иркутск, Томск: ENVIROMIS. 2012. – С. 63–66.

4. Абасов Н.В., Ветрова В.В. О применении вейвлет преобразований для анализа геоклиматических данных // Тр. XIII Байк. Всерос. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Т.2. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2008. С. 60-66.

5. Арсеньева Н.М. и др. Сейши на озерах СССР. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1963. – 184 с.

6. Судольский А.С. Динамические явления в водоемах. – Л., Гидрометеиздат, 1991. – 263 с.

7. Верболов В.И. О Байкальских сейшах // Сейши на озерах, поверхностные и внутренние. – Л.: Наука, 1970. – С.50-52.

8. Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Гранин Н.Г., Жданов А.А., Кучер К.М., Бойко Е.В., Тимофеев А.В. Деформация ледового покрова, приливные и собственные колебания уровня озера Байкал // Физ. мезомех. - 2010. - Т. 13. - № Спец. выпуск. - С. 58-71.

9. Шерстянкин П.П., Алексеев С. П., Абрамов А. М., Ставров К. Г., Де Батист М., Хус Р., Канальс М., Касамор Х. Л. Батиметрическая электронная карта озера Байкал // Доклады Академии Наук. – 2006. – Т. 408. – №1. – С. 102-107.

10. Смирнов С.В., Кучер К.М., Гранин Н.Г. и др. Сейшевые колебания Байкала // Известия РАН. – 2014. – Т. 50. – №1. – С. 105-116.

### **Раздел 3.2 (ГГИ, ЛИИ СО РАН)**

1. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов. Утверждено постановлением Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219.

2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 384 с.

3. РД 52.08.872-2018 Оперативный учет стока на водотоках. Методы обработки наблюдений за уровнями и расходами воды СПб: ФГБУ «ГГИ», 2018. – 107 с.

4. РД 52.08.887-2019. Обработка данных наблюдений за уровнями воды на реках и каналах при подготовке справочных изданий водного кадастра. -СПб: ФГБУ ГГИ,-2000.- 27 с.

5. РД 52.08.915–2021 Обработка и обобщение данных наблюдений за стоком воды на реках и каналах при подготовке справочных изданий водного кадастра – СПб: ФГБУ «ГГИ», 2021. – 206 с.

6. Makarov M.M., Aslamov I.A., Gnatovsky R.Yu. Environmental Monitoring of the Littoral Zone of Lake Baikal Using a Network of Automatic Hydro-Meteorological Stations: Development and Trial Run // Sensors. 2021. – V. 21. – № 22. – P. 7659. DOI: 10.3390/s21227659.

7. Шерстянkin П.П., Алексеев С. П., Абрамов А. М., Ставров К. Г., Де Батист М., Хус Р., Канальс М., Касамор Х. Л. Батиметрическая электронная карта озера Байкал // Доклады Академии Наук. – 2006. – Т. 408. – №1. – С. 102-107.

8. Лоция и физико-географический очерк озера Байкал / Под ред. ген.-майора Ф.К. Дриженко. – С.-Петербург, 1908. – (7), XXXIII. – 4. – 443 с.

### **Раздел 3.3 (ГГИ, ИСЭМ СО РАН)**

1. 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: Отчет о НИР/ИДСТУ СО РАН; Руководитель И.В.Бычков FWEW-2021-0009.- Иркутск,-2022.-484 с.

2. Методические указания управлениям Гидрометслужбы № 90. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 103 с.

3. Водный баланс оз. Байкал. 1976 г.; Технический отчет/Иркутское управление гидрометслужбы. Иркутская гидрометеорологическая обсерватория-Иркутск.-1977.

4. О гидрологических работах в дельте реки Селенги: Технический отчет/ Забайкальское территориальное управление по гидрометеорологии. Устьевая станция Кабанск; Начальник Забайкалгидромета В.М.Трухин.-Кабанск,- 1989. -70с.
5. Физико-географические условия формирования стока рек северо-восточного побережья оз. Байкал: Технический отчет/ Иркутское территориальное управление по гидрометеорологии. Гидрографическая партия; Начальник партии Е.Г.Кара.-Иркутск,- 1990. -196с.
6. Гидрологический ежегодник. Том 7. Бассейн Карского моря (восточная часть). Выпуск 2-4. Бассейн Ангары./М.:Гидрометеоздат,- 1960-1980 гг.
7. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1, выпуск 13-15. Бассейн р.Ангары, оз.Байкал и р.Лены (верхнее течение). Часть 2 Озера и водохранилища./Иркутск: Иркутское УГМС,- 1981-2020 гг.
8. РД 52.04.563-2013 «Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями». – Взамен РД 52.04.563–2002 «Инструкция. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения»; введ. 2014-04-07.
9. СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий». – М.: Стандартинформ. – 2018. – 43 с.
10. СП 482.1325800.2020 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ – М.: Стандартинформ. – 2020. – 46 с.
11. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.
12. Федеральный закон от 29.12.2004 №190-ФЗ(ред. 02.08.2019) «Градостроительный кодекс Российской Федерации».



ПРИЛОЖЕНИЕ А1

Таблица 1 – Характеристика интенсивности экзогенных процессов в береговой зоне Байкала и прилегающих территорий (Иркутская область)

Номер участка, км	Тип побережья Динамический/ Морфогенетический	Опасные гидрологические явления (ОЯ)	Характер берегового процесса	Риск возникновения опасных экзогенных процессов и тип риска, характер распространения*	Площадь затопления при максимальном подъеме уровня, км <sup>2</sup>	Прогноз максимального переформирования берегов, м	Скорость отступления берегов (ширина активной зоны/50 лет), м/год
1 (1-21)	Абразионно-аккумулятивный/ Полигенетический	Наводнения и паводки рр. Снежная, Хара-Мурин. Простые с аккумулятивным выступом или устьевым расширением	Абразия шлейфов и озерных террас; аккумуляция	ВвII ЕвIIРдIVSvV	0,4	До 40 м (в устьях до 600м)	0,4
2 (21-28)	Абразионный/ Структурно-денудационный	ОЯ нет Ручьи и реки 1-2 порядка. Простые, однорукавные	Абразия шлейфов и озерных террас	FвIV OвIVSвIVLдIV ВвII ЕвIIQвIII	0,06	до 20 м	0,17
3 (28-48)	Абразионно-аккумулятивный/ Полигенетический	Наводнения и паводки рр. Утулик, Солзан и ручьи и реки 1-2 порядка. Простые с аккумулятивным выступом или устьевым расширением	Абразия шлейфов и озерных террас; аккумуляция	ЕвIIРдIV	0,3	До 50 м (в устьях до 1 км)	0,34
4 (48-72)	Абразионный/Структурно-денудационный	Наводнения и паводки р. Безымянная, ручьи и реки 1-3 порядка. Простые с аккумулятивным выступом или устьевым расширением	Абразия шлейфов и озерных террас	ЕсII, OдIVQдIII FвIV Sдiv	0,2	До 14 м (в устье до 900м)	0,15
5 (72-83)	Абразионно-аккумулятивный/ Полигенетический	рр. Култучная, Похабиха, ручьи и реки 1-2 порядка Простые с аккумулятивным выступом или устьевым расширением	Абразия шлейфов и озерных террас	ЕвII, OвIVQдIII FвIV SвIV	0,12	до 25 м (в лиманах и устьях до 700м)	0,2

Номер участка, км	Тип побережья Динамический/ Морфогенетический	Опасные гидрологические явления (ОЯ)	Характер берегового процесса	Риск возникновения опасных экзогенных процессов и тип риска, характер распространения*	Площадь затопления при максимальном подъеме уровня, км <sup>2</sup>	Прогноз максимального переформирования берегов, м	Скорость отступления берегов (ширина активной зоны/50 лет), м/год
6 (83-131)	Абразионный/ Структурно- Денудационный	ОЯ нет рр. Ангасолка, Шабартуй, Маритуй, пади Семафорная, Козличная, Кругая Губа, водотоки 1-2 порядков. Простые однорукавные с устьевым расширением, эстуарный тип	Подмыв оснований склонов	FвIV ОвIVSдIV BвII ЕвIIQвIII	0,2	До 12 м	0,07
7 (131-134)		ОЯ нет р. Половинная, эстуарный тип. Простые однорукавные устьевые системы на конусах выноса		ВII ОвIVEвII ОвIV	0,05	Практически неразмываемые в устье до 50 м	-
8 (134-171)		ОЯ нет Водотоки 1-3 порядков, реки и пади. Простые однорукавные устьевые системы		РдIV OcIV + ВII ОвIVEвII	0,1	До 12 м практически неразмываемые	0,01
9 (171-174)	Абразионный/ Структурно- денудационный	ОЯ нет Исток р. Ангары	Подмыв оснований склонов	-	-	Практически неразмываемые	-
10 (174-222)	Абразионный/ Структурный и Структурно- денудационный	ОЯ нет Водотоки 1-3 порядков, реки, пади. Простые однорукавные устьевые системы	Подмыв оснований склонов	РдIV ОвIVEвIISдV	0,19	До 111 м (в бухтах) практически неразмываемые	0,08
11 (222-236)	Аккумулятивный/ Потамогенный, Полигенетический	Наводнения и паводки р. Голоустная и водотоки 1-2 порядков. Многорукавная псевдо-дельта с фитогенным берегом	Аккумуляция; абразия шлейфов и озерных террас	ЕвII ВII	2,5	До 500 м в протоках устьевой системы	0,19 компенсируется аккумуляцией речных и вдольбереговых наносов

Номер участка, км	Тип побережья Динамический/ Морфогенетический	Опасные гидрологические явления (ОЯ)	Характер берегового процесса	Риск возникновения опасных экзогенных процессов и тип риска, характер распространения*	Площадь затопления при максимальном подъеме уровня, км <sup>2</sup>	Прогноз максимального переформирования берегов, м	Скорость отступления берегов (ширина активной зоны/50 лет), м/год
12 (236-304)	Абразионный/ Структурно-денудационный	ОЯ нет Водотоки 1-3 порядков, реки, пади. Простые однорукавные устьевые системы	Подмыв оснований склонов	РдIV ОбIVЕвIISдV	0,14	До 50 м метров в бухтах практически неразмываемые	0,04
13 (304-307)	Аккумулятивный/ Потамогенный, Полигенетический	р. Бугульдейка Тип эстуарно-дельтовый с дельтой заполнения	Аккумуляция; абразия шлейфов и озерных террас	ЕвII ВII	1,8	До 700 м	0,17 компенсируется аккумуляцией речных и вдольбереговых наносов
14 (307-356)	Абразионный/ Структурный	ОЯ нет Водотоки 1-3 порядков, реки, пади. Простые однорукавные устьевые системы	Подмыв оснований склонов	ОбIVЕвII	0,08	До 20 м на косах практически неразмываемые	0,03
15 (356-362)	Аккумулятивный/ Потамогенный, Полигенетический	р. Анга Эстуарно-дельтовый с дельтой заполнения	Аккумуляция; абразия шлейфов и озерных террас	ЕвII ВII	3,4	До 500 м	0,15 компенсируется аккумуляцией речных и вдольбереговых наносов
16 (362-455)	Абразионный/ Структурный	ОЯ нет Водотоки 1-3 порядков, реки, пади. Простые однорукавные устьевые системы	Подмыв оснований склонов	ОбIVЕвII	0,01	До 82 м в бухтах практически неразмываемые	нет

Номер участка, км	Тип побережья Динамический/ Морфогенетический	Опасные гидрологические явления (ОЯ)	Характер берегового процесса	Риск возникновения опасных экзогенных процессов и тип риска, характер распространения*	Площадь затопления при максимальном подъеме уровня, км <sup>2</sup>	Прогноз максимального переформирования берегов, м	Скорость отступления берегов (ширина активной зоны/50 лет), м/год
17 (455-463)	Аккумулятивный /Потамогенный, Полигенетический	р. Сарма Многорукавная псевдо-дельта на конусе выноса с фитогенным берегом	Аккумуляция; абразия шлейфов и озерных террас	ЕвII КвIVВвIIДвIISд,а V	3,3	До 400 м	0,16 компенсируется аккумуляцией речных и вдольбереговых наносов
18 (463-600)	Абразионный и Абразионно-аккумулятивный/ Структурный и Структурно-денудационный	ОЯ нет Водотоки 1-3 порядков, реки, пади. Простые однурукавные, малорукавные на конусах выноса устьевые системы. Лагуны, отшнурованные косами и барами, конусами	Абразия шлейфов и озерных террас; подмыв оснований склонов	ЕвII КвIVВвIIДвIISд,а V	9,1	До 500 м в лагунах в среднем до 14 м	1,36
19 (600-622)	Абразионный/ Структурный	ОЯ нет Пади малых и временных водотоков 1 порядка. Простые однурукавные и малорукавные устьевые системы на конусах выноса	Подмыв оснований склонов	ЕвII КвIVВвIIДвIISд,а V	0,2	В среднем до 18 м	0,18
20 (622-700)	Абразионно-аккумулятивный/ Полигенетический	ОЯ нет Водотоки 1-3 порядков, реки, пади. Простые однурукавные, малорукавные на конусах выноса устьевые системы. Лагуны, отшнурованные косами и барами	Абразия шлейфов и озерных террас; подмыв оснований склонов	ЕвIV ОвIVSдIVLдIV ЕвIIQвIII	6,7	До 305 в лагунах в среднем до 20 м	1,24

Номер участка, км	Тип побережья Динамический/ Морфогенетический	Опасные гидрологические явления (ОЯ)	Характер берегового процесса	Риск возникновения опасных экзогенных процессов и тип риска, характер распространения*	Площадь затопления при максимальном подъеме уровня, км <sup>2</sup>	Прогноз максимального переформирования берегов, м	Скорость отступления берегов (ширина активной зоны/50 лет), м/год
<b>Остров Ольхон</b>							
21 С-З побережье (мыс Хорогой- мыс Хобой) 86 км	Абразионно- аккумулятивный/ Полигенетический	ОЯ нет Малые и временные водотоки 1-2 порядков, оз. Ханхой, Муку-Нур, Нурское Простые однорукавные устьевые системы	Подмыв оснований склонов	$O_B^{IV}E_B^{II}$	0,8	В среднем 10 м максимально 800 м в лагуне	0,19
22 Ю-В побережье (мыс Хобой- Падь Хурай- Хылзын) 88 км	Абразионный/ Структурно- денудационный		Подмыв оснований склонов	$P_D^{IV}O_B^{IV}E_B^{II}Q_B^{III}$	0,6	В среднем 6 м максимально 24 м в бухтах практически неразмываемые	0,12
23 Падь Хурай- Хылзын- мыс Хорогой 48 км	Абразионный/ Структурный		Подмыв оснований склонов	$P_D^{IV}O_B^{IV}E_B^{II}Q_B^{III}$	0,16	В среднем до 3 м, максимально до 19 м. Практически неразмываемые	0,07

Примечания: \* - Риск возникновения опасных экзогенных процессов и тип риска. Характер распространения.

Процесс: S – сели, L – лавины, E – эрозия (в том числе и водная), O – обвально-осыпные процессы, P – оползни, F – сплывы, Q – курумы, D – дефляция, B – болота, процессы заболачивания, K – карст, П – суффозионно-просадочные процессы.

Тип риска: а – одноразовый, б – скрытый, в – постоянный, д – переменный.

Характер распространения: I – линейный, II – площадной, III – полосообразный, IV – точечный, V – единичный.

Таблица 2 – Районирование Иркутского водохранилища по степени опасности возникновения и развития опасных геологических процессов

№, название участка	Километра ж (от 0 км)	Геологическое строение	Тип рельефа	Формы рельефа (мезо-микронанорельеф)	Тип берега	Группы процессов
Истоковый район (правый берег)						
1 (Исток – пристань «Ракета» (бывш.))	0-1,5	Метаморфизированные породы докембрия	Горы с мягко очерченными вершинами и неглубокими долинами. Денудационные склоны средней крутизны	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Неразмываемые берега	Гравитационно-склоновый, в том числе склоновый водно-эрозионный, плоскостной смыв
2 (Пристань «Ракета» (бывш.) – пос. Большая Речка)	1,5-10	Песчано-суглинисто-галечные отложения	Горы с мягко очерченными вершинами и неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Абразионные берега (средние скорости отступления берегового уступа до 1 м год)	Абразия; склоновый водно-эрозионный, эоловый, заболачивание (фитогенный)
Средний район (правый берег)						
3 (пос. Большая Речка – пос. Тальцы)	10-17	Породы юры, четвертичные отложения, суглинки лессовидные, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Абразионные берега (средние скорости отступления берегового уступа до 1-2 м в год), (участок пос. Бол. Речка)	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)
4 (пос. Тальцы – пос. Бурдугуз)	17-26	Породы юры, четвертичные отложения, суглинки лессовидные, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами.	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Пос. Тальцы (средние скорости отступления берегового уступа менее 0,5 м в год. Пос. Бурдугуз и Бутырки – средние скорости отступления берегового уступа до 2 м в год, Участки заливов Бурдугуз-снт. (Березка), Малая Грязнуха-Бутырки-свыше 2 м в год)	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)

№, название участка	Километраж (от 0 км)	Геологическое строение	Тип рельефа	Формы рельефа (мезо-микронанорельеф)	Тип берега	Группы процессов
5 пос. Бурдугуз – залив Уладова	26-36	Породы юры, четвертичные отложения, суглинки лессовидные, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Сочетание абразионных берегов (средние скорости отступления берегового уступа до 1 м в год). Участок зал. Бурдугуз-Бурдаковский – средние скорости отступления берегового уступа 1-2 м в год	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)
Приплатинный район (правый берег)						
6 (Залив Уладова-залив Щучий)	36-49	Породы юры, четвертичные отложения, суглинки лессовидные, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Сочетание абразионных берегов (средние скорости отступления берегового уступа до 1 м в год).с небольшими по протяженности участками со средними скоростями отступления берегового уступа 1-2 м в год, максимальные скорости отступления берегового уступа свыше 2 м (заливы Уладова-Долганиха; Еловый-Падь Волчья)	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)
7 (Залив Щучий - плотина ГЭС)	49-55	Породы юры, четвертичные отложения, суглинки лессовидные, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Сочетание абразионных берегов (средние скорости отступления берегового уступа до 1 м в год). с небольшими по протяженности участками со средними скоростями отступления берегового уступа 1-2 м в год (залив Топка - Новоразводная), Максимальные скорости отступления берегового уступа свыше 2 м в год (участок залив Щучий- залив Топка).	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, эоловый, заболачивание (фитогенный)



№, название участка	Километраж (от 0 км)	Геологическое строение	Тип рельефа	Формы рельефа (мезо-микронорельеф)	Тип берега	Группы процессов
<b>Истоковый район (левый берег)</b>						
1 (Исток-падь Сосновая)	0-6	Метаморфизированные породы докембрия	Горы с мягко очерченными вершинами и неглубокими долинами. Денудационные склоны средней крутизны	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Неразмываемые берега	Гравитационно-склоновый, в том числе склоновый водно-эрозионный, плоскостной смыв. Активизация крипа при общем обводнении территории
2 (Падь Сосновая – падь Гробиха)	6-10	Породы юры, четвертичные отложения, суглинки лессовидные, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Абразионные берега (средние скорости отступления берегового уступа до 1 м год)	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)
<b>Средний район (левый берег)</b>						
3 (Падь Гробиха – залив Шалиха)	10-22	Породы юры, четвертичные отложения, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Абразионные берега (средние скорости отступления берегового уступа 1-2 м год)	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)
4 (Залив Шалиха – залив Курминсий)	22-36	Породы юры, четвертичные отложения, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Абразионные берега (средние скорости отступления берегового уступа 1-2 м год)	Абразия, оползание (склоновый гидрогенного сползания), эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)

№, название участка	Километраж (от 0 км)	Геологическое строение	Тип рельефа	Формы рельефа (мезо-микронанорельеф)	Тип берега	Группы процессов
Приплотинный район (левый берег)						
5 (Залив Курминсий – пос. Новогрудинино)	36-43	Породы юры, четвертичные отложения, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Абразионные берега со средними скоростями отступления берегового уступа до 2 м, участок пос. Новогрудинино – свыше 2 м в год	Абразия, оползание (склоновый гидрогенного сползания), эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)
6 (пос. Новогрудинино – плотина ГЭС)	43-55	Породы юры, четвертичные отложения, в долинах притоков – песчано-суглинисто-галечные отложения	Равнины с почти плоскими междуречьями с неглубокими долинами	Долины постоянных и временных водотоков с заболоченными днищами. В устьевых частях притоков формируются аккумулятивные формы: пересыпи, береговые бары	Абразионные берега (средние скорости отступления берегового уступа 1-2 м год)	Абразия, эрозия, склоновый водно-эрозионный, заболачивание (фитогенный)

ПРИЛОЖЕНИЕ А2

Химический состав воды устьевых зон притоков Иркутского водохранилища и оз. Байкал

Местоположение, № точки	Год	рН	O <sub>2</sub> мг/дм <sup>3</sup>	Анионы							Катионы					Сусп, г/дм <sup>3</sup>	Σ, мг/дм <sup>3</sup>	НП мг/дм <sup>3</sup>
				F <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
				мг/дм <sup>3</sup>														
Ручей БН, впадающий в залив Крутой Ключ, д. Новолисиха, коттеджный поселок, сельскохозяйственные поля, 20	2016	8,00	6,10	0,162	104,0	28,1	18,00	0,160	0,41	0,094	40,20	12,80	1,35	10,10	0,50	0,127	185,3	0,007
	2022	8,05	5,99	0,160	106,8	28,40	17,90	0,162	0,40	0,103	40,57	13,94	1,37	10,18	0,52	0,130	215,8	0,008
Устье ручья БН, 21	2016	8,15	10,20	0,169	90,3	20,0	18,05	0,206	0,20	0,016	37,50	9,87	1,50	8,11	0,37	0,124	150,1	0,006
	2022	8,12	8,66	0,173	91,5	19,7	15,51	0,208	0,76	0,120	37,31	10,23	1,43	8,05	0,35	0,126	186,2	0,007
Залив Крутой Ключ, 22	2016	8,28	11,50	0,180	70,1	10,22	12,10	0,231	0,10	0,027	35,10	6,55	1,37	5,70	0,17	0,120	137,3	0,005
	2022	8,26	11,32	0,185	76,3	11,01	13,00	0,254	1,13	0,133	34,04	6,51	1,49	5,92	0,18	0,126	141,8	0,005
Р. Еловая, 25	2016	7,70	13,14	0,605	68,5	3,50	26,17	< 0,04	0,20	0,020	20,50	7,90	0,80	8,10	0,40	0,085	131,2	0,010
	2022	7,72	12,87	0,842	67,1	3,55	26,30	< 0,04	1,13	0,120	21,66	7,42	0,84	8,07	0,35	0,088	136,6	0,012
Устье р. Еловая, 24	2016	7,92	12,51	0,207	70,1	4,01	22,62	0,070	0,11	0,011	23,20	5,95	0,97	6,30	0,31	0,040	125,3	0,008
	2022	7,89	11,86	0,490	68,6	4,09	20,40	0,072	0,56	0,010	23,66	5,93	0,94	6,25	0,26	0,089	133,8	0,009
Залив Еловый, 23	2016	8,10	10,72	0,126	70,8	4,20	14,70	0,168	0	0,012	24,80	4,80	1,00	4,70	0,10	0,091	87,2	0,006
	2022	8,05	10,84	0,153	70,2	4,62	14,50	0,176	0	0,020	25,66	4,43	1,03	4,42	0,16	0,089	125,4	0,006
Р. Королок, 29	2016	7,60	10,20	0,055	30,1	3,90	20,28	0,205	0,70	0,015	23,40	3,90	0,61	3,52	0,40	0,102	120,1	0,007
	2022	7,66	10,08	0,053	30,5	3,91	20,30	0,203	0,75	0,011	23,33	3,58	0,59	3,46	0,52	0,101	87,0	0,007
Устье р. Королок, 28	2016	7,90	8,90	0,111	50,5	16,10	17,10	0,214	0,12	0,011	26,30	3,70	1,00	4,10	0,30	0,150	152,4	0,005
	2022	7,89	8,58	0,115	50,7	16,15	16,11	0,210	1,19	0,010	26,41	3,89	1,01	4,03	0,33	0,149	119,5	0,006
Залив Королок, 30	2016	8,10	7,55	0,171	71,2	29,20	12,05	0,209	1,60	0,011	28,90	4,20	1,50	4,80	0,15	0,198	121,9	0,015
	2022	8,13	7,08	0,176	70,2	28,40	12,00	0,206	1,63	0,010	29,47	4,19	1,42	4,60	0,14	0,196	153,9	0,115
Р. Большая, пос. Большая речка 26	2016	7,93	9,62	0,120	49,21	1,78	10,21	0,213	0,10	0,010	15,12	3,00	1,25	3,70	0,04	0,063	125,4	0,001
	2022	8,36	9,57	0,066	61,0	5,33	17,90	0,214	0,13	0,015	26,92	4,63	0,58	4,95	0,26	0,081	84,7	0,006
Устье р. Большая, 27	2016	8,30	12,80	0,101	63,6	4,68	10,09	0,201	0	0,010	27,10	4,56	0,90	4,80	0,10	0,087	128,9	0,005
	2022	8,33	12,07	0,106	64,05	4,79	14,95	0,204	0,94	0,011	29,73	4,76	0,93	4,79	0,19	0,090	116,1	0,006
Залив Большой, 31	2016	8,20	14,40	0,143	67,0	4,10	9,10	0,190	0	0,010	30,20	4,80	1,00	4,51	0,05	0,080	165,7	0,005
	2022	8,29	14,57	0,145	67,1	4,26	12,00	0,194	1,75	0,012	32,54	4,88	1,27	4,63	0,13	0,090	121,1	0,005

Местоположение, № точки	Год	рН	O <sub>2</sub>	Анионы							Катионы					Сусп, г/дм <sup>3</sup>	Σ, мг/дм <sup>3</sup>	НП мг/дм <sup>3</sup>
				F <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
			мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>														
Р. Тальцинка, 32	2016	7,89	11,81	0,069	70,1	3,50	35,91	< 0,04	0	0,010	30,10	10,81	0,70	3,90	0,40	0,062	122,8	0,004
	2022	7,95	11,80	0,073	73,2	3,55	40,00	< 0,04	0	0,013	33,77	10,09	0,69	3,91	0,44	0,087	155,4	0,005
Устье р. Тальцинка, 33	2016	7,95	11,70	0,127	62,5	2,80	18,10	< 0,04	0	0,042	25,11	7,50	0,90	3,85	0,20	0,020	79,9	0,003
	2022	7,90	11,50	0,131	61,7	2,95	21,01	< 0,04	0,01	0,050	25,02	7,12	0,94	3,70	0,22	0,052	121,1	0,003
Иркутское водохранилище около д. Тальцы, 34	2016	7,90	11,62	0,175	49,0	2,35	3,11	< 0,04	0	0,040	17,05	4,10	1,02	3,44	0,10	0,010	139,2	0,001
	2022	7,85	11,50	0,188	50,2	2,34	2,01	< 0,04	0,01	0,020	16,27	4,15	1,19	3,49	0,10	0,016	80,3	0,001
Р. Бурдугуз, 35	2016	7,75	13,20	0,060	63,2	3,30	32,12	0,240	1,09	0,010	28,20	6,90	0,60	4,70	0,10	0,090	145,6	0,009
	2022	7,80	13,03	0,071	64,1	3,55	30,00	0,242	0,75	0,010	27,79	7,05	0,54	4,68	0,50	0,088	140,5	0,010
Устье р. Бурдугуз, 36	2016	7,91	10,21	0,072	65,1	15,70	25,21	0,230	0,80	0,014	27,90	5,40	0,80	4,51	0,11	0,106	152,0	0,008
	2022	7,92	10,11	0,089	67,1	15,93	21,15	0,229	1,09	0,012	28,65	5,63	0,83	4,64	0,32	0,142	145,8	0,008
Залив Бурдугуз, 37	2016	8,10	7,20	0,110	69,0	28,40	13,53	0,201	0,80	0,010	27,88	4,12	1,21	4,45	0,09	0,204	120,5	0,004
	2022	8,03	7,18	0,106	70,1	28,30	12,30	0,216	1,43	0,015	29,50	4,20	1,12	4,60	0,14	0,196	149,8	0,005
Залив, мкр. Солнечный, стоянки лодок и яхт, 38	2016	8,05	9,75	0,160	65,9	3,15	12,10	< 0,04	0,40	0,010	25,00	4,50	1,08	5,20	0,10	0,080	125,6	0,063
	2022	8,04	9,68	0,166	67,1	3,20	12,00	<0,04	0,50	0,110	26,00	4,81	1,24	5,31	0,12	0,097	117,6	0,114
Залив, пляж на ул. Якоби, 39	2016	8,30	11,96	0,165	72,1	3,60	10,84	0,205	0,98	0,011	25,42	4,30	1,00	4,30	0,11	0,090	143,1	0,055
	2022	8,35	11,84	0,167	73,2	3,92	11,00	0,209	1,13	0,020	25,76	4,47	1,25	4,39	0,15	0,092	123,0	0,116
Р. Курма, 40	2016	8,05	9,10	0,291	82,0	3,61	18,95	< 0,04	0	0,010	22,26	8,90	0,71	5,10	0,40	0,080	131,2	0,003
	2022	8,01	8,76	0,308	82,4	3,55	19,10	<0,04	0	0,010	22,56	9,07	0,65	5,02	0,52	0,096	142,2	0,003
Устье р. Курма, 41	2016	8,09	14,10	0,221	72,9	4,10	15,23	0,168	0,5	0,012	21,24	6,05	0,88	4,42	0,30	0,301	119,1	0,004
	2022	8,03	13,38	0,241	74,7	4,08	15,30	0,170	0,6	0,011	23,56	6,65	0,92	4,66	0,32	0,298	126,0	0,005
Залив Курминский, 42	2016	8,10	14,50	0,165	67,0	4,30	12,14	0,328	0,80	0,012	24,00	4,20	1,20	4,20	0,10	0,482	118,8	0,006
	2022	8,05	18,00	0,173	67,1	4,62	11,50	0,340	1,00	0,010	24,62	4,19	1,18	4,31	0,13	0,500	118,4	0,006
Залив Новогрудиново, 43	2016	8,32	10,11	0,170	63,9	3,27	11,48	0,120	0	0,011	23,83	4,41	1,21	9,10	0,11	0,180	116,3	0,004
	2022	8,31	11,62	0,174	64,1	3,55	11,50	0,123	0	0,010	23,58	4,30	1,23	10,18	0,13	0,189	117,6	0,005

Местоположение, № точки	Год	pH	O <sub>2</sub>	Анионы							Катионы					Сусп, г/дм <sup>3</sup>	∑, мг/дм <sup>3</sup>	НП мг/дм <sup>3</sup>
				F <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
			мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>														
Залив Мельничная падь, 44	2016	8,21	14,40	0,161	66,9	4,10	11,46	< 0,04	0	0,010	22,31	4,50	1,07	4,82	0,10	0,070	109,9	0,003
	2022	8,18	15,41	0,166	67,1	4,26	11,50	<0,04	0,13	0,012	22,63	4,84	1,08	4,50	0,13	0,088	115,4	0,004
Р. Сарма, 45	2016	8,22	10,05	0,096	53,9	3,80	12,90	< 0,04	0	0,013	25,80	7,20	0,65	2,10	0,22	0,079	106,5	0,050
	2022	8,20	9,98	0,100	54,9	3,91	13,50	< 0,04	0,10	0,014	26,94	7,47	0,69	2,05	0,26	0,087	106,6	0,074
Устье р. Сарма, 46	2016	8,27	9,43	0,152	57,9	4,50	13,52	< 0,04	0	0,010	18,73	7,10	0,60	1,60	0,30	0,084	122,5	0,008
	2022	8,25	9,22	0,146	58,0	4,97	13,50	<0,04	0	0,010	19,75	7,28	0,64	1,93	0,37	0,082	104,4	0,009
Оз. Байкал около устья р. Сарма, 47	2016	8,33	10,17	0,080	64,5	3,91	7,3	0,048	1,00	0,011	25,58	10,38	0,79	2,68	0,03	0,070	136,3	0,889
	2022	8,28	9,62	0,078	64,2	2,30	10,05	0,050	6,40	0,010	26,96	6,84	1,89	3,36	0,41	0,080	116,3	0,016
Р. Анга, 49	2016	8,06	8,12	0,330	82,0	3,60	12,20	< 0,04	0	0,010	22,30	6,10	0,90	4,10	0,10	0,090	161,4	0,008
	2022	8,01	8,03	0,337	85,4	3,55	14,50	< 0,04	0,19	0,010	20,54	6,23	0,96	4,00	0,59	0,095	131,6	0,009
Устье р. Анга, 51	2016	8,30	12,10	0,287	95,0	3,58	16,75	< 0,04	0	0,011	20,09	7,11	1,52	5,00	0,52	0,071	120,6	0,007
	2022	8,52	11,05	0,332	94,6	3,55	17,90	<0,04	0,13	0,013	29,50	7,84	1,43	5,04	1,12	0,085	149,8	0,008
Оз. Байкал, около устья р. Анга, 50	2016	8,70	10,22	0,160	65,3	2,50	10,01	< 0,04	0,15	0,010	30,78	4,69	1,98	4,23	0,25	0,130	110,7	0,002
	2022	8,62	10,87	0,159	67,1	4,26	11,00	<0,04	0,13	0,010	27,40	4,23	1,35	4,49	0,52	0,085	119,8	0,009
Р. Бабха, 64	2016	7,95	10,96	0,097	62,0	3,70	10,87	< 0,04	0,15	0,012	25,05	4,10	1,10	2,70	0,01	0,041	64,5	0,005
	2022	7,97	10,92	0,106	61,0	3,55	11,00	< 0,04	0,13	0,011	24,35	4,21	1,04	2,96	0,37	0,047	109,7	0,004
Устье р. Бабха, 65	2016	7,61	10,71	0,062	24,0	1,79	10,01	< 0,04	0,21	0,010	9,25	2,43	1,49	1,53	0,01	0,031	137,1	0,004
	2022	7,90	10,43	0,040	30,5	4,97	12,50	< 0,04	0,20	0,014	11,45	2,68	1,03	1,08	0,15	0,046	50,7	0,006
Оз. Байкал, около устья р. Бабха, 66	2016	7,84	10,74	0,073	58,3	2,14	1,01	< 0,04	0,10	0,020	18,37	7,56	0,81	0,66	0,02	0,036	128,9	0,005
	2022	8,15	10,75	0,063	60,1	1,78	1,20	< 0,04	55,00	0,020	12,71	2,49	0,96	2,38	0,48	0,034	89,0	0,026

Местоположение, № точки	Год	рН	O <sub>2</sub> мг/дм <sup>3</sup>	Анионы							Катионы					Сусп, г/дм <sup>3</sup>	Σ, мг/дм <sup>3</sup>	НП мг/дм <sup>3</sup>
				F <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
				мг/дм <sup>3</sup>														
Р. Утулик около деревни, 67	2016	8,22	8,10	0,087	21,3	2,86	20,01	0,05	0,10	0,010	27,00	1,51	1,73	2,88	0,40	0,043	95,051	0,000
	2022	8,16	8,84	0,063	48,8	4,97	36,50	< 0,04	1,50	0,011	28,15	6,80	0,73	0,33	1,10	0,045	77,9	0,006
Устье р. Утулик, 68	2016	8,33	10,17	0,087	31,2	2,68	3,01	< 0,04	0,25	0,010	23,32	3,35	1,93	2,00	0,18	0,048	90,4	0,012
	2022	8,20	10,03	0,089	50,4	4,62	4,05	< 0,04	0,74	0,012	24,98	5,45	1,30	2,70	0,71	0,046	68,0	0,009
Оз. Байкал, около устья р. Утулик, 69	2016	7,91	12,22	0,158	55,0	1,78	3,54	< 0,04	0,05	0,012	23,60	5,95	5,03	3,49	0,15	0,041	118,9	0,000
	2022	8,37	11,24	0,114	51,9	4,26	4,00	< 0,04	0	0,015	21,82	4,10	0,87	3,06	0,32	0,046	98,6	0,012
Базовые уровни содержания*																		
Оз. Байкал, Вотинцев, 1940-е-1950-е гг. [1]	7,17 8,40	9,61 14,63	-	64,4 73,2	1,4 средне е	4,2 5,4	-	-	-	14,7 15,9	2,6 5,3	сумма К=Na 5,8, среднее		-	-	94,2 среднее	-	
Прибрежные озера Байкала, Коряков и др., 1957 г.[2]	-	-	-	15,1 98,8	0,17 4,50	1,7 24,7	-	-	-	2,57 17,56	0,88 28,49	1,95-84,28		-	-	-	-	
Водоемы побережья Байкала, Киевская, Иванова, [3]	-	-	-	164,7 средне е	0,90 0,18	1,7 средне е	-	-	-	24,64 средне е	15,21 средне е	15,2 среднее		-	-	-	-	
Исток Ангары, Гребенщикова, 1950-2009 [4]	7,08 8,5	10,1 14,4	-	62,7 67,5	0,37 0,90	3,44 6,70	-	-	-	14,6 1,68	2,0 3,6	3,47-5,60		-	-	92 98	-	
Правые притоки Ангары, Рязанцев, Загорулько [5]	6,4 7,6	-	0,07 0,28	17,6 156,6	0,65 3,75	12 48	0 0,001	0,20 4,40	0,013 0,067	6,0 36,4	3,1 11,9	0,03 2,83	2,17 6,86	0 0,07	-	52 225	-	
ПДК, ОДК, ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03[6]	-	-	0,7- 1,5	-	350	500	-	130	-	-	-	-	180	-	-	-	0,05	
ПДК, СанПиН 1.2.3685-21 [7]	6,0- 9,0	≥4	1,5	-	350	500	3	45	-	-	50	-	200	1,5	-	1500	0,10	

Примечание: \* - на основании [1-7]

## Литература (ПРИЛОЖЕНИЕ А2)

1. Вотинцев К. К. Гидрохимия озера Байкал. – М.: АН СССР, 1961. – 312 с.
2. Коряков Е. А., Глазунов И. В., Вилисова И. К. Прибрежные озера Байкала до его зарегулирования // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. – Новосибирск: Наука, 1977. – 132 с.
3. Киевская В. Д., Иванова З. К. Гидрохимическая характеристика некоторых малых водоемов западного побережья Байкала // Оперативные информационные материалы (Лиственичное на Байкале). Иркутск: Лимнологический институт, 1973. – Т. Вып.1. – С. 90-96.
4. Гребенщикова В. И., Загоруйко Н. А., Пастухов М. В. Мониторинговые исследования ионного состава воды истока р. Ангары (озеро Байкал) // Вода: химия и экология. – 2011, – № 4. – С. 2-8.
5. Рязанцева О. С., Загоруйко Н. А. Гидрохимические характеристики воды некоторых рек Прибайкалья // Материалы конференции молодых ученых «Современные проблемы геохимии». – Иркутск: ИГХ, 2011. – С. 191-195.
6. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. М. 1995. [Электронный ресурс]. – URL:<http://gostvoda.ru/d/677526/d/4-gost-2874-82.pdf> (дата обращения 30.01.2022).
7. СанПиН 1.2.3685-21 III. Нормативы качества и безопасности воды. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс]. – URL: [http://test.safe-work.ru/Bibl/VibOT/n123685-21\\_3.html#п3](http://test.safe-work.ru/Bibl/VibOT/n123685-21_3.html#п3) (дата обращения 30.01.2022).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А3

Таблица 1 – Шкала для балльной оценки гидрогенной трансформации почв и почвенного покрова и экологической оценки ущерба\*

Индикаторные показатели	Степень деградации, количество баллов					Согласно методике ГОСТ, 1994
	0	1	2	3	4	
Мощность абиотического наноса, см	< 2	2-10	11-20	21-40	> 40	ГОСТ, 1994
Нанос неплодородного слоя, см	< 2	2-10	11-20	21-40	> 40	ГОСТ, 1994
Захламление почв при складировании отходов производства, см	< 2	2-10	11-20	21-40	> 40	ГОСТ, 2010
Перекрытие поверхности почв искусственными покрытиями и объектами	< 2	2-10	11-20	21-40	> 40	ГОСТ, 2010
Уменьшение содержания физической глины на величину, % от исходного (опесчанивание)	< 5	5-15	16-25	26-32	> 32	ГОСТ, 1994
Загрязнение почв, превышение ПДК и ОДК, раз	< 1	1-2	2-5	5-10	> 10	ГОСТ, 2010
Площадь обнаженной почвообразующей породы или подстилающей породы, % от общей площади	0-2	3-5	6-10	11-25	> 25	ГОСТ, 1994
Поднятие пресных почвенно-грунтовых вод до глубины, м (в гумидной зоне)	>1,0	0,81-1,0	0,61-0,80	0,31-0,60	< 0,3	ГОСТ, 1994 Новикова и др., 2017
Площадь естественных кормовых угодий, выводимых из землепользования, % от общей площади	< 10	10-30	31-50	51-70	> 70	ГОСТ, 1994
Площадь пахотных угодий, выведенных из землепользования, % от общей площади	< 10	10-30	31-50	51-70	> 70	ГОСТ, 1994
Морфологические признаки гидроморфизма в почвенном профиле: наличие железистых и марганцевых новообразований в виде окисных пленок железа и сизоватых тонов	нет	Fe+Mnконкреции	наличие оглеенного срединного или нижнего горизонта	наличие оглеенного верхнего горизонта	наличие глеевого горизонта	Новикова и др., 2017
Уничтожение (полное разрушение) плодородного слоя почвы, присваивается максимальный балл (20)						ГОСТ, 2010

Примечание: \* – на основании [1-3]



Таблица 2 – Степень гидрогенной трансформации почв ключевых участков побережья Иркутского водохранилища и оз. Байкал (в границах Иркутской области)

Номера площадок, местоположение	Индикаторы современного гидроморфизма, оценка трансформации, в баллах (согласно табл. 1.5.1.1)								Сумма баллов	Степень трансформации и уровень экологического ущерба
	Морфологические признаки гидроморфизма	Опесчанивание	Мощность наноса (перекрытия, захламления) на поверхности почвы	Увеличение площади обнаженной породы	Площадь кормовых угодий и пашен, выведенных из использования	Загрязнение почв	Уровень залегания грунтовых вод к поверхности	Уничтожение (полное разрушение) плодородного слоя почвы		
Иркутское водохранилище № 1-3, зал. Крутой ключ (д. Новолисиха)	4	0	0	0	1	0	4	-	10	II
№ 5-7, зал. Королок (д. Бурдаковка)	4	4	2	0	0	1	2	-	13	III
№ 9-11, зал. Большой (пос. Большая Речка)	3	3	1	0	1	3	2	-	13	III
№ 12-14, зал. Еловый (21 км Байкальского тракта)	4	0	1	2	0	2	4	-	14	III
№ 19-20, зал. Чертугеевский (мкр. Солнечный)	4	0	1	1	0	4	3	-	13	III
№ 21-22, побережье Иркутского водохранилища вдоль ул. Якоби	4	3	0	3	0	3	1	-	14	III
№ 24-25, зал. Курминский	2	4	0	4	0	0	4	-	14	III
№ 27, побережье правого берега р. Ангара напротив пос. Патроны	-	-	-	-	-	-	-	20	20	IV
№ 96, побережье правого берега р. Ангара напротив пос. Бурдаковка	-	-	-	-	-	-	-	20	20	IV
№ 98, побережье правого берега р. Ангара напротив пос. Тальцы	-	-	-	-	-	-	-	20	20	IV
№ 28-29, устье р. Курма	4	0	0	0	0	0	4	-	8	II
№ 31-31, д. Новогрудинина	4	4	0	4	0	0	2	-	14	III
№ 34-35, зал. Падь-Мельничная	4	0	0	0	0	0	4	-	8	II
№ 92-94, зал. Волчий	4	0	0	0	0	0	2	-	6	I
Западное побережье Байкала										
№ 16-18, устье р. Крестовка (пос. Листвянка)	4	0	1	0	0	0	4	-	9	II
№ 89-90, устье р. Голоустная	4	2	0	0	4	0	1	-	11	III
№ 37-39, оз. Зама	4	2	0	0	1	0	1	-	8	II
№ 44-47, зал. Мухор	4	0	0	0	3	0	3	-	7	II
№ 48-50, зал. Шида	4	0	1	0	3	0	4	-	12	III
№ 51-53, устье р. Сарма	4	0	0	0	2	0	3	-	7	II
№ 54-56, оз. Сурхайтор-Нур	4	0	0	0	0	0	4	-	8	II
№ 57-59, оз. Улан-Хан	4	0	2	0	0	0	3	-	10	II

Номера площадок, местоположение	Индикаторы современного гидроморфизма, оценка трансформации, в баллах (согласно табл. 1.5.1.1)									Сумма баллов	Степень трансформации и уровень экологического ущерба
	Морфологические признаки гидроморфизма	Опесачивание	Мощность наноса (перекрывает, захламления) на поверхности почвы	Увеличение площади обнаженной породы	Площадь кормовых угодий и пашен, выведенных из использования	Загрязнение почв	Уровень залегания грунтовых вод к поверхности	Уничтожение (полное разрушение) плодородного слоя почвы			
№ 60-62, зал. Курма	4	0	0	0	0	0	4	-	8	II	
№ 63-64, устье р. Анга	4	4	0	0	4	0	4	-	16	III	
Юго-Восточное побережье Байкала											
№ 66-68, устье р. Снежная (пос. Новоснежная)	4	0	0	2	0	3	4	-	13	III	
№ 71-73, устье р. Хара- Мурино	2	0	0	0	1	3	1	-	7	II	
№ 75-76, устье р. Бабха	3	0	0	0	0	0	1	-	4	I	
№ 77-79, устье р. Утулик	4	4	0	1	4	0	4	-	17	III	
№ 81-83, устье р. Похабиха (г. Слюдянка)	4	4	0	1	0	0	4	-	13	III	
№ 84-85, устье р. Харлахта (г. Байкальск)	1	4	0	2	0	0	2	-	9	II	
№ 86-88, пос. Култук	4	4	0	0	2	0	4	-	14	III	

### Литература (ПРИЛОЖЕНИЕ А3)

1. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. М.: Минприроды России и Роскомзем, 1994. [электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294845/4294845896.htm> (дата обращения 30.01.2022)..

2. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, утвержденная приказом Минприроды России от 08.07.2010, № 238 (ред. от 18.11.2021). [электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902227668> (дата обращения 30.01.2022).

3. Новикова Н. М., Назаренко О. Г., Волкова Н. А. Методика оценки гидрогенной трансформации природных комплексов побережий водохранилищ // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 21–51.

Таблица 1 – Устойчивость фоновых ландшафтов побережья оз. Байкал

№ п/п	Ландшафты регионального уровня (группы фаций)	Устойчивость
	Высокогорные <i>Горно-таежные редуцированного развития</i>	
1	Выровненных поверхностей водоразделов, верхних и средних частей склонов кедровые и пихтово-кедровые (с лиственницей по склонам северной экспозиции) редкостойные кустарничково-зеленомошные с мелкотравьем (с кедровым стлаником и кашкарой – по склонам северной экспозиции, с баданом по крутым склонам, с кашкарой – по пологим склонам и выровненным поверхностям)	Неустойчивые
2	Среднегорные <i>Горно-таежные ограниченного развития</i> Склонов лиственничные с сосной	Умеренно устойчивые
3	Плоских водоразделов и склонов южной экспозиции пихтово-кедровые и кедрово-пихтовые кустарничково-мелкотравно-зеленомошные (иногда мелкотравно-кустарничково-долгомошно-зеленомошные	Умеренно устойчивые
4	Преимущественно пологих склонов кедровые и пихтово-кедровые (иногда с примесью ели и лиственницы) кустарничково-зеленомошные с мелкотравьем (кустарничково-долгомошно-зеленомошные с багульником по пологим склонам северной экспозиции)	Умеренно устойчивые
5	Склонов разной крутизны и экспозиции пихтовые и елово-пихтовые (по крутым склонам - кедрово-пихтовые) кустарничково-зеленомошные (с баданом по крутым склонам, с багульником – по пологим склонам северной экспозиции, мелкотравно-крупнотравно-вейниковые и бруснично-разнотравные с орляком – по склонам южной экспозиции, со сфагновыми мхами в нижних частях склонов)	Умеренно устойчивые
	Низкогорные <i>Горнотаежные оптимального развития</i>	
6	Склонов лиственничные с кустарниковым подростом	Устойчивые
7	Склонов лиственничные с участием сосны и сосново-лиственничные разнотравные и бруснично-разнотравные, травяно-моховые	Устойчивые
8	Пологих склонов лиственничные редкостойные с редким кустарниковым подростом злаково-разнотравные в сочетании со степями	Устойчивые
9	Плоских поверхностей сосновые с подростом из рододендрона даурского	Устойчивые
10	Склонов сосновые и лиственнично-сосновые со смешанным подростом	Устойчивые
11	Склонов низкогорий и возвышенностей сосновые с примесью лиственницы травяно-брусничные	Устойчивые
12	Склонов низкогорий и возвышенностей сосновые травяные иногда с подростом из рододендрона даурского остепненные	Устойчивые
13	Крутых обрывистых склонов к Байкалу сосновые и лиственничные редкостойные остепненные литофильные	Устойчивые
	<i>Степные</i>	
14	Крутых обрывистых склонов разнотравно-типчаковые в сочетании с низкоразнотравными и полынными литофильными	Умеренно устойчивые
15	Пологих склонов с участками каменистых россыпей мелкодерновинно-злаковые и разнотравно-типчаковые в сочетании с низкоразнотравными и полынными литофильными	Умеренно устойчивые
	Подгорные <i>Таежные ограниченного развития</i>	
16	Днищ котловин кедрово-лиственничные и лиственничные с примесью ели, иногда с кустарниковым подростом кустарничково-моховые	Умеренно устойчивые
	<i>Таежные оптимального развития</i>	
17	Предгорных возвышенностей кедрово-пихтовые чернично-травяно-моховые с высокотравьем	Устойчивые
	<i>Подтаежные</i>	

№ п/п	Ландшафты регионального уровня (группы фаций)	Устойчивость
18	Днищ котловин, подгорных равнин сосновые с кустарниковым подлеском травяные, иногда остепненные	Наиболее устойчивые
19	Склонов, обращенных к оз.Байкал (за исключением крутых склонов северной экспозиции) светлохвойные и мелколиственные, часто разреженные леса вейниково-разнотравные, разнотравно-орляковые <i>Степные</i>	Наиболее устойчивые
20	Террас и шлейфов мелкодерновинно-злаковые литофильные	Умеренно устойчивые
21	Днищ котловин крупнозлаковые ковыльно-житняковые  Межгорных понижений и долин <i>Таежные оптимального развития</i>	Умеренно устойчивые
22	Долин луговые со злаковым иногда остепненным покровом	Устойчивые
23	Долин болота верховые и переходные подгорных равнин осоково-сфагновые и кустарничково (багульник, клюква, кассандра)-осоково-сфагновые с редианами из кедра, ели и березы <i>Таежные ограниченного развития</i>	Наиболее устойчивые
24	Долин пихтово-кедровые с елью хвощово-мелкотравно-зеленомошные	Умеренно устойчивые
25	Долин кедрово-лиственничные и лиственничные с пихтой и елью леса с ерником, ивой <i>Степные</i>	Умеренно устойчивые
26	Долин и межгорных понижений осоково-злаковые лугово-болотные солонцеватые	Неустойчивые

Таблица 2 – Фации ключевых площадок побережья оз. Байкал и Иркутского водохранилища

№ площадки	Площадка	№ фации	Фация	Состояние	Устойчивость
Южное побережье оз.Байкал (пос. Новоснежная – пос.Култук)					
1	Устье р. Новоснежной	1	Берегового вала галечниковая	Удовлетворительное	Высокая
		2	Низинная (за береговым валом) болотная осоковая с хвощом болотным на торфяно-болотной слабо сформированной почве на галечных озерных отложениях	Следы затопления (отмершие растительные остатки до 25 м от берегового вала).	
		3	Низинная (за береговым валом) заболоченная березовая ерниковая осоковая на торфяно-болотной почве	Удовлетворительное	
		4	Прибрежных равнин заболоченная березовая багульниковая (багульник свиной) осоковая на дерново-подзолистой почве	Удовлетворительное	
		5	Прибрежных равнин болотная осоково-клюквенно-сфагновая на аллювиальной торфяной почве	Удовлетворительное	
2	Устье р. Хара-Мурин	6	Берегового вала галечниковая	Удовлетворительное	Низкая
		7	Низинная (за береговым валом) болотная осоковая на торфяно-болотной почве слабо сформированной	Удовлетворительное	
		8	Низинная луговая осоково-злаковая с осокой и иван-чаем на аллювиально-гумусовой слоистой почве со следами пирогенеза	Следы затопления 2021 г. (отмершие растительные остатки до 15 м от берегового вала)	
		9	Низинная кустарниковая (ива, спирея) осоково-злаковая на аллювиально-гумусовой слоистой почве	Удовлетворительное	
		10	Пойменная галечниково-песчаная	Удовлетворительное	
		11	Террасовая елово-кедрово-березовая с елью и кедром в подросте, с подростом из рябины травянистая с папоротником и злаками на дерново-подзолистой почве	Удовлетворительное	
		12	Пойменная луговая злаково-разнотравная на аллювиально-гумусовой почве	Нарушена выпасом	

№ площадки	Площадка	№ фации	Фация	Состояние	Устойчивость
3	р. Бабха (левый берег)	13	Берегового вала галечниковая	Удовлетворительное	Низкая
		14	Низинная луговая заболоченная злаковая на переслоенной аллювиально-глеево-торфяной почве со следами пирогенеза)	Нарушена рекреационной деятельностью	
		15	Пойменная луговая заболоченная злаково-осоковая на аллювиально-глеево-торфяной почве	Удовлетворительное	
4	р. Утулик (правый берег)	16	Пойменная тополевая с черемухой, рябиной, ольхой злаково-травяная на аллювиально-дерновой почве (на песчаном аллювии с валунами)	Удовлетворительное	Высокая
		17	Прибрежных равнин пихтово-березовая с тополем, с пихтой и кедром в подросте травяная	Восстановительная стадия, подрост в плохом состоянии	
		18	Низинная лугово-болотная осоково-хвощовая с рогозом в понижениях на торфяно-глеевой почве	Удовлетворительное	
		19	Низинная луговая заболоченная злаково-осоковая с рогозом на слоисто-аллювиальной глееватой почве	Удовлетворительное	
		20	Низинная ивовая осоковая на слоисто-аллювиальной глееватой почве	Удовлетворительное	
		21	Прибрежных равнин луговая разнотравно-злаково-осоковая с ивой на аллювиальной слоистой гумусовой глубоко-глеевой почве	Сильно нарушена выпасом	
		22	Прибрежных равнин луговая остепненная разнотравно-злаковая на аллювиальной гумусовой почве	Сильно нарушена выпасом	
5	Залив между пос. Утулик и пос. Орехово	23	Берегового вала галечниковая с тополем	Удовлетворительное	Высокая
		24	Низинная (за береговым валом) болотная осоковая со спиреей и ивой на аллювиальной торфяно-перегнойно-глеевой почве	Удовлетворительное	

№ площадки	Площадка	№ фации	Фация	Состояние	Устойчивость
6	Устье р. Похабиха (г. Слюдянка)	25	Низинная (за береговым валом) луговая заболоченная заочкаренная осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой (мерзлота)	Удовлетворительное	Средняя
		26	Низинная (за железнодорожной насыпью) луговая заболоченная хвощово-осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве	Удовлетворительное	
		27	Низинная луговая кустарниковая (ива) осоковая с обильным подростом березы, осины, сосны на аллювиальной гумусовой глееватой почве	Усыхающий подрост сосны	
7	пос. Култук	28	Низинная луговая заболоченная хвощево-злаково-осоковая на аллювиальной торфянисто-глеевой почве	Удовлетворительное	Высокая
		29	Террасовая луговая разнотравно-злаковая на аллювиальной гумусовой глеевой почве	Сильно нарушена выпасом	
Западное побережье оз. Байкал (пос. Култук – пос. Кочерикова)					
8	Дельта р. Голоустной	30	Берегового вала галечниковая	Удовлетворительное	Высокая
		31	Низинная болотная осоковая на торфяно-болотных почвах	Удовлетворительное	
		32	Низинная болотная злаково-осоковая на торфяно-болотных почвах	Удовлетворительное	
		33	Прибрежных равнин луговая заболоченная разнотравно-осоковая на аллювиальных глеево-торфяных почвах	Сильно нарушена выпасом	
		34	Прибрежных равнин луговая разнотравно-злаковая на аллювиальных дерново-гумусовых почвах	Сильно нарушена выпасом	
9	Устье р. Анга	35	Пойменная луговая заболоченная осоковая на аллювиальной торфяно-илисто-глеевой почве	Удовлетворительное	Средняя
		36	Долинная присклоновая луговая осоковая на аллювиальной гумусовой глееватой почве	Сильно нарушена выпасом	
		37	Нижней части склона долины степная злаковая на темногумусовой почве	Сильно нарушена выпасом	

№ площадки	Площадка	№ фации	Фация	Состояние	Устойчивость
10	бухта Барун-Хагун	38	Низинная луговая заболоченная осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой почве	Удовлетворительное	Средняя
		39	Подножья склона луговая остепненная осоково-злаковая на каштановидной почве	Нарушена вытаптыванием	
		41	Нижней части склона степная низкоразнотравно-типчачковая на каштановидной почве	Нарушена вытаптыванием	
11	Устье р. Кучелга	42	Пойменная луговая сильнозакочкаренная осоковая с лапчаткой на аллювиальных торфяных илисто-глеевых почвах	Сильно нарушена выпасом	Средняя
		43	Пойменная луговая слабозакочкаренная злаково-разнотравно-осоковая на аллювиальных торфяно-глеевых почвах (мерзлота отсутствует)	Сильно нарушена выпасом	
		44	Пойменная луговая разнотравно-осоковая на аллювиальных темно-гумусовых почвах	Удовлетворительное	
		45	Долинная березово-лиственничная сильно закустаренная (ива) травянистая на дерново-оподзоленной почве	Следы затопления 2021 г. Сильно нарушена выпасом	
		46	Низинная луговая заболоченная осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве	Следы затопления 2021 г.	
12	Зал. Шида	47	Низинная луговая злаковая антропогенного происхождения на аллювиально-слоистой торфяно-перегнойной оглеенной почве (со следами криогенных процессов)	Следы затопления 2021 г.	Средняя
		48	Прибрежных равнин луговая осоково-хвощово-разнотравная на аллювиально-слоистой торфяно-перегнойной почве	Удовлетворительное	



№ площадки	Площадка	№ фации	Фация	Состояние	Устойчивость
13	Дельта р. Сармы	49	Пойменная луговая заболоченная хвощово-злаковая на аллювиальной торфяно-глеевой почве с сезонной мерзлотой	Удовлетворительное	Высокая
		50	Пойменная луговая злаково-осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной (заиленной) почве (без мерзлоты)	Следы затопления 2021 г.	
		51	Пойменная луговая с признаками остепнения разнотравно-злаковая на аллювиальной гумусовой почве	Сильно нарушены выпасом	
14	оз. Курма	52	Низинная болотная осоковая на торфяно-глеевой почве с морозобойными трещинами	Следы затопления 2021 г.	Средняя
53		Низинная болотная заочкаренная осоковая с карликовой березой, ивой на аллювиальной торфяно-глеевой почве	Следы затопления 2021 г.		
15	Устье р. Улан-Хан	54	Низинная болотная осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой почве	Следы затопления 2021 г.	Низкая
		55	Низинная луговая заболоченная осоковая с кустарниковой ивой на аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве	Следы затопления 2021 г.	
		56	Пойменная луговая разнотравно-осоковая с курильским чаем на аллювиальной гумусовой глеевой почве	Следы затопления 2021 г.	
16	оз. Сурхай-тор-Нур	57	Низинная луговая заболоченная осоковая на торфяно-глеевой почве	Удовлетворительное	Средняя
		58	Притеррасная низинная болотная травяно-осоковая заочкаренная на торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве	Следы затопления 2021 г.	
		59	Низинная луговая заболоченная осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой почве	Удовлетворительное	
		60	Конуса выноса луговая разнотравно-злаковая с курильским чаем и подростом сосны на аллювиальных отложениях	Подрост сосны в угнетенном состоянии	

№ площадки	Площадка	№ фации	Фация	Состояние	Устойчивость
17	Мыс Ото-Хушун	61	Низинная луговая заболоченная слабозакочкаренная разнотравно-осоковая на аллювиально-торфяных илисто-глеевых почвах со следами криогенных процессов	Нарушена выпасом	Средняя
		62	Низинная луговая остепненная разнотравно-злаковая с осокой на аллювиальных темно-гумусовых почвах	Нарушена выпасом	
18	Конус выноса р. Зундук	63	Низинная луговая заболоченная злаково-осоковая на аллювиальных торфяно-илисто-глееватых почвах	Следы затопления	Средняя
19	оз. Зама	64	Конуса выноса луговая остепненная осоково-злаково-разнотравная на аллювиально-гумусовых почвах	Удовлетворительное	Средняя
		65	Прибрежного вала галечниковые с редкой растительностью	Удовлетворительное	
		66	Пойменные осоковые на аллювиальных торфяно-глеевых почвах	Удовлетворительное	
		67	Низинные лугово-болотные хвощево-осоковые закустаренные (ива, курильский чай) на торфяных криоземах	Удовлетворительное	
		68	Низинные луговые заболоченные разнотравно-злаково-осоковые на аллювиальных перегнойно-глеевых почвах	Удовлетворительное	
		69	Низинные луговые разнотравно-злаковые на аллювиальных перегнойно-гумусовых глееватых почвах	Сильно нарушены выпасом	
20	Побережье Иркутского водохранилища Устье р. Хей	70	Низинная луговая осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве	Удовлетворительное	Высокая
		71	Низинная луговая осоковая закустаренная на аллювиальной перегнойно-глеевой почве	Удовлетворительное	
		72	Подножья склона луговая кустарниковая разнотравно-злаковая на аллювиальной темногумусовой почве	Обилие сорной растительности	

№ площадки	Площадка	№ фации	Фация	Состояние	Устойчивость
21	зал. Еловый	73	Низинная аллювиальная с редкими всходами осоки на слоисто-аллювиальной гумусовой почве поверх торфяно-глеевой торфяно-минеральной почвы	Отсутствие растительности	Средняя
		74	Низинная луговая заболоченная осоковая на аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве	Следы затопления 2021 г.	
		75	Присклоновая луговая разнотравно-злаковая на аллювиальной гумусовой глееватой почве	Следы затопления 2021 г.	
		76	Нижней части склона березово-сосновая кустарниковая разнотравно-хвощево-злаковая на дерново-подзолистой глееватой почве	Следы затопления 2021 г.	

**Факторы, показатели для расчета экономического ущерба лесным ресурсам вследствие вредного воздействия вод на побережьях Иркутского водохранилища и оз. Байкал в Иркутской области**

Фактор	Показатель (таксы)**	Источники ставок платы	Источники для исчисления продуктивности (запаса, урожайности)	Примечания по исчислению продуктивности
Древесные ресурсы: а) поврежденные до степени прекращения роста	4110 руб./м <sup>2</sup> (для абразионных и водно-эрозионных участков)	Приложение № 2 к Постановлению Правительства № 1730 [1]. –«Таксы для исчисления размера вреда, причиненного лесным насаждениям, заготовка древесины которых не допускается».	Таксационные описания выделов лесничеств Иркутского, Слюдянского, Ольхонского, Прибайкальского национального парка и Байкало-Ленского заповедника***	Учитывался средний запас сырораствующего леса на выделе (м <sup>3</sup> /га)
б) при повреждении, не влекущем прекращение роста деревьев	822 руб./м <sup>2</sup> (для зон затопления)			
Пищевые лесные ресурсы и лекарственные растения: а) лекарственные растения: брусника	1,61 руб./кг	Таблица № 7 «Ставки платы за единицу объема пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений» [2].	Данные таблицы 411 [3] «Запас лекарственного сырья в Иркутской области (в кг воздушно-сухой/сырой вес) [4].	Учитывался общий вес надземной части брусники. При проективном покрытии 30% вес ее надземной части – 1080 кг сухого веса на 1 га
чабрец	1,61 руб./кг		Данные таблицы № 408 [3] «Урожайность сырья зарослей лекарственно-чайных растений Западного Прибайкалья (в воздушно-сухом состоянии, г/м <sup>2</sup> )» [5].	Показатели по урожайности чабреца для территории Иркутской области не разработаны. Средняя урожайность чабреца – 35,7 г/м <sup>2</sup> (357 кг сухого веса/га)
б) древесные соки (березовый сок)	10,7 руб./ц		Использован средний показатель, вычисленный И.И. Орловым для Восточно-Сибирского экономического [6].	Средний показатель 20 т/га скорректирован относительно полноты насаждений и доли участия березы в общем составе пород
в) дикорастущие орехи (кедровые орехи)	2,14 руб./кг		Данные таблицы № 405 [3] «Биологическая урожайность	

Фактор	Показатель (таксы)**	Источники ставок платы	Источники для исчисления продуктивности (запаса, урожайности)	Примечания по исчислению продуктивности
			кедровых насаждений III, IV и V классов бонитета (кг/га) Иркутской области» [4].	
г) медопродуктивность*	2,14 руб./кг		Данные таблицы № 510 [3] «Медопродуктивность по типам леса Западного Забайкалья (Республика Бурятия)» [7].	Показатели по медопродуктивности основных типов леса для территории Иркутской области не разработаны. Показатель (кг/га) скорректированы относительно полноты насаждений и доли участия каждой древесной породы в общем составе пород

Примечание: \* – Ввиду отсутствия меда в перечне видов пищевых лесных ресурсов, введена условная ставка платы для него, равная ставке платы за единицу объема дикорастущих орехов – 2,14 руб./кг. \*\* – Для пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений коэффициент индексации такс на 2022 г. – 2,44 согласно Постановления Правительства РФ от 12 окт. 2019 г. № 1318 [8]. \*\*\* – Таксационные описания выделов применялись также для исчисления продуктивности для пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений

## Литература (ПРИЛОЖЕНИЕ А5)

1. Постановление Правительства РФ от 29 дек. 2018 г. (ред. от 18 дек. 2020 г.) № 1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства». [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_315299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_315299/) (дата обращения 15.05.2022).
2. Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 (ред. от 29.11.2021) «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности». [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68813](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813) (дата обращения 05.05.2022).
3. Курлович Л.Е. Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины). – Пушкино: ВНИИЛМ, 2018. – 282 с.
4. Основные положения организации и развития лесного хозяйства Иркутской области. – Иркутск: Прибайкальское лесоустроительное предприятие, 1980. – 506 с.
5. Худоногова, Е. Г. Ресурсы сырья лекарственно-чайных растений Западного Прибайкалья // Сиб. эколог. журнал – 2004. – № 11 (6). – С. 899–905.
6. Орлов И. И. Рябчук В. П. Березовый сок. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 566 с.
7. Шевцова Н. Е. Медоносные ресурсы Западного Забайкалья и перспективы их использования // Растительные ресурсы Забайкалья и их использование. – Улан-Удэ: БФСО АН СССР, 1987. – С. 62-82.
8. Постановление Правительства РФ от 12 октября 2019 г. № 1318 «О применении в 2021-2023 годах коэффициентов к ставкам платы за единицу объема лесных ресурсов и ставкам платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности». [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_335525](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335525) (дата обращения 15.05.2022).

**Сведения о причальных, гидротехнических сооружениях, расположенных на озере Байкал (данные Восточно-Сибирского управления государственного речного надзора)**

№ п/п	Наименование сооружения	Расстояние от устья реки, км.	Эксплуатирующая организация	Характеристика уровня безопасности
			Наименование	
1	Сооружение – причал, состоящий из причальной площадки и соединительной дамбы	76,0 км от истока р. Ангары	АО «Иркутскнефтепродукт»	
2	Причал из металлического шпунта пристани Култук	76,0 км от истока р. Ангары	ПАО «Восточно-Сибирское речное пароходство»	Нормальный, работоспособное (свидетельство, заключение ИЦГТС ФГБОУ ВО «ГУМРФ» от 01.10.2015)
3	Причал (пирс)	оз. Байкал, устье р. Шаражалгай	ОАО «Российские железные дороги»	Пониженный, ограниченно-работоспособное состояние (свидетельство о годности ПГТС к эксплуатации ФГБОУ ВО «СГУВТ» от 10.12.2015)
4	Причал (пирс № 1)	устье р. Шаражалгай	ОАО «Российские железные дороги»	Пониженный, ограниченно-работоспособное состояние (свидетельство о годности ПГТС к эксплуатации ФГБОУ ВО «СГУВТ» от 10.12.2015)
5	Причал (пирс № 2)	устье р. Шаражалгай	ОАО «Российские железные дороги»	Пониженный, ограниченно-работоспособное состояние (свидетельство о годности ПГТС к эксплуатации ФГБОУ ВО «СГУВТ» от 10.12.2015)
6	Причальный пассажирский пирс	оз. Байкал, местность «Серебряный ключ»	ОАО «Российские железные дороги»	Нормальный, работоспособное состояние (заключение ФГБОУ ВО «СГУВТ» о тех. состоянии от 10.12.2015)
7	Причал	1,0 км от истока р. Ангары, оз. Байкал	ОАО «Российские железные дороги»	Пониженный, ограниченно-работоспособное состояние (свидетельство о годности ПГТС к эксплуатации ФГБОУ ВО «СГУВТ» от 10.12.2015)
8	Причал и мол для плавсредств в устье р. Солзан	56,0 км от истока р. Ангары	ФГБУ «Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»	

9	Пирс № 1	56,0 км от истока р. Ангары		Опасный, аварийное состояние (научно-технический отчет ФБОУ ВПО «НГАВТ» от 02.08.2013, тема №38/13)
10	Причал	2,0 км от истока р. Ангары оз. Байкал, порт Байкал		
11	Волнолом «Ряжевый»	2,0 км от истока р. Ангара оз. Байкал, порт Байкал		
12	Подпорная берегоукрепительная стенка	0,0 км исток р. Ангары	ФГУ санаторий «Байкал» ФСБ России	удовлетворительное, за исключением верховой части стенки (15 м). Верховая часть берегоукрепительной стенки в аварийном состоянии (ограничение нагрузки до $q=0$ кН/м <sup>2</sup> )
13	Причал Рогатка с подъездной автодорогой	1,0 км от истока р. Ангары оз. Байкал	Государственное предприятие Консультационно-методический центр приватизации	
14	Причал Листвянка	6,2 км от истока р. Ангары оз. Байкал, пос. Листвянка	ФГУП «АГАТ»	Опасный, предельное (аварийное) состояние (Заключение о тех. состоянии 15.12.2015 ЭЦ БиНС ФГБОУ ВО «СГУВТ»)
15	Волнолом	6,2 км от истока р. Ангары оз. Байкал, пос. Листвянка		неудовлетворительное (аварийное) состояние, функцию оградительного сооружения не выполняет (акт водолазного обследования ООО фирмы «АКВА-ЭКО» от 07.09.2012)
16	Набережная из металлического шпунта	2,0 км от истока р. Ангары оз. Байкал, порт Байкал	ЗАО «ВосткБайкалИнвест»	
17	Причал «Новая Листвянка»	5,0 км от истока р. Ангары	ПАО «Восточно-Сибирское речное пароходство»	Нормальный, работоспособное состояние (Заключение о тех. состоянии ГТС от 24.09.2015, ИЦГТС ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)
18	Пирс Листвянского лесничества	6,0 км от истока р. Ангары	ФГБУ «Заповедное прибайкалье»	Опасный, аварийное состояние



19	Причал	6,2 км от истока р. Ангары оз. Байкал, пос. Листвянка	ФГУ «Востсибрегионводхоз»	Нормальный, работоспособное состояние, заключение ЦГТС ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» о тех. состоянии ГТС от 09.09.2015
20	Причал для швартовки судов (пирс)	6,5 км от истока р. Ангары	Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук	Пониженный, 15.0 м торцевой части III-го участка (L-43.3 м), в аварийном состоянии (акт ФБОУ ВПО «НГАВТ»освидетельствования ПГТС от 01.08.2013)
21	Пирс	24,4 км от истока р. Ангары	Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук	годное к эксплуатации (акт ФБОУ ВПО «НГАВТ»освидетельствования ПГТС от 01.08.2013)
22	Сооружение Причальная набережная (пирс)	6,7 км от истока р. Ангары	ФГУБОУ ВО «Иркутский государственный университет»	Пониженный, ограничено-работоспособное состояние(научно-технический отчет ФБОУ ВПО «НГАВТ» от 04.02.2013, тема №119/12)
23	Сооружение (Причальный пассажирский пирс)	24,4 км от истока р. Ангары	ФГУБОУ ВО «Иркутский государственный университет»	Пониженный, ограничено-работоспособное состояние (Свид-во о годности ПГТС ЭЦ БиНС ФГБОУ ВО «СГУВТ» от 24.11.2016, № 44/16/ЭЦ)
24	Пирс базы отдыха в пос. Большие Коты	24,0 км от истока р. Ангары	ЗАО «Артель «Витим»	Нормальный, работоспособное состояние (заключение ЭЦ БиНС ФГБОУ ВПО «НГАВТ» о тех. состоянии сооружения от 31.10.2013)
25	Береговой причал	24,0 км от истока р. Ангары		
26	Причальное сооружение пирс	50,0 км от истока р. Ангары		
27	Причал (Пирс) «Байкальские Дюны»	86,0 км от истока р. Ангары	Акционерное общество «ТСМ2» (Байкальские Дюны)	Нормальный, работоспособное состояние (заключение о тех. состоянии ИЦГТС ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» от 18.09.2015)
28	Грузопассажирские причальные сооружения паромного комплекса «Ольхон» (о. Ольхон – бухта Перевозная)	217,0 км от истока р. Ангары, Бухта Перевозная	ООО «Восточно-Сибирское речное пароходство»	Нормальный, работоспособное состояние (свидетельство о годности ПГТС к эксплуатации ФГБОУ ВО «СГУВТ» от 25.04.2015)

29	Грузопассажирские причальные сооружения паромного комплекса «Ольхон» (материковая сторона – с. Сахюрта)	217,0 км от истока р. Ангары, бухта Базарная	ООО «Восточно-Сибирское речное пароходство»	Освидетельствование ГТС не проводилось, свидетельство о годности ПГТС выданное ФГБОУ ВО «СГУВТ» 28.12.2015, утратило действие с 31.12.2016
30	Причал	220,0 км от истока р.Ангары		
31	Причальное сооружение для отстоя судов	217,0 км от истока р. Ангары, бухта Базарная		
32	Причал РПП, Хужир	245,0 км от истока р. Ангары		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б1

Таблица 1 – Численность (N, тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомасса (B, мг/м<sup>3</sup>) организмов зоопланктона в водоемах прибрежно-соровой зоны озера Байкал 25-31 мая и 25 июня 2022 г.

Группа	Посольский сор	Черкалов сор	Провал	Дельта Селенги	Ангарский сор <sup>1</sup>	Байкал	Посольский сор	Черкалов сор	Провал	Дельта Селенги	Ангарский сор <sup>1</sup>	Байкал
	N						B					
Rotifera	39,18	5,75	4,18	8,06	54,02	11,00	192,64	5,37	3,39	7,04	745,17	9,44
Copepoda	31,24	4,03	5,64	7,80	6,07	6,58	310,70	12,84	33,09	40,39	20,07	49,06
Cladocera	0,12	0,01	0,01	0,01	1,51	0,35	1,90	0,06	0,06	0,08	16,87	0,44
<b>Всего</b>	<b>70,53</b>	<b>9,79</b>	<b>9,83</b>	<b>15,87</b>	<b>61,59</b>	<b>17,92</b>	<b>505,24</b>	<b>18,27</b>	<b>36,54</b>	<b>47,51</b>	<b>782,11</b>	<b>58,94</b>
Примечание. 1 – 25 июня 2022 г.												

Таблица 2 – Численность (N, экз./м<sup>2</sup>) и биомасса (B, г/м<sup>2</sup>) организмов зообентоса в водоемах прибрежно-соровой зоны оз. Байкал 25-31 мая и 25 июня 2022 г.

Группа	Посольский сор	Черкалов сор	Провал	Дельта Селенги	Ангарский сор <sup>1</sup>	Байкал	Посольский сор	Черкалов сор	Провал	Дельта Селенги	Ангарский сор <sup>1</sup>	Байкал
	N						B					
Turbellaria			15						0,01			
Oligochaeta	3017	14456	10250	4260	1797	2224	3,64	8,04	5,83	3,83	1,30	2,89
Hirudinea	6	16		7	12	4	0,02	0,14		0,69	0,06	0,03
Bivalvia	1109	384	490	347	1505	12	3,19	4,38	2,24	3,33	9,70	0,36
Gastropoda	17		5	33	47		0,23		0,28	0,37	0,32	
Amphipoda	1709	1392	2880	1707	642	848	6,73	2,92	4,83	4,49	1,07	2,40
Ephemeroptera	154	8			12		0,65	0,0			0,01	
Plecoptera			5						0,04			
Trichoptera	57				12		0,08				0,33	
Coleoptera			5	13	12				0,00	0,15	0,07	
Chironomidae	263	272	90	47	5017	12	5,55	0,32	0,20	0,08	0,77	0,02
Chironomidae pupae	69		10	7			0,50		0,06	0,01		
<b>Всего</b>	<b>6400</b>	<b>16528</b>	<b>13750</b>	<b>6420</b>	<b>9053</b>	<b>3100</b>	<b>20,58</b>	<b>15,79</b>	<b>13,49</b>	<b>12,96</b>	<b>13,61</b>	<b>5,70</b>
Примечание. 1 – 25 июня 2022 г.												

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б2**

Таблица 1 – Средняя численность и биомасса планктонных (экз./м<sup>3</sup>, г/м<sup>3</sup>) и бентосных (экз./м<sup>2</sup>, г/м<sup>2</sup>) организмов по каждому исследуемому участку при низком, нормальном и при высоком уровне водности (УВ)

Водность	Пределы варьирования				Численность зоопланктона					Биомасса зоопланктона					Численность Зообентоса					Биомасса Зообентоса				
	%	Hmin	Hmax	dH	Пр.	ЧС	БПС	АнС	Дельта	Пр.	ЧС	БПС	АнС	Дельта	Пр.	ЧС	БПС	АнС	Дельта	Пр.	ЧС	БПС	АнС	Дельта
Высокий УВ	11,8	455,95	457,19	1,25	22,5	8,0	95,98	7,8	3,78	143,5	18,5	154,03	33,35	40,86	–	–	4230	–	2628	–	–	21,3	–	16,89
Нормальный УВ		456,04	456,90	0,86	15,34	16,35	93,45	33,45	15,87	64,86	22,94	661,68	358,96	47,51	13750	16528	4726	6928	6420	15,85	15,79	19,45	12,47	12,96
Низкий УВ	90,4	455,96	456,54	0,58	32,45	13,8	51,54	15,85	31,90	261,05	293,78	264,94	179,66	78,80	2086	1683	1478	1603	2722	14,5	25,38	14,17	6,4	15,17

Примечание. Пр. – залив Провал; ЧС – Черкалов сор, БПС - Большой Посольский сор, АнС – Ангарский сор; % - обеспеченность (среднее значение), Hmin – уровень минимальный (среднее значение), Hmax – уровень максимальный (среднее значение), dH – изменение уровня (среднее значение)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б3

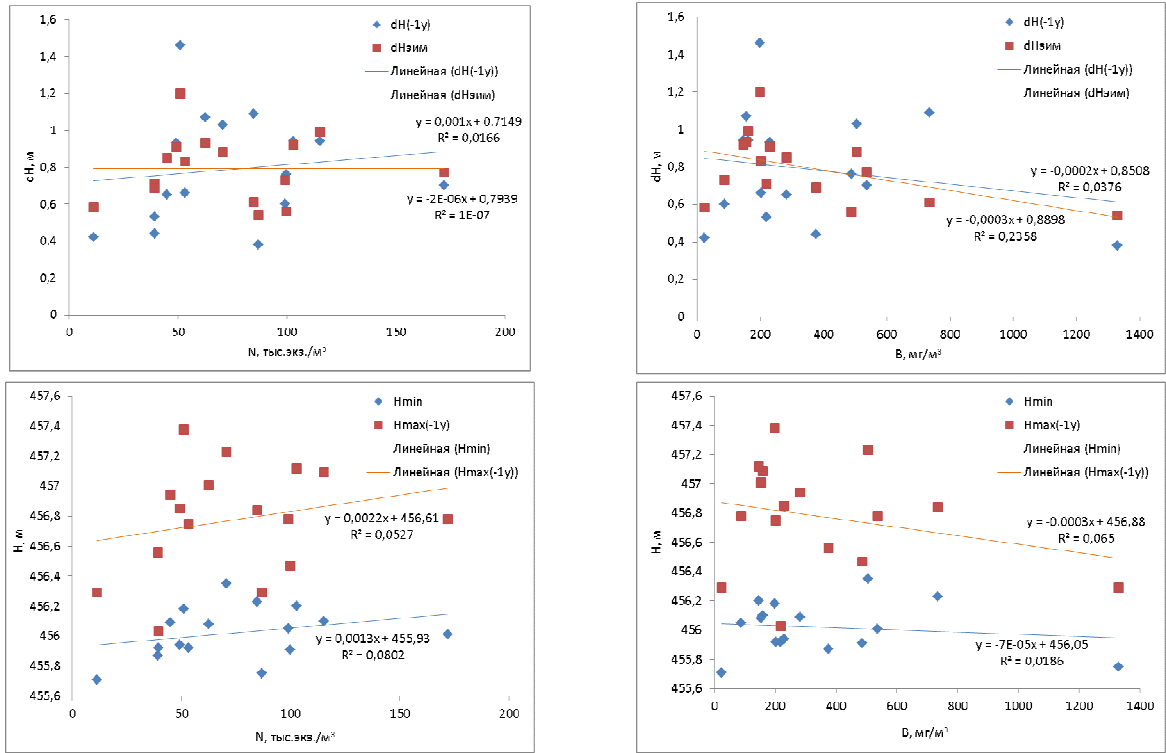
Таблица 1 – Основные экологические характеристики и генеративные показатели промысловых видов рыб оз. Байкал

Вид	Морфо-экологическая группа	Возраст созревания	Qср, г	АИП, шт	Кратность нереста	Доля самок, %	Наличие икры в зоне воздействия	Сроки размножения	Тип размножения (нерестовый субстрат)
Байкальский омуль	Пелагический	С 6 лет	556	20848	Повторный нерест единичен	52	Нет	Осенне-нерестующий (октябрь-ноябрь)	Литофил
	Придонно-глубоководный	С 6 лет	509	18308	Повторный нерест у 25 % особей.	52			
	Прибрежный	4 лет	386	9815	Пауза между нерестом 1 год.	51			
Байкальский хариус	Белый Черный	С 3 лет	356	12000	До 4 раз	52	Нет	Весна (май)	Литофил
		С 3 лет	329	8800	До 6 раз	52			
Плотва		С 4 лет	113	13127	До 10 раз	69	Да	Весна (май-начало июня)	Фитофил
Окунь		С 3 лет	135	43533	До 10 раз	65	Да	Весна (конец апреля - май)	Фитофил
Щука		С 3 лет	1270	24730	До 10 раз	51	Да	Весна (конец апреля - май)	Фитофил
Елец		С 4 лет	77	5032	До 7 раз	62	Нет	Весна (конец апреля - май)	Литофил
Язь		С 6 лет	834	77447	До 10 раз	51	Нет	Весна (конец апреля - май)	Литофил
Сазан		С 3 лет	1880	120000	До 10-12 раз	51	Нет	Лето (июнь-июль)	Фитофил
Лещ		С 5 лет	2185	791902	До 10 раз	47	Да	Весна (конец мая-начало июня)	Фитофил
Карась		С 4 лет	273	218146	До 10 раз	91	Да	Лето (июнь-июль)	Фитофил
Сом		С 3 лет	1100	Неизвестно	Неизвестно	77	Нет	Лето (июнь-июль)	Фитофил
Налим		С 3 лет	1350	27930	Неизвестно	54	Нет	Зима (январь)	Литофил
Сиг		С 6 лет	1038	73500	Неизвестно	44	Нет	Зима (декабрь)	Псаммофил

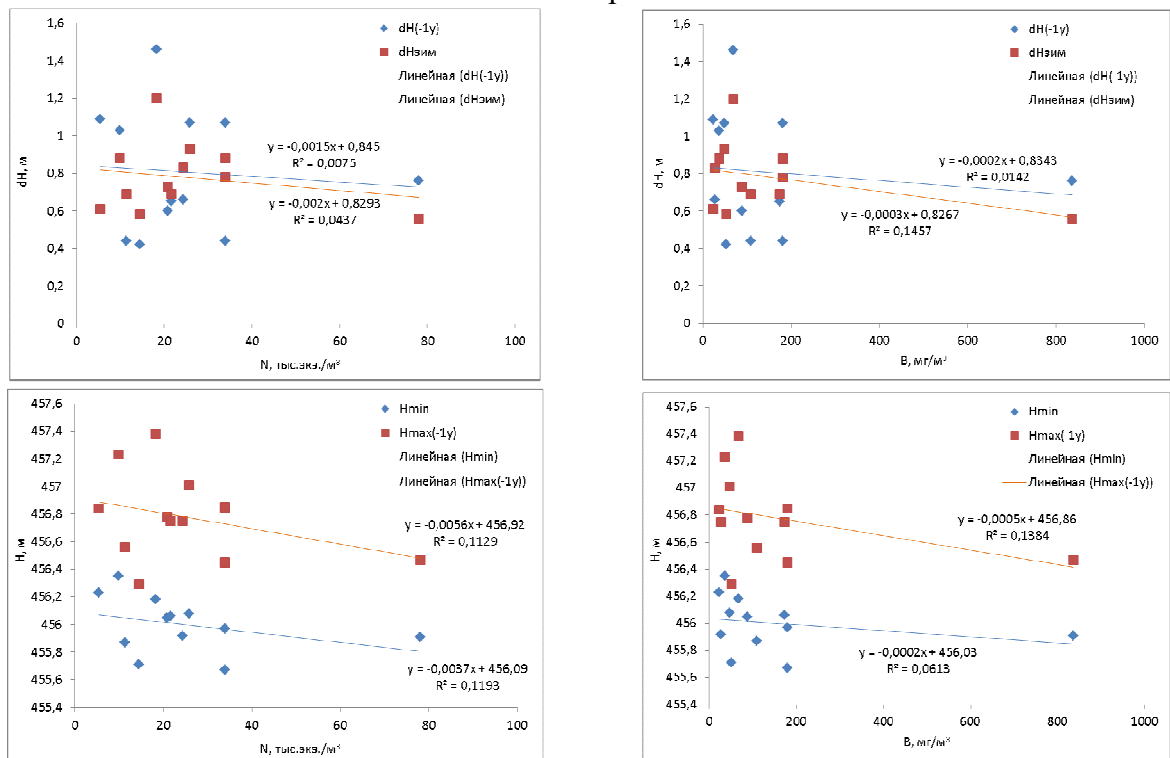
Q ср – средняя масса половозрелых особей, г; АИП – средняя индивидуальная абсолютная плодовитость, шт

Зависимость численности (N) и биомассы (B) зоопланктона от характеристик уровня оз. Байкал для разных участков исследования за период с 1959 г. по 2021 г. (N<sub>min</sub> – минимальный уровень текущего года; N<sub>max(-1y)</sub> – максимальный уровень предшествующего года; dN<sub>зим</sub> – амплитуда зимней сработки; dN<sub>(-1y)</sub> – амплитуда наполнения предшествующего года)

Залив Большой Посольский сор

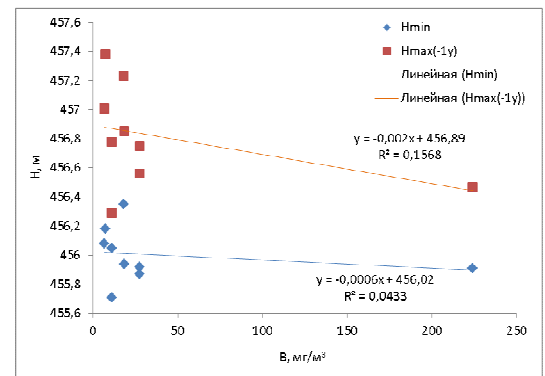
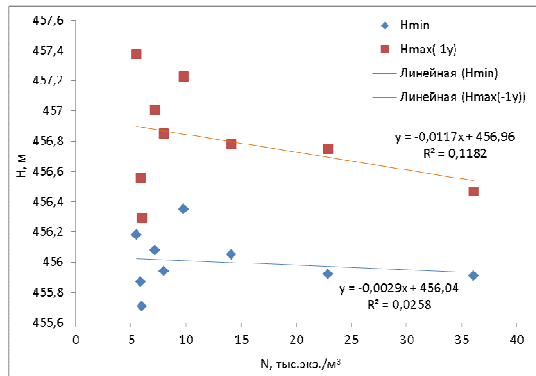
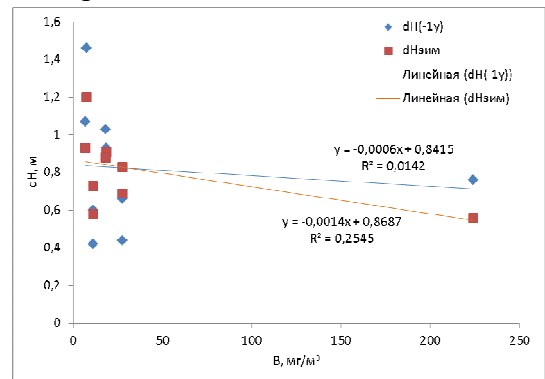
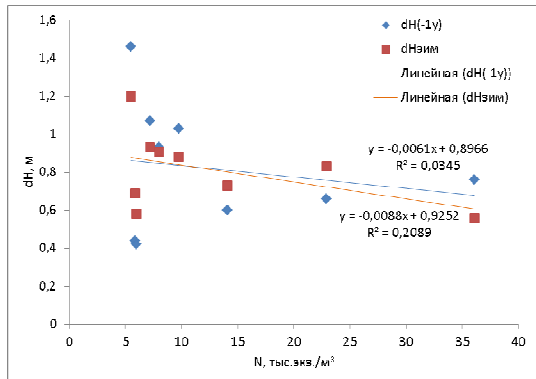


Залив Провал



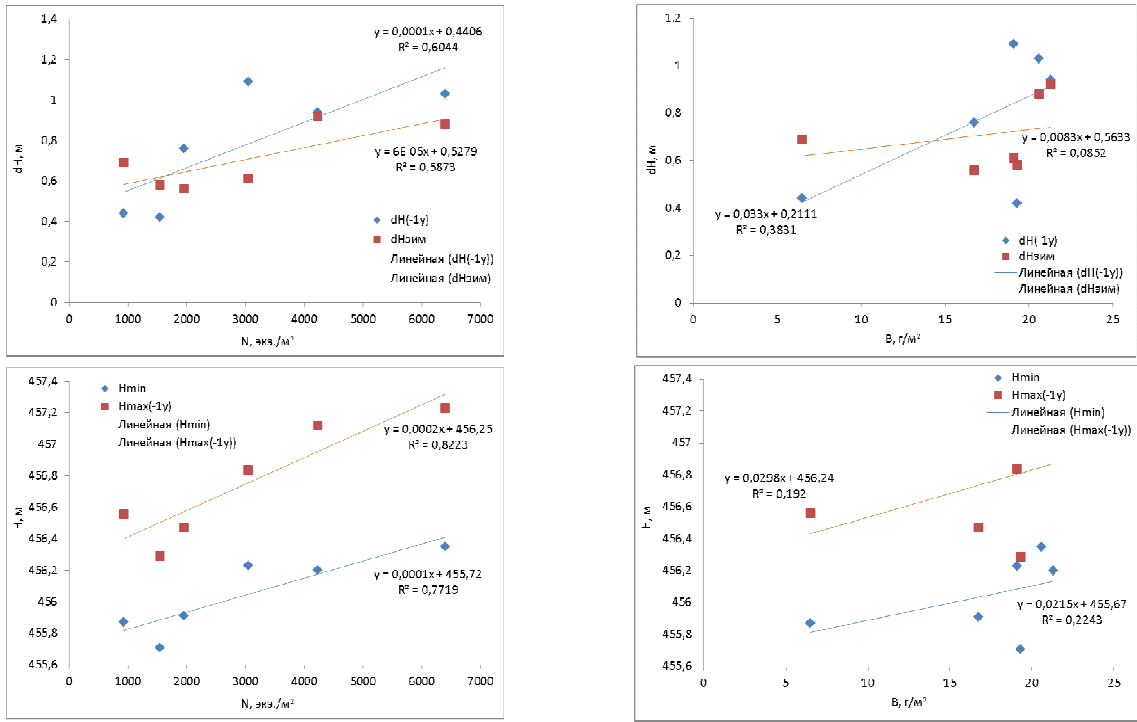
Зависимость численности (N) и биомассы (B) зоопланктона от характеристик уровня оз. Байкал для разных участков исследования за период с 1959 г. по 2021 г. ( $N_{\min}$  – минимальный уровень текущего года;  $N_{\max(-1y)}$  – максимальный уровень предшествующего года;  $dN_{\text{зим}}$  – амплитуда зимней сработки;  $dN_{(-1y)}$  – амплитуда наполнения предшествующего года)

### Залив Черкалов сор

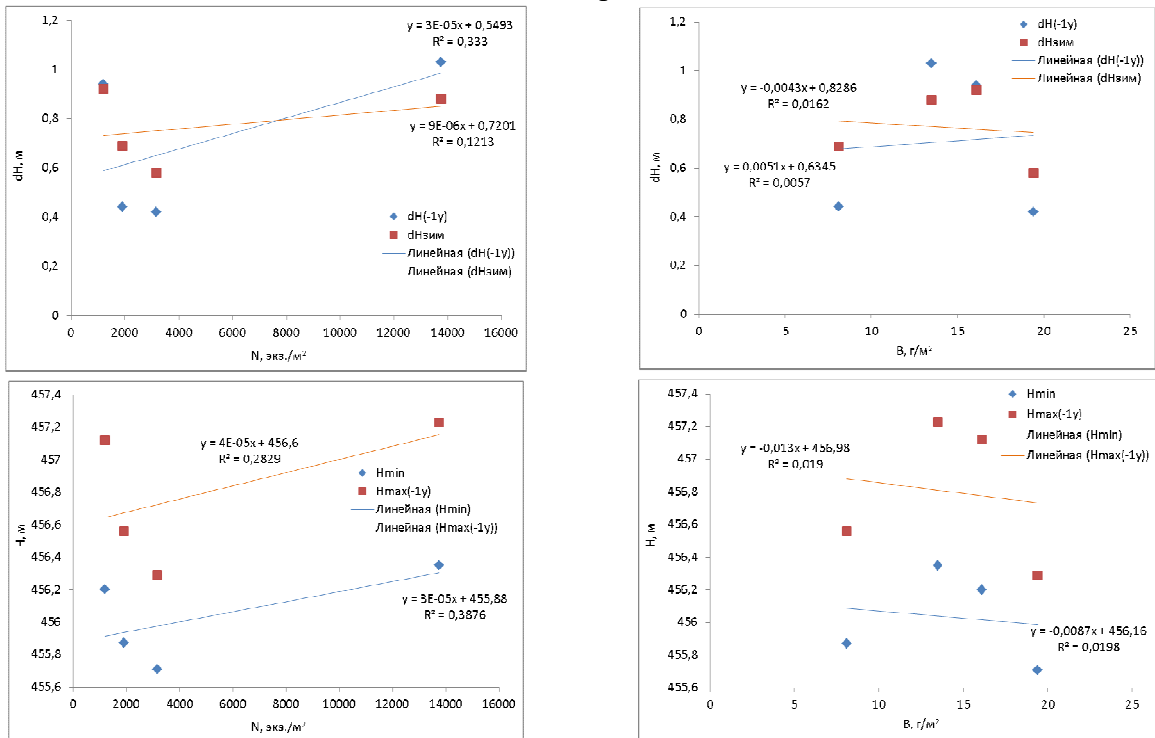


Зависимость численности (N) и биомассы (B) зообентоса от характеристик уровня оз. Байкал для разных участков исследования за период с 1959 г. по 2021 г. ( $N_{\min}$  – минимальный уровень текущего года;  $N_{\max(-1y)}$  – максимальный уровень предшествующего года;  $dN_{\text{зим}}$  – амплитуда зимней сработки;  $dN_{(-1y)}$  – амплитуда наполнения предшествующего года)

Залив Большой Посольский сор



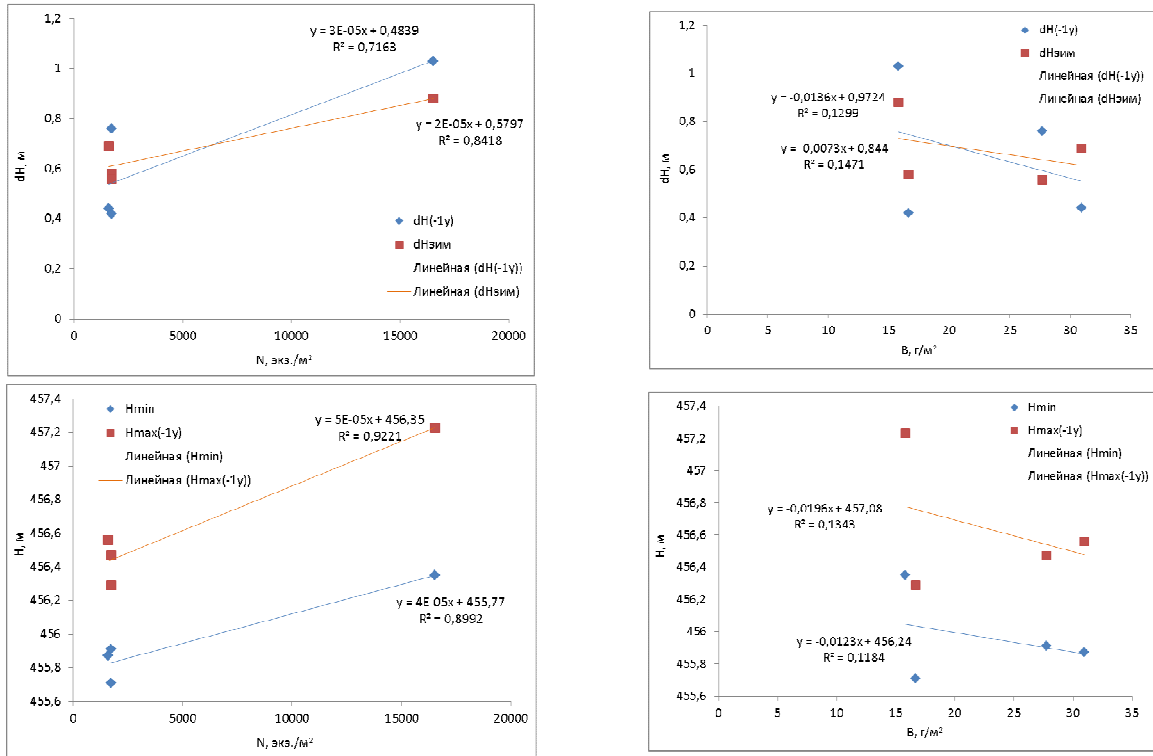
Залив Провал



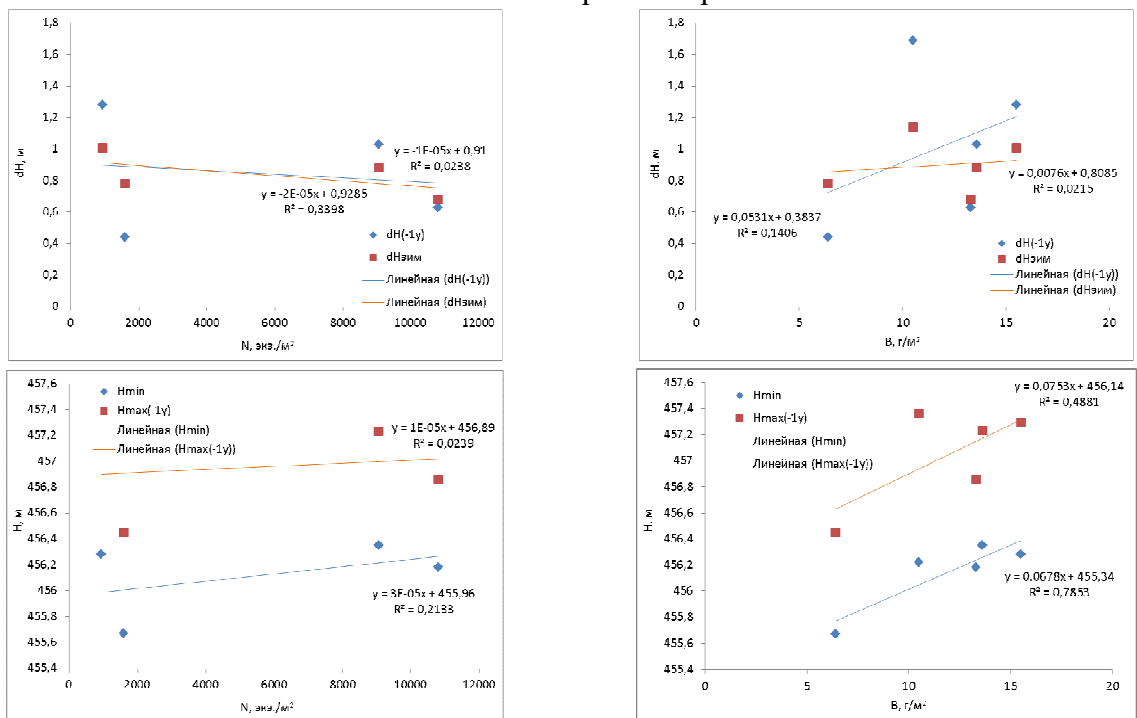


Зависимость численности (N) и биомассы (B) зообентоса от характеристик уровневого режима оз. Байкал для разных участков исследования за период с 1959 г. по 2021 г. ( $N_{\min}$  – минимальный уровень текущего года;  $N_{\max(-1y)}$  – максимальный уровень предшествующего года;  $dN_{\text{зим}}$  – амплитуда зимней сработки;  $dN_{(-1y)}$  – амплитуда наполнения предшествующего года)

### Залив Черкалов сор



### Залив Ангарский сор



**Определение степени влияния изменения уровня озера Байкал на  
рыбохозяйственные и популяционные характеристики байкальской ихтиофауны и  
её кормовой базы (выборка из отчета Байкальского филиала ФГБНУ «ВНИРО» -  
«БайкалНИРО»)**

**1. Анализ имеющейся информации о воздействии регулирования уровня озера Байкал на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания**

Колебания уровня воды в озере Байкал помимо естественных причин с середины 20 века определяются режимом эксплуатации Иркутской ГЭС.

Принципиально отметить, что в историческом аспекте серьезного эффекта от техногенного воздействия на биоту и ресурсы Байкала до этого момента зарегистрировано не было. Сооружение плотины в истоке реки Ангара произвело коренные изменения в экологических процессах уникального озера: затопление более 500 км<sup>2</sup> береговой зоны, повышение среднего уровня воды на 0,8 м, уменьшение средней амплитуды внутригодовых изменений уровня воды (от 113 до 80 см), сдвиги в сезонном цикле гидрологических фаз (в сторону запаздывания сроков наступления наибольшей сработки и наполнения водоёма) и т.д. [1–3].

Первые сведения о характере и степени воздействия зарегулирования озера Байкал на биоту Байкала и компоненты среды обитания были представлены в монографии «Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала» [4]. В ней сообщалось, что поднятие уровня воды после подпора плотиной Иркутской ГЭС в 1962 г. привело к следующим последствиям:

- переформированию берегов: повсеместно активизировалась абразия, как в «традиционных», местах размыва, так и на участках, где ранее преобладала аккумуляция. Размыв берегов, начавшийся в 1962 г., продолжался в течение почти двух лет. В последующем, в годы высокой водности и штормовой активности усиливались процессы абразии берегов и вдольберегового переноса материала;

- затоплению прибрежной территории площадью около 400 км<sup>2</sup>, увеличению глубин в прибрежных районах, к изменению их гидродинамического режима, переформированию песчаных островов и кос, отделявших заливы от озера, изменению сезонного хода уровня, водообмена между заливами и озером;

– размывание перемычек, отделяющих сор от вод озера, и значительное увеличение ширины прорвы увеличило водообмен Посольского сора с Байкалом в 4-6 раз; температура поверхности летом в заливе понизилась, а осенью, наоборот, стала выше; сезонный максимум температуры стал меньше по величине, время его наступления сместилось с середины июля на конец июля-начало августа;

– почти полному исчезновению из планктона лидирующего вида синезеленых водорослей *Gloetrichia echinulata*, развитию водорослей байкальского комплекса в подледный период весной и в осенние месяцы, бурной вегетации мелких форм диатомовых и протококковых водорослей в летний период, и др. Было высказано мнение, что замена крупной синезеленой *G. echinulata* на мелких синезеленых, диатомей, протококковых и др. создало положительные предпосылки для развития организмов зоопланктона и значительно улучшило кормовую базу Посольского сора;

– смене доминантов в зоопланктоне (сократил присутствие в планктоне вид *Cyclops vicinus*), сдвигам в сезонном ходе величин биомассы зоопланктона на более поздние сроки, понижению численности и биомассы зоопланктона (весной – в 10 раз, в июле-августе – в 1,5-2 раза);

– сокращению численности моллюсков (сфериид и вальват) вплоть до их полного отсутствия в пробах, уменьшению численности амфипод, исчезновению поселения полихет у прорвы, увеличению численности хирономид на илистых грунтах, общему снижению продуктивности водоема;

– положительному эффекту на запасы байкальского омуля в связи с образованием в дельтах рек и сорах дополнительных мелководных прогреваемых участков с повышенной концентрацией планктонных организмов (по В.В. Смирнову и Н.С. Смирновой-Залуми);

– отрицательному влиянию на промысловые виды в связи с депрессией численности байкальских бычков, песчаной широколобки и желтокрылки, нерестящихся в пределах прибрежья, нарушенного зарегулированием озера (по А.М. Мамонтову);

– отрицательному эффекту на омуля через бычка-желтокрылку как кормового объекта, ухудшению условий ската личинки омуля из нерестовых рек [5].

Расчеты *экономического ущерба*, нанесенного рыбным запасам озера в результате строительства Иркутской ГЭС, в 1970-х гг. оценивались в 207,6 тыс. ц омуля, ежегодный ущерб – не менее 1,6 тыс. т, по другим расчетам – 3,25 тыс. т. Позднее были проведены расчеты ущерба мелкому частику, которые при ежегодной потере 296 т за 35 лет составили 10360 т рыбной продукции [2, 3].

В последующем попытка обнаружить связь количественного развития водных биоресурсов с колебаниями уровня была предпринята на примере сообществ

зоопланктона Посольского сора в конце 20 века [6]. Для средней численности планктонных животных за период с 1987 г. по 2000 г. (таблица 1) была установлена статистически достоверная обратная корреляционная связь ( $r = -0,70$ ,  $n = 9$ ) с амплитудой колебаний уровня воды в конце мая – начале июля и прямая связь ( $r = 0,74$ ,  $n = 8$ ) – со средней за май-начало июля температурой воды. Это позволило сделать вывод, что интенсивность прогревания водных масс в сочетании с темпом подъема уровня воды в значительной степени определяют численность и биомассу зоопланктона сора в начале вегетационного сезона.

Таблица 1 – Параметры среды и количественные показатели зоопланктона в Посольском соре в 1987-2000 гг. [6]

	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.
T, °C	13,6	11,4	13,4	14,2	9,3	12,8	–	14,2	15,3
$h_{июнь}/h_{май}$	1,06	1,15	1,07	1,07	1,10	1,11	–	1,08	1,05
N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	115,2	39,4	51,0	99,0	44,9	53,2	49,1	62,5	172,0
B, мг/м <sup>3</sup>	160,7	219,0	198,0	87,0	282,8	203,0	230,2	154,9	537,0

Примечание: T – средняя температура воды;  $h_{июнь}/h_{май}$  – отношение амплитуды колебаний уровня воды; N – численность зоопланктона, B – биомасса зоопланктона; «–» – восстановить данные не представляется возможным

В современных условиях высокой водности наиболее остро стоит проблема размыва песчаных кос, отделяющих экосистемы соров от влияния открытых вод Байкала. На Северном Байкале происходит размыв песчаной косы Ярки, отделяющей Ангарский сор. Ангарский сор является выростным питомником для ценных промысловых рыб озера. Было установлено [7], что поднятие уровня озера, а также уменьшение в 1970-х годах стока наносов впадающих в Ангарский сор рек вследствие строительства участка БАМ привело к отступанию береговой линии бара Ярки и сокращению площади бара в среднем в 3,5 раза, разделению промоинами ранее сплошной аккумулятивной формы бара, свободному проникновению вод Байкала в Ангарский сор. Пессимистичный прогноз размыва косы Ярки и негативных последствий для экосистемы Ангарского сора поддерживается другими исследователями [8]. О размыве баров вследствие поднятия уровня озера сообщается и в ежегодных государственных докладах [1].

Одним из важных признаков, характеризующих воспроизводительную способность популяции, является плодовитость и соотношение полов в нерестовом стаде. Нами проведен анализ доли самок в популяции в зависимости от уровня озера.

В годы со значительными по амплитуде изменениями уровня Байкала (1959–1983 гг.), обусловленных зарегулированием стока р. Ангары плотиной Иркутской ГЭС и

естественными причинами (маловодье 1980–1982 гг.), связь уровня режима озера и доли самок в поколениях омуля была достаточно высокой ( $r = 0,77$ ). При изменении условий жизни молоди, связанных с изменением уровня, популяция реагировала увеличением либо уменьшением доли самок при детерминации пола. Так, например, при подъеме уровня воды в озере, в поколениях повышалась доля самок, и, напротив, при понижении уровня преобладали самцы. Повышение доли самок может быть связано с увеличением нагульных площадей в период подъема уровня Байкала плотиной, вымыванием биогенных веществ при размыве берегов и лучшими условиями для откорма и выживания молоди, а также разным термическим режимом приустьевых мелководных пространств. Известно, что при улучшении условий популяция реагирует увеличением доли самок [9]. С середины 1980-х гг. сезонные колебания уровня Байкала были максимально приближены к естественным, что выразилось в снижении связи доли самок в поколениях с уровнем озера [10].

В связи со всем перечисленным проблема возможных пределов регулирования уровня в озере продолжает оставаться актуальной до настоящего времени.

## **2. Характер и степень воздействия регулирования уровня озера Байкал на качественные и количественные показатели зоопланктона и зообентоса на участках прибрежно-соровой зоны озера Байкал за период 1959-2022 гг.**

Проведенный анализ архивных и опубликованных материалов показал, что наиболее полно проблема влияния изменений уровня Байкал на компоненты его биоты была рассмотрена в работе «Лимнология прибрежно-соровой зоны озера Байкал» [4], в которой сообщалось, что «В связи с общим подъемом уровня воды в прибрежной полосе активизировались экодинамические процессы (размыв, транспортировка, аккумуляция). Произошли изменения гидрологических и гидрохимических показателей в прибрежной зоне, что оказало влияние на биоценологические факторы литоральной зоны. Особенно эти изменения оказались заметными в обширных мелководных заливах (сорах) и прибрежных отчлененных озерах (лиманах). Некоторые из озер в результате общего подъема уровня соединились с Байкалом, в связи с чем в их режиме произошли существенные изменения» [4].

В последующем попытка обнаружить связь количественного развития водных биоресурсов с колебаниями уровня была предпринята на примере сообществ зоопланктона Посольского сора [6], согласно результатам которой было показано, что интенсивность прогревания водных масс (прямо) в сочетании с темпом подъема уровня

воды (обратно) в значительной степени определяют численность и биомассу зоопланктона сора в начале вегетационного сезона.

Следующая попытка вернуться к проблеме влияния колебаний уровня Байкала на компоненты биоты (зоопланктон и зообентос) предпринята в рамках настоящего исследования. Его опорой выступают материалы проведённых ранее гидробиологических исследований, порой разноплановых, дополненных результатами работ 2022 года. Результаты анализа, в том числе регрессионного, количественных показателей зоопланктона и зообентоса (численность и биомасса) за период до 2022 г. в их связи с уровнем Байкала и амплитудой его колебаний представлены в Приложениях Б4, Б5. Полученные зависимости для сообществ зоопланктона исследованных участков (Приложение Б4) имеют низкий уровень достоверности аппроксимации, что, вероятно, связано с недостаточностью и вариабельностью имеющихся биологических данных. Поэтому для участков с чрезвычайно короткими рядами данных (Ангарский сор и дельта Селенги - зоопланктон; дельта Селенги – зообентос) такой анализ не проводился. Тем не менее, наблюдается общее в отклике сообщества зоопланктона включенных в анализ участков на изменение гидрологических характеристик: увеличение биомассы сообщества при уменьшении амплитуды наполнения озера (предшествующего года) и зимней сработки уровня, а также увеличение биомассы сообщества при уменьшении уровней воды в озере (более заметно - максимального в предшествующем году). К этому необходимо добавить, что изменение численности планктонного сообщества большей частью имело согласованную с величинами биомассы направленность. В этом результате нет ничего невероятного: рост биомассы, продукционных характеристик планктонных сообществ с уменьшением глубины водоёмов – явление распространённое. Для заливов Байкала с этим связана и степень изоляции от влияния холодных вод Байкала. Считаем, что полученные зависимости (однонаправленные для рассмотренных участков) необходимо принимать во внимание при принятии управленческих решений по регулированию уровня оз. Байкал, т.к. они могут иметь рыбохозяйственный эффект.

Выявленные зависимости нашли своё отражение и в средних величинах численности и биомассы сообщества зоопланктона для изученных участков при разных уровнях водности (Приложение Б2): повышенных в целом значениях средней биомассы сообщества зоопланктона при среднем и низком уровнях водности в сравнении с таковыми для высокого уровня водности.

Для донных организмов, особенно таких малоподвижных как малоцетинковые черви, пиявки и моллюски наиболее очевиден негативный эффект при понижении уровня воды в озере и осушении акваторий. По данным ИДСТУ СО РАН и БИП СО РАН для

изученных участков прибрежно-соровой зоны площадь осушения при уменьшении уровня от отметки 456,0 м ТО составляет: при уменьшении уровня на 0,3 м – от 1,1 км<sup>2</sup> (Посольский сор) до 13,2 км<sup>2</sup> (дельта Селенги); при понижении уровня на 0,5 м – от 1,9 км<sup>2</sup> (Посольский сор) до 15,7 км<sup>2</sup> (дельта Селенги). В 21 веке близкие к отметке 455,7 м ТО уровни Байкала достигались в 2016 и 2018 гг., а в начале 1980х гг. приближались к отметке 455,3 м ТО. При общей массе только малоподвижных донных беспозвоночных в зоне осушения мелководий дельты Селенги около 8 г (данные 2022 г.) на площади 15,7 км<sup>2</sup> потери кормовой базы могут достигать 125 тонн. Очевидно, что эффект может меняться в зависимости от складывающихся обстоятельств (для этого нужны исследования *по факту*), но общая направленность процессов определена.

Менее однозначна ситуация в сообществе донных беспозвоночных обводнённого участка акватории. Недостаточность имеющихся данных о количественных показателях зообентоса исследованных участков не позволила выполнить расчет средних значений для лет высокой водности (Приложение Б2). Короткие ряды данных и вариабельность биологических данных, как и в ситуации с зоопланктоном, определили низкие в целом коэффициенты достоверности аппроксимации зависимостей биомассы сообщества от состояний уровня и амплитуды его варьирования (Приложение Б5). В отличие от ситуации с планктонным сообществом формулировка определённых выводов осложняется и тем, что вектор направленности биомассы зообентоса для разных участков меняется: как в сторону увеличения значений при увеличении гидрологических показателей, так и в обратном направлении. Решение такой ситуации возможно только при накоплении биологических данных.

Не более определена ситуация и в отношении реакции численности донных организмов, которая для ряда участков выражается зависимостями с высокими и даже максимальными значениями коэффициента достоверности аппроксимации. Для отдельных участков (Черкалов сор, заливы Провал) такие тренды могут быть объяснимы недостаточностью данных и случайностью, хотя вместе с данными по Посольскому сору они формируют представление об увеличении численности донных организмов при повышении минимального и максимального уровней в Байкале, а также амплитуды его варьирования. Возможно, ситуация в Посольском соре складывается именно таким образом, но принимать для этого залива зависимости (и в отношении численности и биомассы) как характерные считаем преждевременным и по причине малого объёма выборки, и неоднозначности ситуации в других заливах.

Полученные результаты и зависимости позволяют сделать вывод, что при отметках уровня воды в Байкале и амплитуды его колебаний выше определённых Постановлением

Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 г. № 234 на участках прибрежно-соровой зоны следует ожидать уменьшения концентрации планктонных организмов в толще воды. На экосистемном уровне функционирование участков прибрежно-соровой зоны до зарегулирования Байкала происходило глубоко в пределах барьеров, очерченных песчаными косами. Повышение Байкала понизило это влияние. Выход уровней за эти пределы усугубит кризис в запасах водных биологических ресурсов оз. Байкал.

### **3. Характер и степень воздействия регулирования уровня режима озера Байкал на биологические показатели промысловых видов рыб, основные показатели среды их обитания на участках прибрежно-соровой зоны озера Байкал.**

При анализе связи уровня режима озера и уловов рыб выявлено наличие зависимости межгодовых изменений уровня озера и уловов рыб в последующие годы. Другими словами, уловы зависят не от уровня озера (он может быть высоким или низким), а от величины его сработки зимой (разница между максимальным уровнем предыдущего года и минимальным следующего).

При сработке уровня оз. Байкал выше или ниже величин, экологически оптимальных для разных видов рыб, оказывается отрицательное влияние на условия и эффективность воспроизводства весенне-нерестующих видов рыб (частиковые, бычковые) и нагула на первых этапах жизни личинок и молоди сиговых. Это влияние проявляется или непосредственно, или опосредованно через кормовую базу, влияя на численность соответствующих поколений.

В качестве модельных объектов для оценки влияния динамики уровня режима оз. Байкал на промысловые уловы были выбраны группы весенне-нерестующих рыб (плотва, окунь, елец, карась), фиксируемых в рыбной промышленности под общим названием «мелкий частик», а также «крупный частик» (щука, язь, сазан), бычки и омуль.

При анализе исходили из следующего. Поскольку основную массу годового улова составляют рыбы смежных поколений, то исходя из возрастного состава уловов тех или иных видов (групп) рыб и роли возрастных групп в общем улове, для установления количественной оценки влияния сработки уровня на промысловые уловы рассматривался комплекс следующих вариантов:

Для мелкого и крупного частика:

– Среднегодовая сработка за 4 года и годовые уловы (например, сработка 1938-1941 гг. и улов 1944 г.);

– Среднегодовая сработка за 5 лет и годовые уловы (например, сработка 1938-1942 и улов 1945 г.);



– Сработка уровня годовая и уловы среднегодовые за 5 лет (например, сработка 1938 г. и среднегодовой улов 1941-1945 гг.).

В анализ включены все годы промысла, за которые есть статистические сведения (с 1938 г.).

Для прибрежно-пелагических бычков рассматривался следующий комплекс вариантов:

– Среднегодовая сработка за 3 года и годовые уловы (например, сработка 1938-1940 гг. и улов 1944 г.)

– Среднегодовая сработка за 4 года и годовые уловы (например, сработка 1938-1941 гг. и улов 1944 г.)

– Среднегодовая сработка за 5 лет и годовые уловы (например, сработка 1938-1942 гг. и улов 1945 г.)

– Сработка уровня годовая и уловы среднегодовые за 3 года (например, поколение 1938 г. и среднегодовой вылов в 1941-1943 гг.)

– Сработка уровня годовая и уловы среднегодовые за 4 года (например, поколение 1938 г. и среднегодовой вылов 1941-1944 гг.)

– Сработка уровня годовая и уловы среднегодовые за 5 лет (например, поколение 1938 г. и среднегодовой вылов 1941-1945 гг.)

В анализ включены годы промысла прибрежно-пелагических бычков в 1941-1972 гг., когда на Байкале существовал их промышленный лов.

Для байкальского омуля рассматривался следующий комплекс вариантов:

– Сработка уровня годовая и соответствующий вылов в среднем за 3, 4, 5, 6 лет.

В анализ включены все годы промысла с 1938 за исключением лет, когда существовал запрет на его лов.

Слово «сработка» действительно, не имеет отношения к естественному режиму. Имеется ввиду снижение уровня естественным путем зимой. Снижение уровня зимой было и до зарегулирования и после. Поэтому правильнее называть не «сработка уровня», а «разница между максимальным уровнем предыдущего года и минимальным текущего».

На рис. 1 показана зависимость уловов от сработки уровня озера в зимний период.

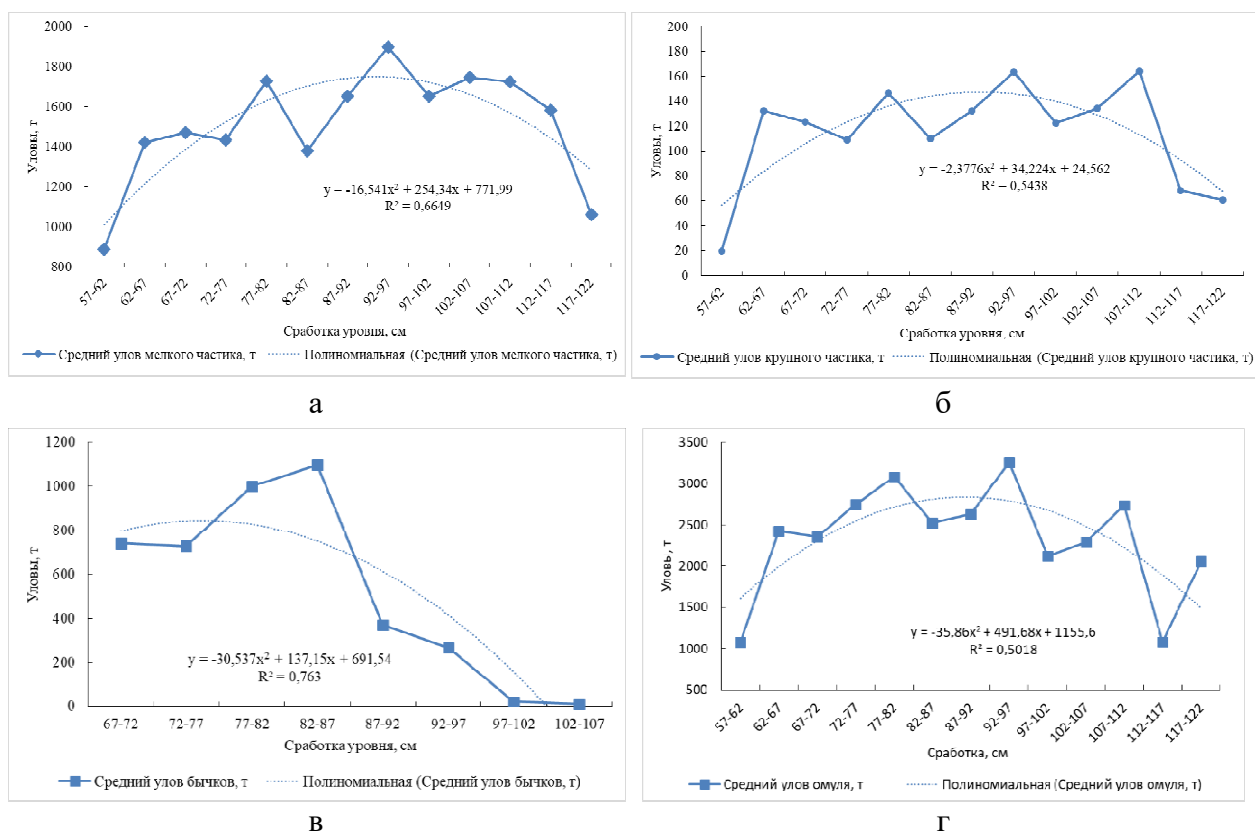


Рисунок 1 – Зависимость уловов от сработки уровня оз. Байкал: а – мелкого частика; б – крупного частика; в – бычков; г – омуля

Точка перегиба полиномов есть не что иное, как точка максимальной промысловой рыбопродуктивности мелкого частика, крупного частика, бычков и омуля. Отклонения в большую или меньшую сторону ведут к снижению уловов в последующие годы.

Таким образом, для всей частиковой группы рыб и байкальского омуля оптимальной с точки зрения рыбопродуктивности является зимняя сработка уровня около 91-93 см. Бычок-желтокрылка гораздо более чувствителен к изменению уровня и уже при сработке уровня выше 73 см отвечает снижением численности популяции. Другими словами, величина сработки уровня в 91-93 см для частика и омуля соответствует экологическому оптимуму для этих видов. Для прибрежно-пелагических бычков в связи с особенностями условий размножения экологически оптимальным является значительно более низкий уровень сработки (73 см).

*Выживаемость молоди омуля большереченской популяции во время нагула Посольском соре.*

С 2018 по 2021 гг. БайкалНИРО проводило работы по выживаемости заводских личинок в первый месяц жизни после выклева на Большереченском рыбоводном заводе. С этой целью в середине июня проводились траловые съемки Посольского сора по

фиксированным точкам с целью подсчета численности нагуливающейся молоди омуля (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительные результаты траловых съемок Большого Посольского сора в 2018-2021 гг.

Год	Дата	Средний возраст личинок, сут.	Выпуск БРЗ, млн	Средняя плотность, шт/м <sup>2</sup>	Количество, млн	% от выпуска (выживаемость)
2021	8 июня	около 24	720	2,81	382	53,06
2020	13 июня	32	473	0,64	77	16,28
2019	13 июня	36	389	0,48	57	14,65
2018	6 июня	21	70	0,12	18	25,71

Таким образом, выживаемость молоди омуля оказалась максимальной весной 2021 года. Это может быть связано с высоким уровнем Байкала (предыдущие годы были маловодными).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После введения моратория на промышленный лов байкальского омуля в 2017 г., рыбный промысел в настоящее время ориентирован на вылов частичковых видов рыб (плотва, окунь, елец, щука, карась, сазан, лещ), дающих до 60 % общих уловов. Несмотря на запрет, вылов омуля по спецлимитам (в научных целях, в целях воспроизводства, в рамках традиционного образа жизни народов Севера) составляет до 17 %.

Какой-либо значимой зависимости рыбопродуктивности от уровня воды в озере не выявлено. Выявлена связь динамики уровня озера, а именно величины его сработки в зимний период с уловами рыбы в последующие годы.

Влияние изменения уровня воды в Байкале на рыбопродуктивность рассматривалось с точки зрения изменения условий обитания в период размножения и нагула молоди; возможного изменения температурного режима и, как следствие, опосредованно - через трофические связи.

Выяснено, что при сработке уровня оз. Байкал выше или ниже величин, в целом характерных для экосистемы, оказывается отрицательное влияние на условия и эффективность воспроизводства весеннерестующих видов рыб (частиковые, бычковые) и нагула на первых этапах жизни личинок и молоди омуля. Это влияние проявляется или непосредственно, или опосредованно через кормовую базу, влияя на численность соответствующих поколений.

С этой целью проведен анализ взаимосвязи сезонной динамики уровня оз. Байкал и уловов в последующие годы. Выявлено наличие зависимости межгодовых изменений

уровня озера и уловов рыб в последующие годы. Другими словами, уловы зависят не от уровня озера, а от величины его сработки зимой (разница между максимальным уровнем предыдущего года и минимальным следующим).

В качестве модельных объектов для оценки влияния динамики уровня озера на промысловые уловы были выбраны группы весеннерестующих рыб (плотва, окунь, елец, карась), фиксируемых в рыбной промышленности под общим названием «мелкий частик», а также «крупный частик» (щука, язь, сазан), бычки и омуль.

Для всей частиковой группы рыб и байкальского омуля оптимальной с точки зрения рыбопродуктивности является зимняя сработка уровня около 91-93 см. Бычок-желтокрылка гораздо более чувствителен к изменению уровня и уже при сработке уровня выше 73 см отвечает снижением численности популяции.

Результаты работ по выяснению выживаемости молоди посольского омуля на первом месяце жизни во время нагула в Посольском соре свидетельствуют о том, выживаемость может зависеть от уровня озера. Так, выживаемость молоди посольской популяции в многоводный 2021 г. была в 2-3 раза выше, чем в 2018-2020 гг.

Анализ доступной информации указывает на то, что колебания уровня воды в озере Байкал вызывают эффекты, которые отражаются на состоянии сообществ зоопланктона и зообентоса заливов. Зарегулирование Байкала плотиной Иркутской ГЭС вызвали серьезные изменения в среде обитания водных биоресурсов, перестройку структуры сообществ планктона и бентоса со сменой преобладающих видов, сдвиги в сезонном ходе величин биомассы, снижение количественных показателей организмов, связанное с этим ухудшение кормовых условий водоема.

По материалам 1990х гг. было показано, что интенсивность прогревания водных масс (прямо) в сочетании с темпом подъема уровня воды (обратно) в значительной степени определяют численность и биомассу зоопланктона сора в начале вегетационного сезона.

На основе данных за 1959-2022 г. для изученных участков прибрежно-соровой зоны выполнен регрессионный анализ и получены зависимости динамики количественных показателей зоопланктона и зообентоса от характеристик уровня озера. Выявлены повышенные в целом значения средней биомассы сообщества зоопланктона при среднем и низком уровнях водности в сравнении с таковыми для высокого уровня водности. Наблюдается общее в отклике сообществ зоопланктона включенных в анализ участков на изменение гидрологических характеристик: увеличение биомассы сообщества при уменьшении амплитуды наполнения озера (предшествующего года) и зимней сработки уровня, а также увеличение биомассы сообщества при уменьшении уровней

воды в озере. Считаем, что полученные зависимости необходимо принимать во внимание при принятии управленческих решений по регулированию уровня оз. Байкал, т.к. они могут иметь рыбохозяйственный эффект.

Для донных организмов, особенно таких малоподвижных, как малоцетинковые черви, пиявки и моллюски наиболее очевиден негативный эффект при понижении уровня воды в озере и осушении акваторий.

Менее однозначна ситуация в сообществе донных беспозвоночных обводнённого участка акватории. Недостаточность имеющихся данных не позволила выполнить расчет средних значений количественных показателей зообентоса исследованных участков для лет высокой водности. Результаты регрессионного анализа для разных участков различаются: вектор направленности биомассы зообентоса меняется как в сторону увеличения значений при увеличении гидрологических показателей, так и в обратном направлении. Не более определённая ситуация и в отношении реакции численности донных организмов, которая для ряда участков выражается зависимостями с максимальными значениями коэффициента достоверности аппроксимации, что для малых выборок может объясняться случайностью. Тем не менее, в общей картине такие зависимости формируют представление об увеличении численности донных организмов при повышении минимального и максимального уровней в Байкале, а также амплитуды его варьирования. Окончательное решение вопроса видится только в накоплении биологических данных.

Полученные результаты и зависимости позволяют сделать вывод, что при отметках уровня воды в Байкале и амплитуды его колебаний выше определённых Постановлением Правительства Российской Федерации от 26.03.2001 г. № 234 на участках прибрежно-соровой зоны следует ожидать уменьшения концентрации планктонных организмов в толще воды. На экосистемном уровне функционирование участков прибрежно-соровой зоны до зарегулирования Байкала происходило глубоко в пределах барьеров, очерченных песчаными косами. Повышение Байкала понизило это влияние. Выход уровней за эти пределы усугубит кризис в запасах водных биологических ресурсов оз. Байкал.

## Литература (Приложение Б6)

1. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2019 году». – Иркутск : АНО «КЦ Эксперт», 2020. – 342 с.
2. Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. – 280 с.
3. Рыбы озера Байкал и его бассейна. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. – 263 с.
4. Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. – Новосибирск: Наука, 1977. – 313 с.
5. Топорков И. Г. Биологические основы восстановления запасов омуля в озере Байкал и пути рационального их использования // Рыбохозяйственное значение прибрежно-соровой зоны озера Байкал. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 1981. – С. 97–107.
6. Оценка уровня развития кормовой базы и приемная емкость прибрежно-соровой системы оз. Байкал: отчет о НИР (заключительный за 1997–2000 г.) / А. И. Бобков, В. П. Павлицкая // Фонды БФ ФГБНУ «Госрыбцентр». – Улан-Удэ, 2001. – 79 с.
7. Потёмкина Т. Г., Ярославцев Н. А., Петров В. А. Гидролого-морфологические особенности устьевой области р. Верхняя Ангара // Водные ресурсы. – 2012. – Т. 39, №. 4. – С. 367–367.
8. Цыдыпов Б. З., Гармаев Е. Ж., Аюржанаев А. А., Андреев С. Г., Батоцыренов Э. А., Алымбаева Ж. Б. Пространственно-временная динамика береговой линии Севера оз. Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 11 (94). – С. 111–116.
9. Никольский Г. В. Экология рыб. – М.: Высшая школа, 1974. – С. 152–197.
10. Базов А. В., Базова Н. В., Смирнов В. В. Формирование полового состава нерестового стада селенгинской популяции байкальского омуля // Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Биология. Экология, 2012. – Т. 5. – № 4. – С. 64–72.

Расположение гнезд у разных видов птиц

№	Расположение гнезд	Виды птиц
1	На воде	Чомга, красношейная и серошекая поганки, лысуха, белошекая крачка
2	У самой кромки воды, на тростнике	Краснозобая и чернозобая гагары, красношейная поганка, лебедь-кликун, красноголовая чернеть, каменушка, болотный лунь, восточный болотный лунь, пастушок, погоньш-крошка, черная крачка
3	На кочках, осочниках	Выпь, серый гусь, лебедь-кликун, черная кряква, болотный лунь, восточный болотный лунь, коростель, погоньш-крошка, чибис, турухтан, травник, поручейник, длиннопалый песочник, гаршнеп, азиатский бекасовидный веретенник, большой веретенник, бекас, азиатский бекас, большой кроншнеп, монгольская и сизая чайки, белокрылая и белошекая крачки
4	Невдалеке от воды, на <u>прибрежных деревьях и в кустах</u>	Широконоска, <u>скопа</u> , <u>орлан-белохвост</u> , малый зуек, мородунка, чеграва
5	В норах, трещинах скал, постройках, <u>дуплах</u> , <u>деревьях</u> , обрывах	<u>Большой баклан</u> , серая цапля, огарь, <u>гоголь</u> , <u>луток</u> , <u>большой крохаль</u> , черныш, сибирский пепельный улит, береговушка, белая трясогузка, тростниковая овсянка
6	На земле по окраинам болот и пойм, нередко вдали от воды, в <u>сухих местах</u>	Большой баклан, гуменник, сухонос, кряква, чирок-свистун, клоктун, касатка, <u>серая утка</u> , свиязь, шилохвость, чирок-трескунок, хохлатая чернеть, <u>горбоносый турпан</u> , <u>длинноносый крохаль</u> , <u>большой крохаль</u> , полевой лунь, перепела обыкновенный и японский, серый журавль, красавка, черныш, фифи, большой улит, перевозчик, азиатский бекасовидный веретенник, озерная чайка, малая чайка, речная крачка, болотная сова, удод, <u>рогатый</u> и полевой жаворонки, степной, полевой и пятнистый коньки, желтая и желтоголовая трясогузки, черноголовый чекан, пятнистый и певчий сверчки, толстоклювая камышевка

Изменение уровня воды и ее влияние на численность водоплавающих и  
околоводных птиц

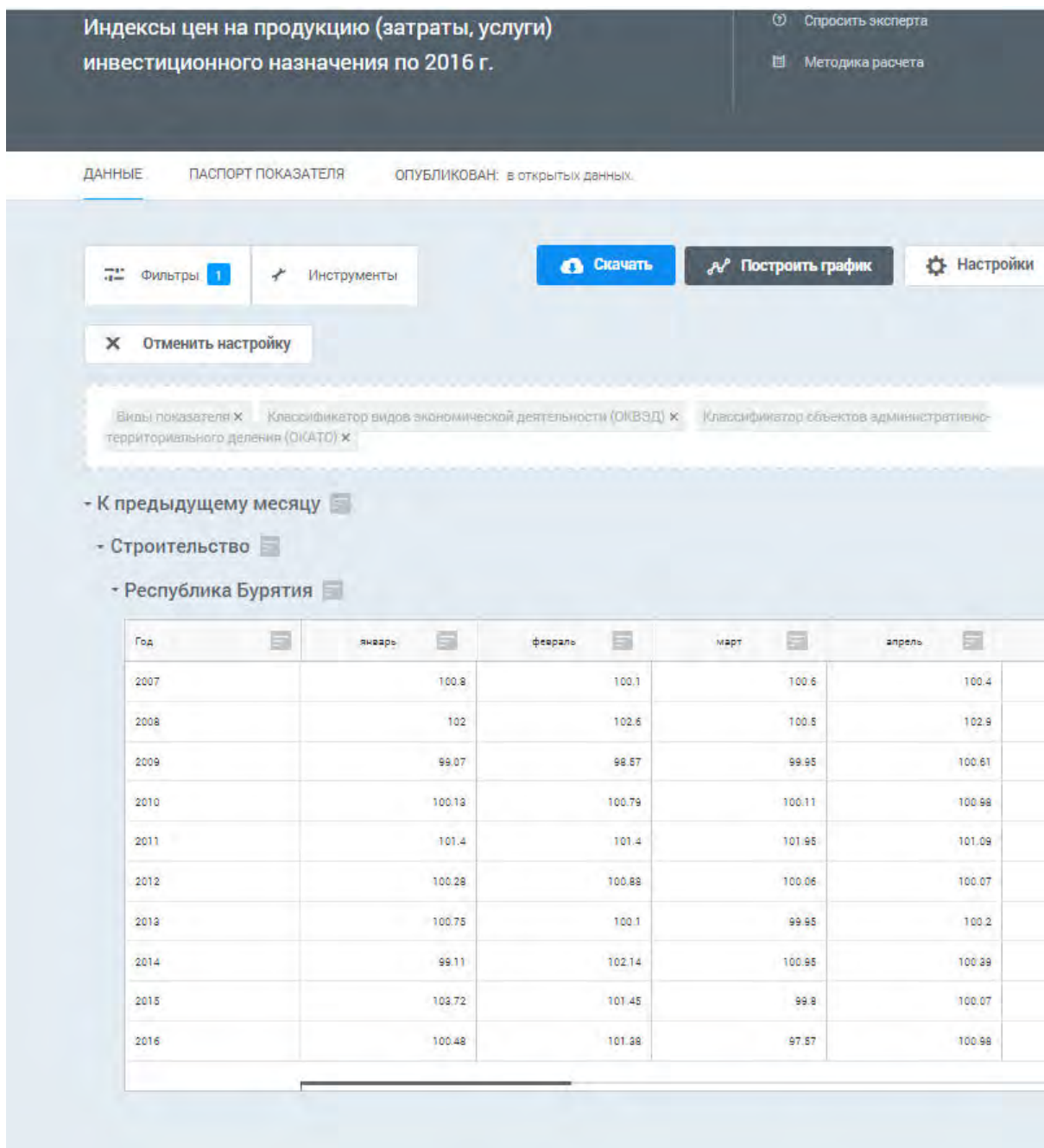
Виды	Повышение уровня		Понижение уровня	
	Благоприятно	Негативно	Благоприятно	Негативно
Краснозобая гагара		+++	?	
Чернозобая гагара		++	?	
Красношейная поганка	+			+
Черношейная поганка	+			+
Серощекая поганка		?	+	
Чомга	+			+
Большой баклан		+	+	
Серая цапля	+ (кроме особо больших паводков)			+
Большая выпь	+			+
Серый гусь		+++	?	
Сухонос		+++	?	
Лебедь-кликун		+	?	
Огарь		+	+	
Кряква		+	+	
Чирок-свистун		+	+	
Шилохвость		+	+	
Серая утка		++	+	
Связь		?	?	
Касатка		++	+	
Чирок-трескун		+	+	
Широконоска		+	+	
Хохлатая чернеть		++	+	
Красноголовая чернеть		+	+	
Луток		++	+	
Длинноносый крохаль		+	+	
Полевой лунь		+	+	
Болотный лунь	+			+
Пегий лунь		?	+	
Бородатая куропатка		+	+	
Серый журавль	+			+
Погоньш-крошка		+	+	
Лысуха	+			+
Малый зуек		++	+	
Чибис	+			+
Черныш		+	+	
Фифи	+			+
Большой улит		+++	+	
Поручейник		+		++
Перевозчик	+			+
Турухтан	+			+



Виды	Повышение уровня		Понижение уровня	
	Благоприятно	Негативно	Благоприятно	Негативно
Большой веретенник	+			+
Бекас		+	+	
Большой кроншнеп		+++	+	
Аз. бекасов. веретенник	+			++
Озерная чайка		+	+	
Малая чайка	+			+
Сизая чайка		+	+	
Монгольская чайка		+	+	
Белокрылая крачка	+			+
Белощекая крачка	+			+
Черная крачка	+			+
Речная крачка	+			+
Чеграва		+	+	
Береговая ласточка		++	+	
Полевой жаворонок		+	+	
Рогатый жаворонок		+	+	
Усатая синица		+	+	

Обозначения: + - нормальное изменение или близкое к таковому; ++ - значительное изменение; +++ (при негативном влиянии) - очень сильное изменение, в ряде случаев приводящее к полному исчезновению, ? – нет данных

Индексы-дефляторы в Республике Бурятия за период 2007-2022 гг.



- Строительство

- Республика Бурятия

Год		май	июнь	июль	август
2007	100,4	100,7	100,5	100,5	100,3
2008	102,9	99	103,7	102,1	103,1
2009	100,61	100,19	99,96	101,02	99,93
2010	100,98	100,7	100,7	100,43	100,28
2011	101,09	102,1	99,51	101,32	100,72
2012	100,07	100,13	100,68	100,07	99,97
2013	100,2	100,63	99,85	100,72	100,37
2014	100,39	100,83	99,91	101,13	99,37
2015	100,07	100,25	100,44	100,25	102,47
2016	100,98	102,07	101,76	102,22	102,38

- Строительство

- Республика Бурятия

Год		сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2007	100,3	100,6	101,5	101,2	100,7
2008	102,1	101,1	100,3	101,5	101
2009	99,93	100,12	100,62	99,73	101,65
2010	100,28	100,57	100,07	100,09	100,17
2011	100,72	99,52	100,79	99,75	100,57
2012	99,97	100,39	100,03	100,19	100,01
2013	100,37	100,1	99,81	99,78	99,99
2014	99,37	100,85	100,21	101,89	101,26
2015	102,47	101,75	99,85	101,21	102,51
2016	102,28	101,99	99	99,3	100,76

СТРОИТЕЛЬСТВО

Классификатор объект...	Показатель	Год	январь	февраль	март	апрель
Республика Бурятия	Индексы цен на продукцио...	2017	98,95	102,14	98,99	101,82
		2018	100,19	100,28	100,48	99,94
		2019	100,91	100,59	100,21	100,75
		2020	99,99	100,57	100,57	100,17
		2021	99,99	99,98	100,19	100,36
		2022	101,22	100,67	108,48	102,38

СТРОИТЕЛЬСТВО

Классификатор объект...	Показатель	Год	май	июнь	июль	август
Республика Бурятия	Индексы цен на продукцио...	2017	101,56	101,12	101,56	99,95
		2018	100,88	100,1	100,27	99,49
		2019	100,59	100,63	100,15	100,24
		2020	100,12	99,76	99,9	100
		2021	100,03	100,46	100,38	100,22
		2022	101,9	100,8	100,36	101,46

СТРОИТЕЛЬСТВО

Классификатор объект...	Показатель	Год	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Республика Бурятия	Индексы цен на продукцио...	2017	100,99	99,19	98,85	102,08
		2018	100,3	102,73	101,57	101,98
		2019	100,03	99,97	99,33	99,78
		2020	99,65	99,54	99,35	99,69
		2021	100,1	99,94	100,21	100,19

Таблица 1 – Индекс-дефлятор за период 2007-2022 гг.

Год	Индекс-дефлятор (январь 2007 г. - август 2022 г. ) за год
2007	1,0818
2008	1,2219
2009	1,014
2010	1,0513
2011	1,1067
2012	1,0279
2013	1,0227
2014	1,0798
2015	1,148
2016	1,1021
2017	1,0693
2018	1,0858
2019	1,0157
2020	0,9267
2021	1,0202
2022	1,1845
январь 2007 г. к сентябрю 2022 г.	2,96

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г2

Таблица 1 – Стоимостные оценки ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Республики Бурятия в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС (верхний бьеф Республика Бурятия)

Диапазоны	457 - 457,1	457 - 457,2	457 - 457,3	457 - 457,4	457 - 457,5	457 - 457,6	457 - 457,7	458 - 457,8	457 - 457,85
<b>1. Стоимостная оценка потерь земельных, лесных, сельскохозяйственных, охотничье-промысловых, рыбных ресурсов, изменения состояния прибрежных экосистем, оценка затрат на восстановление продуктивности; оценка ущерба объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов), сельскому хозяйству (стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции, оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв), социальным объектам и домохозяйствам, с учетом влияния</b>	351 855,50	2 002 361,60	2 059 950,60	2 108 250,00	3 653 457,70	3 948 883,10	3 964 453,80	4 200 562,30	4 202 918,50

Диапазоны	457 - 457,1	457 - 457,2	457 - 457,3	457 - 457,4	457 - 457,5	457 - 457,6	457 - 457,7	458 - 457,8	457 - 457,85
<b>регулирования уровня озера в его прибрежной части</b>									
1.1. Хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов)	279 552,70	288 296,20	288 383,70	288 390,40	744 042,70	744 073,60	744 369,60	825 553,00	825 553,00
1.1.1. Объектам транспорта	27 832,50	34 818,20	34 905,70	34 912,40	203 614,90	203 645,80	203 645,80	254 822,60	254 822,60
1.1.2. Объектам промышленности	0,00	0,00	0,00	0,00	276 284,10	276 284,10	276 284,10	305 299,30	305 299,30
1.1.3. Объектам энергетики	311,30	2 069,10	2 069,10	2 069,10	7 536,40	7 536,40	7 536,40	8 330,50	8 330,50
1.1.4. Инженерным сетям (водопроводные, канализационные, очистные)	101,20	101,20	101,20	101,20	1 145,00	1 145,00	1 145,00	1 145,00	1 145,00
1.1.5. Берегозащитным сооружениям	251 307,70	251 307,70	251 307,70	251 307,70	255 462,30	255 462,30	255 462,30	255 462,30	255 462,30
1.1.6. Другим производственным объектам, включая ведомственные	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	296,00	493,30	493,30
1.2. Сельскому хозяйству	3 777,90	1 051 341,90	1 051 791,10	1 052 230,40	1 052 661,10	1 053 111,80	1 053 549,30	1 053 998,30	1 056 354,50
1.3. Социальным объектам и домохозяйствам	68 524,90	662 723,50	719 775,80	767 629,20	1 856 753,90	2 151 697,70	2 166 534,90	2 321 011,00	2 321 011,00

Диапазоны	457 - 457,1	457 - 457,2	457 - 457,3	457 - 457,4	457 - 457,5	457 - 457,6	457 - 457,7	458 - 457,8	457 - 457,85
1.3.1. Жилым зданиям и домохозяйствам (в том числе компенсационные выплаты населению)	52 750,10	646 948,70	646 949,40	646 950,00	1 734 026,30	1 751 830,80	1 766 668,00	1 917 953,20	1 917 953,20
1.3.2. Предприятиям питания, торговли	0,00	0,00	0,00	0,00	2 048,40	2 048,40	2 048,40	5 239,30	5 239,30
1.3.3. Прочим социальным объектам (школы, детские сады, учреждения здравоохранения, спортивные сооружения, лагеря отдыха, спортивные лагеря, учреждения культуры, метеостанции, спасательные станции, кладбища, сакральные места и т.д.)	15 774,80	15 774,80	72 826,40	120 679,20	120 679,20	397 818,50	397 818,50	397 818,50	397 818,50
1.3.3.1. в результате подтопления	0,00	0,00	27 436,30	68 555,10	68 555,10	304 824,20	304 824,20	304 824,20	304 824,20
1.3.3.2. в результате затопления	15 774,80	15 774,80	40 028,80	46 762,80	46 762,80	63 390,60	63 390,60	63 390,60	63 390,60
1.3.3.3. в результате абразии	0,00	0,00	5 361,30	5 361,30	5 361,30	29 603,70	29 603,70	29 603,70	29 603,70
<b>2. Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов, включая все категории земель (в том числе ООПТ)</b>	<b>4 979 531,70</b>	<b>9 953 050,60</b>	<b>14 929 582,40</b>	<b>19 906 101,10</b>	<b>24 882 632,40</b>	<b>29 859 152,80</b>	<b>34 835 686,20</b>	<b>37 440 584,00</b>	<b>38 879 121,30</b>
А) Стоимостная оценка земельных ресурсов от затопления	14,00	15,30	18,10	19,20	21,50	24,30	28,80	33,10	34,80



Диапазоны	457 - 457,1	457 - 457,2	457 - 457,3	457 - 457,4	457 - 457,5	457 - 457,6	457 - 457,7	458 - 457,8	457 - 457,85
Б) Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов от абразии	4 979 517,70	9 953 035,30	14 929 564,30	19 906 081,90	24 882 610,90	29 859 128,50	34 835 657,40	37 440 550,90	38 879 086,50
2.1. Земли лесного фонда (без продукции лесного хозяйства)	1 682 170,20	3 364 327,60	5 046 486,60	6 728 643,80	8 410 802,30	10 092 961,20	11 775 121,90	12 655 629,80	13 141 879,80
2.1.1. в результате абразионных процессов	1 682 156,20	3 364 312,30	5 046 468,50	6 728 624,60	8 410 780,80	10 092 936,90	11 775 093,10	12 655 596,70	13 141 845,00
2.1.2. в результате затопления	14,00	15,30	18,10	19,20	21,50	24,30	28,80	33,10	34,80
2.2. Земли ООПТ	3 297 361,50	6 588 723,00	9 883 095,80	13 177 457,30	16 471 830,10	19 766 191,60	23 060 564,30	24 784 954,20	25 737 241,50
2.2.1. в результате абразионных процессов	3 297 361,50	6 588 723,00	9 883 095,80	13 177 457,30	16 471 830,10	19 766 191,60	23 060 564,30	24 784 954,20	25 737 241,50
2.2.2. в результате затопления	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>3. Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов (от вредного воздействия вод древесным, пищевым лесным ресурсам и лекарственным растениям на территории зон затопления и абразионных участках)</b>	<b>63 681,90</b>	<b>89 262,80</b>	<b>92 521,90</b>	<b>95 832,00</b>	<b>99 257,80</b>	<b>106 812,70</b>	<b>110 037,10</b>	<b>113 327,70</b>	<b>115 818,60</b>
3.1. В результате абразионных процессов	48 151,10	72 226,70	74 035,70	75 844,70	77 653,70	79 462,70	81 271,70	83 080,70	84 889,70
3.2. В результате затопления	15 530,80	17 036,10	18 486,20	19 987,30	21 604,10	27 350,00	28 765,40	30 247,00	30 928,90
<b>4. Ущерб охотничье-промысловым ресурсам и объектам</b>	<b>51 047,82</b>	<b>85 138,02</b>	<b>114 705,42</b>	<b>140 874,12</b>	<b>163 706,52</b>	<b>183 616,32</b>	<b>201 224,22</b>	<b>201 224,22</b>	<b>223 781,22</b>

Диапазоны	457 - 457,1	457 - 457,2	457 - 457,3	457 - 457,4	457 - 457,5	457 - 457,6	457 - 457,7	458 - 457,8	457 - 457,85
<b>животного мира, занесенным в Красную книгу Республики Бурятия</b>									
<b>Снижение потенциала экономического развития (сумма пп. 1-4)</b>	<b>5 446 116,92</b>	<b>12 129 813,02</b>	<b>17 196 760,32</b>	<b>22 251 057,22</b>	<b>28 799 054,42</b>	<b>34 098 464,92</b>	<b>39 111 401,32</b>	<b>41 955 698,22</b>	<b>43 421 639,62</b>
<b>5. Ущерб редким видам растений, занесенных в Красную книгу Республики Бурятия</b>	<b>223,80</b>	<b>273,60</b>	<b>288,00</b>	<b>306,00</b>	<b>351,60</b>	<b>513,00</b>	<b>718,20</b>	<b>718,20</b>	<b>3 098,40</b>
<b>6. Ущерб почвам как объекту окружающей среды в результате абразии</b>	<b>29 028 796,90</b>	<b>44 575 110,00</b>	<b>46 893 431,30</b>	<b>53 085 375,00</b>	<b>59 912 156,30</b>	<b>64 011 431,30</b>	<b>65 738 503,10</b>	<b>65 738 503,10</b>	<b>67 170 937,50</b>
<b>7. Снижение рекреационного и природоохранного потенциала затопляемых и подтопляемых территорий</b>	<b>194 799,85</b>	<b>284 550,63</b>	<b>505 503,70</b>	<b>582 433,41</b>	<b>876 492,50</b>	<b>1 101 091,72</b>	<b>1 489 507,15</b>	<b>1 875 313,10</b>	<b>2 261 375,11</b>
<b>7.1. Снижение рекреационного потенциала</b>	<b>194 799,85</b>	<b>284 550,63</b>	<b>464 960,00</b>	<b>541 889,71</b>	<b>805 951,80</b>	<b>1 021 401,42</b>	<b>1 409 816,85</b>	<b>1 795 622,80</b>	<b>2 181 684,81</b>
<b>7.1.1. Снижение рекреационного потенциала в результате затопления (коллективные средства размещения)</b>	<b>21 368,40</b>	<b>39 359,10</b>	<b>44 247,20</b>	<b>45 632,20</b>	<b>100 319,10</b>	<b>143 111,60</b>	<b>228 610,10</b>	<b>314 111,50</b>	<b>399 612,00</b>

Диапазоны	457 - 457,1	457 - 457,2	457 - 457,3	457 - 457,4	457 - 457,5	457 - 457,6	457 - 457,7	458 - 457,8	457 - 457,85
7.1.2. Снижение рекреационного потенциала в результате подтопления (коллективные средства размещения)	20 102,80	55 783,70	188 576,70	235 354,90	322 175,20	464 611,50	741 337,60	1 017 682,20	1 303 269,30
7.1.3. Снижение рекреационного потенциала в результате абразии (коллективные средства размещения)	0,00	1 149,12	1 191,08	1 276,86	1 281,52	1 281,52	1 281,52	1 281,52	1 281,52
7.1.4. Ущерб объектам культурного наследия	581,80	581,80	13 285,80	17 864,60	17 864,60	18 342,70	18 343,70	18 343,70	18 343,70
7.1.5. Потери пляжных территорий	45 975,70	74 978,70	98 847,10	116 332,90	133 427,40	149 534,40	170 248,60	189 136,60	200 057,70
7.1.6. Ущерб инфраструктуре термальных источников	300,00	209,60	379,20	998,80	100 650,80	100 672,10	100 693,40	100 714,60	100 735,90
7.1.7. Ущерб неосвоенным земельным участкам рекреационного назначения	106 471,15	112 488,61	118 432,92	124 429,46	130 233,18	143 847,60	149 301,93	154 352,68	158 384,69
7.2. Снижение природоохранного потенциала	0,00	0,00	40 543,70	40 543,70	70 540,70	79 690,30	79 690,30	79 690,30	79 690,30

Диапазоны	457 - 457,1	457 - 457,2	457 - 457,3	457 - 457,4	457 - 457,5	457 - 457,6	457 - 457,7	458 - 457,8	457 - 457,85
7.2.1. Объекты природоохранной инфраструктуры (визит-центр, музей, экологическая тропа, выставочная экспозиция, кордоны, др.)	0,00	0,00	40 543,70	40 543,70	70 540,70	79 690,30	79 690,30	79 690,30	79 690,30
7.2.1.1. в результате затопления	0,00	0,00	40 543,70	40 543,70	40 543,70	49 693,30	49 693,30	49 693,30	49 693,30
7.2.1.2. в результате абразии	0,00	0,00	0,00	0,00	29 997,00	29 997,00	29 997,00	29 997,00	29 997,00
<b>Общий ущерб (сумма пп. 1-7 за исключением п. 2Б)</b>	<b>29 690 419,77</b>	<b>47 036 711,95</b>	<b>49 666 419,02</b>	<b>56 013 089,73</b>	<b>64 705 443,92</b>	<b>69 352 372,44</b>	<b>71 504 472,37</b>	<b>72 129 681,72</b>	<b>73 977 964,13</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д1

Таблица 1 – Ссылки на нормативные удельные базовые показатели для определения стоимости ущерба от вредного (негативного) воздействия вод (таблица 1 Методики ВИЭМС) и иные показатели Методики ВИЭМС

Наименование факторов	Пункты Методики ВИЭМС
<b>Ссылки на пункты Методики ВИЭМС, используемые для оценки ущербов по социально-экономическим факторам</b>	
в том числе	
1. Стоимостная оценка ущерба хозяйственным объектам (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов) – всего	
1.1. объектам транспорта	
1.1.1. дороги (в том числе регионального значения, местного значения, проселочные, бесхозные, мосты)	
1.1.1.1. автодороги	Табл.1, пп.4.17, 4.18
1.1.1.2. железные дороги	Табл. 1, п.4.5
1.1.1.3. мосты автодорожные	Табл. 1, п.4.2
1.1.1.4. лодочные станции	Табл. 1, п.4.19
1.1.2. причальные сооружения, пирсы	Табл. 1, п.3.6
1.2. объектам связи	Табл. 1, п.4.4
1.3. объектам промышленности	Табл. 1, п.2.10
1.3.1. базы строительных организаций	Табл. 1, п.1.7
1.3.2. Складские помещения для цемента, ГСМ и других материалов	Табл. 1, п.2.9
1.3.3. Предприятия рыбной промышленности	Табл. 1, п.1.3
1.3.4. Склад продовольственный	Табл. 1, п.2.3
1.3.5. Административные здания промышленных предприятий	Табл. 1, п.2.6
1.3.6. Прочие промышленные объекты	Табл. 1, п.2.10
1.4. объектам энергетики	
1.4.1. котельные	Табл. 1, п.2.2
1.4.2. ЛЭП	Табл. 1, п.4.3
1.4.3. прочие: берегозащитные сооружения объектов энергетики	Табл. 9.1
1.5. Инженерные сети (водопроводные, канализационные, очистные)	
1.5.1. инженерные сети водопроводные	Табл. 1, п.5.1
1.5.2. инженерные сети канализационные	
1.5.3. инженерные сети очистные	
1.5.4. прочие: берегоукрепление водозаборного сооружения	Табл. 9.1
1.6. Берегозащитные сооружения	Табл. 9.1
1.7. Другие производственные объекты, включая ведомственные	
1.7.1. Административные здания	Табл. 1, п.2.6
1.7.3. Насосная станция	Табл. 1, п.2.5
2. Сельскому хозяйству	
2.1. стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции	Табл. 1, п.12
2.2. оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв	Табл. 1, п.7.20
3. социальным объектам и домохозяйствам	

Наименование факторов	Пункты Методики ВИЭМС
3.1. Жилые здания и домохозяйства	
3.1.1. Жилые дома без подсобного хозяйства и хозяйственных построек	Табл. 1, п.6.1
3.1.2. Жилые дома с приусадебными участками, объектами подсобно-хозяйственного назначения, заборы	
3.1.2.1. Жилые дома	Табл. 1, п.7.19
3.1.2.2. Приусадебные участки	Табл. 1, п.7.19
3.1.2.3. Хозяйственные постройки	Табл. 1, п.7.19
3.1.2.4. Прочие	Табл. 1, п.7.19
3.2. Предприятия питания, торговли	Табл. 1, п.6.12
3.3. Школы, иные учебные заведения, больницы	
3.3.1. Школа	Табл. 1, п.6.2.
3.3.2. Пришкольный участок	Табл. 1, п.7.19
3.3.3. Детский сад - ясли	Табл. 1, п.6.3.
3.3.4. Лагерь отдыха и лагерь спортивный (здания)	Табл. 1, п.6.14.
3.3.5. Учреждения здравоохранения (кроме больниц)	Табл. 1, п.6.6.
3.3.6. Восстановление озеленения улиц	Табл. 1, п.6.7.
3.3.7. Больницы	Табл. 1, п.6.8.
3.3.8. Спортивные сооружения (закрытые, открытые)	Табл. 1, п.6.9.
3.3.9. Учреждения культуры (библиотека, клуб)	Табл. 1, п.6.10.
3.3.10. Метеостанция (восстановление прочих непромышленных объектов)	Табл. 1, п.7.19
3.3.11. Юрточное сооружение (восстановление объекта подсобно-хозяйственного назначения при жилых домах)	Табл. 1, п.7.19
3.4. Рекреационные объекты (объекты капитального строительства)*	Табл. 1, п.6.13
3.5. Объекты ООПТ (объекты капитального строительства)*	Табл. 1, п.6.10
3.6. Прочие объекты (спасательные станции, кладбища, сакральные места)	
3.6.1. Спасательная станция (восстановление прочих непромышленных объектов)	Табл. 1, п.7.19
3.6.2. Кладбище	Табл. 1, п.4.19
3.6.3. Сакральное место	Табл. 1, п.4.19
<b>Ссылки на пункты Методики ВИЭМС, используемые для оценки ущербов по иным факторам экономических оценок</b>	
4. Снижение рекреационного потенциала затопляемых и подтопляемых территорий и подверженных абразии	
4.1. Коллективные средства размещения (ОКС)	Табл. 1, п.6.13.
4.2. Восстановление озеленения улиц	Табл. 1, п.6.7
4.3. Потери пляжных территорий	Табл. 1, п.4.19
4.4. Восстановление подсобных объектов	Табл. 1, п.7.19
5. Снижение природоохранного потенциала затопляемых и подтопляемых территорий и подверженных абразии	
5.1. Объекты капитального строительства (визит-центр, выставочная экспозиция)	Табл. 1, п.6.10.
5.2. Экологическая тропа	Табл. 1, п.6.16
5.3. Кордон	Табл. 1, п.2.8
5.4. беседка, летняя кухня, баня, гараж, септик, дровник, юрта, место отдыха	Табл. 1, п.7.19

• - учитывается также в составе снижения рекреационного и природоохранного потенциала (раздел 2.5)

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д2**

**Индексы-дефляторы, используемые для стоимостной оценки ущерба в  
Иркутской области в соответствии с Методикой ВИЭМС**

Письмо по определению индекса дефлятора для Иркутской области

РОССТАТ

**ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ОРГАН  
ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ  
ПО ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ  
(ИРКУТСКСТАТ)**

Чкалова ул., 39, Иркутск, 664025  
Тел. (395-2) 34-29-42, факс (395-2) 33-33-32,  
<https://irkutskstat.gks.ru>; E-mail:irkstat@gks.ru

20.09.2022 № ЕС-41-03/1222-ДР  
на № \_\_\_\_\_ б/н от 08.09.2022

Рогову П.В.

проспект Маршала Жукова 11, кв 222  
г. Иркутск, Иркутская обл., 664050

О предоставлении информации

Уважаемый Пётр Викторович!

На Ваш запрос Иркутскстат сообщает:

- сводный индекс потребительских цен по Иркутской области за январь 2022г к декабрю 2005г. составил 344,33 %;

- индекс цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения по Иркутской области за январь 2022 к декабрю 2005 г по виду деятельности «Строительство» составил 368,72 %.

Временно исполняющий  
обязанности руководителя

Е.Г. Сигачёва

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат: 5ab29f0f192780daa53369601b4c09e9ab84c390  
Владелец: Сигачева Елена Геннадьевна  
Действителен с: 07.07.2021 до: 07.10.2022

Андриянова Елена Артемьевна  
(3952) 33 36 92  
Отдел статистики рыночных услуг, науки,  
инноваций, цен и финансов

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЗ

Таблица 1 – Стоимостные оценки определения ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории р. Ангара и оз. Байкал в Иркутской области

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*
1 Стоимостная оценка потерь земельных, лесных, сельскохозяйственных, охотничье-промысловых, рыбных ресурсов, изменения состояния прибрежных экосистем, оценка затрат на восстановление продуктивности; оценка ущерба объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов), сельскому хозяйству (стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции, оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв), социальным объектам и домохозяйствам, с учетом влияния регулирования уровня озера в его прибрежной части																										
1.1. Хозяйственных объектов (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов) – всего																										
1.1.1.1. Дороги (в т.ч. регионального значения, местного значения, проселочные, бесхозные, мосты), в т.ч.																										
1.1.1.1.1. автодороги																										
1.1.3. Объектам промышленности, в т.ч.																										
1.1.3.1. промышленные объекты																										



Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*
1.1.4. Объектам энергетики, в т.ч.	ВИЭС	М		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3
1.1.4.2. ЛЭП	ВИЭС, п.4.3	М		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3		38,57	46,3
1.1.5. Инженерные сети (водопроводные, канализационные, очистные), в т.ч.	ВИЭС, пп.5.1, 5.3, 5.5	М		1,17	1,739872		15,19	22,5886		23,3	34,64873		31,12	46,27762		37,33	55,51233		43,92	65,31212		47,84	71,14143		164,69	282,3
1.1.5.1. инженерные сети водопроводные		М		1,17	1,739872		15,19	22,5886		23,3	34,64873		31,12	46,27762		37,33	55,51233		43,92	65,31212		47,84	71,14143		55,72	82,9
1.1.5.2. инженерные сети канализационные		М	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108,97	199,4	
1.1.7. Другие производственные объекты, включая ведомственные, в т.ч.																										

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85								
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *						
1.1.7.1. Административные здания	ВИЭС, п.2,6	кв. м																						2	92,6	1746,8						
1.1.7.2. Прочие	ВИЭС	кв. м																						1	49,2	7721,3						
1.1.7.3. Насосная станция	ВИЭС, п.2,5	кв. м																					1	38,4	1713,1							
1.3. Социальным объектам и домохозяйствам, в т.ч.																																
1.3.1. Жилые здания и домохозяйства		кв. м		2946,6	8506,5		3250,1	8511,7			3943,5	8523,6			6124,9	9420,1			9860,7	9983,3			13091,9	10038,7			16872,9	13712,9			24349,3	39771,7
1.3.1.2. Жилые дома с приусадебными участками, объектами подсобно-хозяйственного назначения, заборы, в т.ч.																																

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*
1.3.1.2.1. Жилые дома	ВИЭМС, п.7.19	кв. м	1	277,9	5006,8	1	277,9	5006,8	1	277,9	5006,8	1	277,9	5006,8	2	309,9	5506,4	2	309,9	5506,4	3	341,9	6006,1	13	1216,1	24988,5
1.3.1.2.2. Приусадебные участки	ВИЭМС, п.7.19	кв. м		2483,6	42,6		2787,1	47,8		3480,5	59,7		5608,9	96,2		9312,7	159,8		12543,9	215,2		16110,6	276,4		22226,9	381,4
1.3.1.2.3. Хозяйственные постройки	ВИЭМС, п.7.19	кв. м	3	185,1	3457,1	3	185,1	3457,1	3	185,1	3457,1	5	238,1	4317,1	5	238,1	4317,1	5	238,1	4317,1	10	420,4	7430,4	25	906,3	14401,8
1.3.2. Предприятия питания, торговли	ВИЭМС, п.6.12	кв. м	2	317,9	9999,6	2	317,9	9999,6	2	317,9	9999,6	2	317,9	9999,6	2	317,9	9999,6	2	317,9	9999,6	2	317,9	9999,6	2	317,9	9999,6
1.3.4. Рекреационные объекты (объекты капитального строительства)*	ВИЭМС, п.6.13	кв. м	1	77,3	530,5	15	527,4	12008,9	19	1175,2	35479	20	1280,1	39749,2	26	1719,9	45012	27	1757,4	45269,3	29	1883,9	50311,5	86	6322,2	172365,3

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*
<b>2. Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов, включая все категории земель (в том числе ООПТ)</b>																										
21 Стоимостная оценка земельных ресурсов от затопления		кв. м		5256990,14	217810,618		5736740,6	243945,846		6164580,22	269486,813		6550858,09	292789,587		6895162,26	313340,971		7225015,67	332281,898		7521374,03	348876,346		7971869,99	379875,7
22 Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов от абразии (оценивается через суммирование площадей абразии и ущерб по Методике 238)		кв. м		181803,1	754013,6		190882,0	791667,4		198721,9	824183,0		206240,1	855363,7		213206,0	884254,3		220334,0	913817,3		227734,9	944512,0		242924,2	1007508,6
2.1. Земли всех категорий, в.т.ч.																										
2.1.1. Земли лесного фонда (без продукции лесного хозяйства), в том числе																										

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *
			Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м
2.1.1.1. в результате абразийных процессов	Методика 238 Минприроды России формула 7	Кв. м		43755,4	181472,1		46714,2	193743,5		49613,7	205768,8		52237,1	216648,9		54531,9	226166,5		56954,2	236213,0		59201,3	245532,5		65288,7	270779,6
2.1.1.2. в результате затопления	КС	Кв. м		1596310,95	3053,514		1739426,49	3347,243		1857561,18	3617,69		1958000,9	3869,818		2047412,02	4097,889		2125860,83	4301,855		2193645,19	4469,039		2264280,14	4635,6
2.1.2. Земли населенных пунктов (без объектов), в том числе																										
2.1.2.1. в результате абразийных процессов	Методика 238 Минприроды России формула 7	Кв. м		6579,8	27289,1		6817,1	28273,3		7057,0	29268,3		7289,1	30231,0		7524,0	31205,2		7769,6	32223,8		7982,6	33107,3		8187,8	33958,3
2.1.2.2. в результате затопления	КС	Кв. м	689356,84	143705,212		753040,03	163596,877		812521,12	183361,886		867497,7	201500,412		913416,18	217328,433		955008,02	232192,357		989127,15	244261,388		1052359,36	267517,3	

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *
2.1.3. Земли ООПТ, в том числе																										
2.1.3.1. в результате абразионных процессов	Методика 238 Минприроды России, форма № 7	кв. м		119302,4	494797,1		124798,5	517591,4		129240,1	536012,9		133701,9	554517,6		137932,1	572062,2		142124,9	589451,5		146776,8	608744,8		154787,4	641968,3
2.1.3.2. в результате затопления	КС	кв. м		2540713,9	46623,89		2782607,79	50349,658		3003798,39	53640,659		3205831,5	56399,365		3385630,3	58836,112		3566689,14	60825,027		3733314,53	63519,468		4011039,63	68743,6
2.1.4. Земли сельскохозяйственного назначения (без объектов), в том числе																										
2.1.4.1. в результате абразионных процессов	Методика 238 Минприроды России, форма № 7	кв. м		12165,5	50455,3		12552,2	52059,2		12811,1	53133,0		13012,0	53966,2		13218,0	54820,4		13485,3	55929,0		13774,2	57127,4		14660,3	60802,4

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*
			Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м	Кв. м
2.1.4.2. в результате затопления	КС	Кв. м		404267,36	11331,659		432051,01	12234,217		458430,17	13163,342		484911,06	14093,276		511822,26	14994,08		538485,99	15787,897		564483,77	16434,165		599817,59	16936,4
2.1.5. земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания и др. (без объектов), в том числе																										
2.1.5.1. в результате абразийных процессов	Методика 238 Минприроды России, формула 7	Кв. м		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0,0
2.1.5.2. в результате затопления	КС	Кв. м		18275,07	8356,118		20469,26	8819,492		22038,08	9228,468		23328,5	9580,786		24543,25	9861,24		25547,98	10026,23		26236,89	10100,31		27567,32	10128,9
2.1.6. Земли водного фонда																										

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.*
2.1.6.1. в результате абразионных процессов	Методика 238 Минприроды России, формула 7	кв. м		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0,0
2.1.6.2. в результате затопления	КС	кв. м		496,52	0,955		513,76	0,988		529,74	1,019		546,02	1,05		561,68	1,08		567,78	1,092		567,78	1,092		567,78	1,1
2.1.7. Категория не установлена																										
2.1.7.1. в результате абразионных процессов	Минприроды России, формула	кв. м		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0,0
2.1.7.2. в результате затопления	КС	кв. м	7569,5	4739,27		8632,26	5597,371		9701,54	6473,749		10742,41	7344,88		11776,57	8222,137		12855,93	9147,44		13998,72	10090,884		16238,17	11912,7	



Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *
3. Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов (от вредного воздействия вод древесным, пищевым лесным ресурсам и лекарственным растениям на территории зон затопления и абразионных участках), в том числе																										
3.1. в результате абразионных процессов	Методика 1730	кв. м		3904,26	213,6305		7737,03	424,6567		11398,39	626,8843		15306,41	839,5308		18855,8	1038,4589		22586,5	1242,1764		26723,07	1461,3022		32884,69	1767,5
3.2. в результате затопления	Методика 1730	кв. м		6930,75	41,8949		14870,65	88,8471		23963,1	143,8232		33470,86	201,0489		41838,05	251,3055		49055,84	294,4841		54757,12	329,1766		61318,08	371,3
4. Стоимостная оценка потерь охотничье-промысловых ресурсов	Методика 948 Фефелов-Никитин	кв. м		2889056,83	1989,39		3147203,3	2089,77		3383465,17	2162,6		3598719,39	2217,02		3790927,56	2255,66		3984268,31	2281		4161791,12	2297,91		4460527,62	2310,2

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85		
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *
			Методика № 107	кв. м																						
7. Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания	Методика № 107	кв. м		2889056,83	40104,71		3147203,3	42814,09		3383465,17	44835,26		3598719,39	46266,34		3790927,56	47245,58		3984268,31	47879,87		4161791,12	48309,6		4460527,62	48613,8
9. Уничтожение уникальных памятников природы, включая объекты культурного наследия, археологические памятники	Методики по археологии	кв. м		5690	79358,09		11494	160306,71		18582	259173,22		25220	351769,41		30887	430790,08		36301	506299,53		42357	590763,79		55250	770495,9
12. Снижение потенциала экономического развития	Сумма всех факторов																									
13. Снижение рекреационного и природоохранного потенциала затопляемых и подтопляемых территорий																										
13.1.1.4. Потери пляжных территорий	ВИЭМС, п.4.19	кв. м		571815,9	137361		605164,1	145371,9		633326,7	152137,1		657734,8	158000,4		676674,8	162550,1		694186,8	166756,9		710630	170706,8		741312,3	178077,3

Наименование факторов	Методика	Ед. изм.	457-457,1			457-457,2			457-457,3			457-457,4			457-457,5			457-457,6			457-457,7			457-457,85				
			Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. *		
13.2. Снижение природоохранного потенциала																												
13.2.3. Потери земель ООПТ	Включены в п.2.1.3.																											
В том числе																												
13.2.3.1. в результате затопления	КС																											
13.2.3.2. в результате абразии	238 Минприрод																											

Таблица 2 – Стоимостные оценки определения ущерба объектам экономики и инфраструктуры Иркутской области (нижний бьеф)

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000	5600	5200	4800	4400	4000	3600	3200	2800							
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб		
1 Стоимостная оценка потерь земельных, лесных, сельскохозяйственных, охотничье-промысловых, рыбных ресурсов, изменения состояния прибрежных экосистем, оценка затрат на восстановление продуктивности; оценка ущерба объектам транспорта, связи, промышленности, энергетики (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов), сельскому хозяйству (стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции, оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв), социальным объектам и домохозяйствам, с учетом влияния регулирования уровня озера в его прибрежной части																				
в том числе																				
1.1. Хозяйственных объектов (оценка затрат на восстановление хозяйственных объектов) – всего																				
Из них:																				
1.1.1. объектам транспорта																				
В том числе																				
1.1.1.1. дороги (в т.ч. регионального значения, местного значения, проселочные, бесхозные, мосты)																				
В том числе																				
1.1.1.1.1. автодороги	км	ВИЭМС п.4.17, 4.18	3,69		185	2216283	132	1554818	113	1332187	77	890149	41	456733	2	2974				
1.1.1.1.2. ж/д дороги	км	ВИЭМС п.4.5	3,69	35	177596	26	131481	17	87431	10	52994	4	18557							
1.1.1.1.3. мосты																				

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
автодорожные																						
1.1.1.1.4. лодочные станции	м2	ВИЭМС п.4.19	3,69		102,61	25	102,61	25	102,61	25	102,61	25	102,61	25	102,61	25						
1.1.1.2. причальные сооружения, пирсы	км	ВИЭМС , п. 3.6	3,69		2	46294	2	46294	2	46294	2	46294	2	46294	2	46294						
1.1.2. объектам связи	км	ВИЭМС п.4.4	3,69		19	13325,3	6,2	4255,3	5,3	3637,6	4,9	3363,1	4,4	3019,9	3,3	2264,9	2,2	1509,9	0,6	411,8	0,6	411,8
1.1.3. объектам промышленности																						
В том числе																						
1.1.3.1. промышленные объекты																						
1.1.3.2. базы строительных организаций																						
1.1.3.3. Складские помещения для цемента, ГСМ и других материалов	м2	ВИЭМС , п.2.9	3,69		1554	21325	1516	20804	1516	20804	1017	13960	1017	13960	1017	13960						
1.1.3.4. Ремонтное предприятие	м2	ВИЭМС , п.2.10	3,69		1834	27628	1605	24187	1605	24187	1605	24187	638	9605	200	3013						
1.1.4. объектам энергетики																						

						6000	5600	5200	4800	4400	4000	3600	3200	2800								
Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.								
В том числе																						
1.1.4.1. котельные																						
1.1.4.2. ЛЭП	км	ВИЭМС, п.4.3	3,69		138	166005,7	47,5	57052,0	40,7	48884,6	38,0	45641,6	33,9	40739,9	25,0	30027,4	16,1	19325,6	4,8	5797,7	0,5	579,8
1.1.4.3. прочие																						
1.1.5. Инженерные сети (водопроводные, канализационные, очистные)																						
В том числе																						
1.1.5.1. инженерные сети водопроводные	км	ВИЭМС, п.5.1	3,69		60	89252,5	15,6	23198,3	13,3	19778,0	12,4	18439,7	11,1	16521,3	8,5	12669,8	5,9	8833,2	1,8	2647,0	0,2	267,7
1.1.5.2. инженерные сети канализационные	км	ВИЭМС, п.5.3	3,69		61	110894,2	15,3	28002,7	13,1	23976,1	12,2	22328,9	10,9	19986,2	8,1	14806,6	5,3	9645,4	1,6	2891,8	0,2	292,8
1.1.5.3. Очистные сооружения в комплексе	сооружен ие	ВИЭМС, п.5.5	3,69		2	15442,7	2	15442,7	2	15442,7	2	15442,7	2	15442,7	2	15442,7	2	15442,7	2	15442,7	2	15442,7

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
1.1.5.4 Тепловые сети	км	ВИЭМС, п.5.2	3,69		31	98656,2	8,0	25165,8	6,8	21390,9	6,4	20132,6	5,7	17930,6	4,2	13054,8	2,6	8178,9	0,8	2453,7	0,1	251,7
1.1.6. Берегозащитные сооружения																						
В том числе																						
1.1.6.1. Берегозащитные сооружения																						
1.1.6.2. Дамбы земляные																						
1.1.7. Другие производственные объекты, включая ведомственные																						
В том числе																						
1.1.7.1. Административные здания	м2	ВИЭМС, п.2.6	3,69		204071	3851710	121920	2301161	101600	1917632	60960	1150579	16256	306821	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.7.2. Прочие (водонапорная башня, водозабор)	м	ВИЭМС, п.3.6	3,69		1008	22																

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.
1.1.7.3. Насосная станция	м2	ВИЭС, п.2.5	3,69		250	11153,03	250	11153,03	250	11153,03	250	11153,03	250	11153,03								
1.2. Сельскому и рыбному хозяйству – всего																						
В том числе:																						
1.2.1. стоимостная оценка потерь сельскохозяйственной продукции																						
1.2.2. оценка затрат на восстановление нарушенного плодородия почв																						
1.2.3. рыбному хозяйству – оценка затрат на восстановление производственного цеха, холодильного склада рыбозавода																						
1.3. социальным объектам и домохозяйствам																						
В том числе:																						
1.3.1. Жилые здания и домохозяйства																						
В том числе																						



Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
1.3.1.1. Жилые дома без подсобного хозяйства и хозяйственных построек	м2	ВИЭМС, п.6.1	3,69		39782	631802	1200	17829	1028	15282	960	14263	278	5923	153	3258	28	592	8	178	0	0
1.3.1.2. Жилые дома с приусадебными участками, объектами подсобно-хозяйственного назначения, заборы																						
В том числе																						
1.3.1.2.1. Жилые дома	м2	ВИЭМС, п.7.19	3,69		356123	9463179	132921	3229922	113932	2768500	93747	2364668	79207	2033002	30581	892034	5560	162188	1668	48656	0	0
1.3.1.2.2. Приусадебные участки	га	ВИЭМС, п.7.19	3,69		352	60327	246	42229	195	33406	132	22685	86	14694	13	2176						
1.3.1.2.3. Хозяйственные постройки	м2	ВИЭМС, п.7.19	3,69		358730	2462107	254094	1743949	215888	1481726	146475	1005317	104031	714006	5016	34427	1166	8003	583	4001		
1.3.1.2.4. Прочие																						

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
1.3.2. Предприятия питания, торговли	м2	ВИЭМС п.6.12	3,69		139945	4402271	87783	2761396	75350	2370298	75350	2370298	75350	2370298	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3.3. Школы, иные учебные заведения, больницы																						
В том числе																						
1.3.3.1. Школа	м2	ВИЭМС, п.6.2	3,69		3111	58717	2544	48016	1443	27239												
1.3.3.2. Пришкольный участок	м2	ВИЭМС, п.7.19	3,69		42483	729	12931	222	5449	93	1196	21										
1.3.3.3. Детский сад - ясли	м2	ВИЭМС, п.6.3	3,69		478	9842																
1.3.3.4. Лагерь отдыха и лагерь спортивный (здания)																						
1.3.3.5. Учреждения здравоохранения (кроме больниц)	м2	ВИЭМС, шп.6.6	3,69		541	12068	541	12068	541	12068	541	12068	541	12068								
1.3.3.6. Восстановление озеленения улиц																						

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.
1.3.3.7. Больницы	м2	ВИЭМС, п.6.8	3,69		4630	235683	1724	87758														
1.3.3.8. Спортивные сооружения (закрытые, открытые)																						
1.3.3.9. Учреждения культуры (библиотека, клуб)																						
1.3.3.10. Метеостанция (восстановление прочих непромышленных объектов)																						
1.3.3.11. Юрточное сооружение (восстановление объекта подсобно-хозяйственного назначения при жилых домах)																						
1.3.3.12. Учебное заведение (кроме школы)	м2	ВИЭМС, п. 6.4	3,69		3882	99914	2932	75463	2932	75463	2932	75463	2932	75463								
1.3.3.13. Автостоянки	м2	ВИЭМС, п. 4.20	3,69		351370	341642	140548	136657	28110	27332	5622	5466	1124	1093								
1.3.3.14. Общежитие	м2	ВИЭМС, п.6.5	3,69		374	8984	374	8984	374	8984	374	8984	374	8984								

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
1.3.4. Рекреационные объекты (объекты капитального строительства)*																						
1.3.5. Объекты ООПТ (объекты капитального строительства)*																						
1.3.4. Прочие объекты (спасательные станции, кладбища, сакральные места)																						
В том числе																						
1.3.4.1. Спасательная станция (восстановление прочих производственных объектов)																						
1.3.4.2. Кладбище	м2	ВИЭМС, п.4.19	3,69		27051	6498	953	229	834	200	595	143										
1.3.4.3. Сакральное место																						
2. Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов, включая все категории земель (в том числе ООПТ)																						

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.
2 <sup>1</sup> Стоимостная оценка земельных ресурсов от затопления																						
2 <sup>2</sup> Стоимостная оценка потерь земельных ресурсов от абразии (оценивается через суммирование площадей абразии и ущерб по Методике 238)																						
В том числе																						
2.1. Земли всех категорий																						
2.1.1. Земли лесного фонда (без продукции лесного хозяйства)																						
2.1.1.1. в результате абразионных процессов																						
2.1.1.2. в результате затопления	м2	КС			6547052	3143	4582936	2200	3253093	1561	1532109	735	1096682	526	670847	322	500546	240	260254	125	260254	125
2.1.2. Земли населенных пунктов (без объектов)																						
2.1.2.1. в результате абразионных процессов																						

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
2.1.2.2. в результате затопления	м2	КС			15779808	50140	11045866	35098	7988318	26384	5545238	18139	3005539	10720	1619229	10720	605984	2178	121197	436	60598	218
2.1.3. Земли ООПТ																						
2.1.3.1. в результате абразионных процессов																						
2.1.3.2. в результате затопления	м2	КС			575625	34054	567500	23838	559376	20432	543128	13622	505511	10216	177704	6811	121587	8814	112234	1763	93529	881
2.1.4. Земли сельскохозяйственного назначения (без объектов)																						
2.1.4.1. в результате абразионных процессов																						
2.1.4.2. в результате затопления	м2	КС			51403133	137908	35982193	96536	25187535	82745	17631275	55163	8815637	41372	4407819	41372	3278599	13791	655720	2758	327860	1379
2.1.5. земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания и др. (без объектов)																						

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800			
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
2.1.5.1. в результате абразионных процессов																								
2.1.5.2. в результате затопления	м2	КС			2032154	647407	1422507	453185	995755	388444	697029	258963	348514	194222	184350	194222	100431	24563	20105	4913	10043	2456		
2.1.6. Земли водного фонда																								
2.1.6.1. в результате абразионных процессов																								
2.1.6.2. в результате затопления																								
2.1.7. Категория не установлена																								
2.1.7.1. в результате абразионных процессов																								
2.1.7.2. в результате затопления	м2	КС			13729534	87581	9610674	61306	8237720	52548	5491814	35032	4118860	26274	2745907	17516	7498	18,4	749,8	1,8				
3. Стоимостная оценка потерь лесных ресурсов (от вредного воздействия вод древесным, пищевым лесным ресурсам и лекарственным растениям на территории зон затопления и абразионных участках), в том числе																								
3.1. в результате абразионных процессов																								

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
3.2. в результате затопления		Постановление №310, 1730																				
4. Стоимостная оценка потерь охотничье-промысловых ресурсов																						
5. Ущерб недрам																						
6. Стоимостная оценка потерь рыбных ресурсов (водных биоресурсов и среды их обитания)																						
7. Ущерб объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания																						
8. Ущерб почвам как объекту окружающей среды																						
9. Уничтожение уникальных памятников природы, включая объекты культурного наследия, археологические памятники																						
10. Изменение состояния прибрежных экосистем																						
11. Оценка затрат на восстановление продуктивности																						
12. Снижение потенциала экономического развития																						
13. Снижение рекреационного и природоохранного потенциала затопляемых и подтопляемых территорий																						
13.1. Снижение рекреационного потенциала																						
В том числе																						



Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб
13.1.1. снижение рекреационного потенциала в результате затопления																						
В том числе																						
13.1.1.1. Коллективные средства размещения (ОКС)																						
13.1.1.2. Восстановление озеленения улиц																						
13.1.1.3. Потери турбизнеса (упущенная выгода)																						
13.1.1.4. Потери пляжных территорий	м2	ВИЭМ С, п.4.19	3,69		8152	1958	6522	1567	4484	1077	2446	587	1956	470								
13.1.2. снижение рекреационного потенциала в результате подтопления																						
13.1.2.1. Коллективные средства размещения (ОКС)																						
13.1.2.2. Восстановление озеленения улиц																						
13.1.2.3. Потери турбизнеса (упущенная выгода)																						
13.1.2.4. Потери пляжных территорий																						
13.2. Снижение природоохранного потенциала																						

Наименование факторов	Размерность	Методика	дефлятор	Число объектов, ед.	6000		5600		5200		4800		4400		4000		3600		3200		2800	
					Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб. м	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.	Натуральные значения	Стоимостное значение, тыс.руб.
В том числе																						
13.2.1. объекты природоохранной инфраструктуры (визит-центр, музей, экологическая тропа, выставочная экспозиция, кордоны, др.)																						
13.2.1.1. в результате затопления																						
В том числе																						
13.2.1.1.1. Объекты капитального строительства (визит-центр, выставочная экспозиция)																						
13.2.1.1.2. Прочие																						
В том числе																						
13.2.1.1.2.1. Экологическая тропа																						
13.2.1.1.2.1. Кордон																						
13.2.1.1.2.1. беседка, летняя кухня, баня, гараж, септик, дровник, юрта, место отдыха																						
13.2.1.2. в результате абразии																						
13.2.2. Потери земель ООПТ																						
13.2.2.1. в результате затопления	м2	КС			575625	34054	567500	23838	559376	20432	543128	13622	505511	10216	177704	6811	121587	8814	112234	1763	93529	881
13.2.2.2. в результате абразии																						
14. Реестр объектов																						

**Обоснование ущерба сельскому хозяйству Байкальского института  
природопользования СО РАН**

*Сельское хозяйство* – по данным администрации сельских поселений, моделирования зон затопления/подтопления, натурным обследованиям, в многоводный период (2019-2021 гг.) сельскохозяйственные земли Кабанского района были подвержены затоплению (с. Дубинино, с. Инкино, с. Сухая, с. Посольское, с. Оймур), а также подтоплению грунтовыми водами (с. Большая Речка, с. Корсаково, с. Кудара, с. Оймур, с. Степной Дворец, с. Сухая). Стоимостная оценка ущерба представлена в таблице 1.

Для оценки затрат на восстановление плодородного слоя, стоимости потерь сельскохозяйственной продукции (кормов), стоимости закупки кормов использовалось произведение площади затопленных/подтопленных сельскохозяйственных угодий (сенокосы, пастбища), нормативных удельных базовых показателей таблицы 1 Методики ВИЭМС, значения регионального поправочного коэффициента согласно Методики ВИЭМС, равного 1,75, коэффициента-дефлятора для вида хозяйственной деятельности «Строительство» в РБ, равного 2,96, значения коэффициента затопления/подтопления территорий таблиц 2.3 и 2.4.

Показатели таблицы 1 Методики ВИЭМС, используемые для оценки затрат на восстановление сельскохозяйственных угодий, стоимости потерь сельскохозяйственной продукции, закупки кормов: п. 7.20 - восстановление плодородного слоя, п. 12. - стоимость потерь сельскохозяйственной продукции (кормов), п. 7.23 - закупка кормов (таблица 1, 2).

В расчетах использовались коэффициент таблицы 2.3 Методики ВИЭМС, применяемый к определению стоимости ущерба в зависимости от глубины затопления территорий (до 0,3 м) при наводнениях, равный 1,05, а также коэффициент таблицы 2.4 Методики ВИЭМС, применяемый к определению стоимости ущерба от подтопления территорий водами водных объектов, в зависимости от глубины подтопления территорий от поверхности (до 1 м), равный 1,25.

Для оценки затрат на закупку кормов использовалось произведение площади затапливаемых/подтапливаемых угодий и данным по средней урожайности сена (20 ц/га), предоставленным администрациями муниципальных образований.

Таблица 1 – Стоимостная оценка ущерба сельскому хозяйству

Уровни	Площадь затопления, га	Площадь подтопления, га	Восстановление плодородного слоя		Потери сельскохозяйственной продукции (кормов)	
			с затопленных угодий, тыс. руб.	с подтопленных угодий, тыс. руб.	с затопленных угодий, тыс. руб.	с подтопленных угодий, тыс. руб.
457-457,10	8,5		3232,9		138,55	
457-457,2	9,4	2011,7	3590,5	911785,1	153,88	39076,5
457-457,3	10,4	2011,7	3975	911785,1	170,36	39076,5
457-457,4	11,4	2011,7	4350,9	911785,1	186,47	39076,5
457-457,5	12,4	2011,7	4719,5	911785,1	202,26	39076,5
457-457,6	13,4	2011,7	5105,2	911785,1	218,79	39076,5
457-457,7	14,4	2011,7	5479,5	911785,1	234,84	39076,5
457-457,8	15,4	2011,7	5863,7	911785,1	251,3	39076,5
457-457,85	20,7	2011,7	7880	911785,1	337,72	39076,5

Таблица 2 – Стоимостная оценка кормов

Уровни	Производство кормов		Закупка кормов		Итого
	с затапливаемых угодий, ц	с подтапливаемых угодий, ц	взамен кормов с затапливаемых угодий, тыс. руб.	взамен кормов с подтапливаемых угодий, тыс. руб.	
457-457,10	169,8		406,4		3777,9
457-457,2	188,6	40233,2	451,4	96284,5	1051341,9
457-457,3	208,8	40233,2	499,7	96284,5	1051791,1
457-457,4	228,6	40233,2	547,0	96284,5	1052230,4
457-457,5	247,9	40233,2	593,3	96284,5	1052661,1
457-457,6	268,2	40233,2	641,8	96284,5	1053111,8
457-457,7	287,8	40233,2	688,9	96284,5	1053549,3
457-457,8	308,0	40233,2	737,2	96284,5	1053998,3
457-457,85	413,9	40233,2	990,6	96284,5	1056354,5

Максимальная стоимостная оценка ущерба сельскому хозяйству (восстановление плодородного слоя, потери кормов) с затопленных/подтопленных угодий составляет 1056354,5 тыс. руб.

## Обоснование ущерба сельскому хозяйству Института общей и экспериментальной биологии СО РАН

Выполнение оценки ущерба сельскому хозяйству с учетом влияния регулирования уровня озера в его прибрежной части в административных границах Республики Бурятия

### Введение

Целью работы является оценка вероятностного ущерба от потери объектов сельского хозяйства на территории РБ с учетом влияния регулирования уровня озера. Поскольку данная оценка проводится для сопоставления с данными по прогнозируемым ущербам на других территориях, то основополагающим является применение одной и той же методики для расчетов. В настоящее время единственной методикой, позволяющей это сделать, является «Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий» [1]. К сожалению, эта методика относится только к повышению уровня воды, поэтому оценка ущерба сельскохозяйственным объектам не проводилась для сценариев понижения уровня воды.

### Основная часть

Согласно терминологии, используемой в методике ВИЭМС, при повышении уровня воды происходят следующие процессы:

**затопление территорий** – покрытие территории водой в период половодья или паводков, или вследствие создания водоподъемного сооружения (плотины) в русле и долине реки. Затопление может быть долговременным, при котором хозяйственное использование затопляемых земель невозможно или нецелесообразно, и временным, при котором использование затопляемых земель доступно и целесообразно;

**подтопление** – повышение уровня подземных вод, приводящее к нарушению хозяйственной деятельности на данной территории;

**водная эрозия** – это смыв и размыв почв, разрушение (обрушение) берегов рек, водохранилищ.

При всех перечисленных видах воздействий прогнозировать ущерб сельскохозяйственным объектам очень сложно. В конкретных случаях он будет определяться следующими характеристиками воздействия изменений уровня воды: временем наступления воздействия, продолжительностью воздействия, в случаях затопления и подтопления – высотой водного столба. В то же время ущерб будет зависеть от характеристик самих объектов: от рельефа участка, от типа почв на участке, от

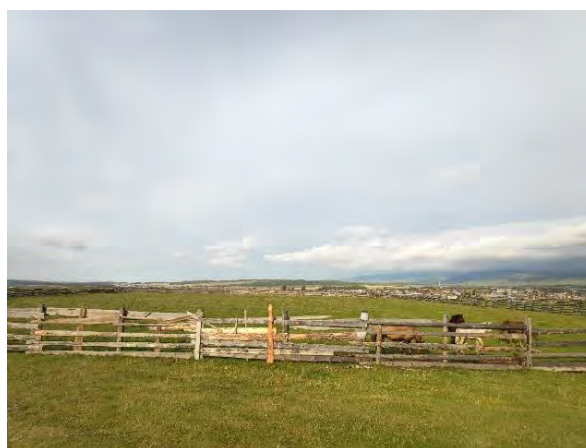
растительного покрова в случае земельных участков, от состояния нарушенности почвенного покрова участка.

### **Затопление**

С использованием данных ДЗЗ по всей береговой линии оз. Байкал на территории РБ были выделены участки, предположительно используемые в сельском хозяйстве. Контуры участков наземно верифицированы с определением видов сельскохозяйственного использования в ходе полевых исследований (рис. 1). На космоснимки с выделенными участками наложены контуры зон потенциального затопления при подъеме уровня воды в озере Байкал от 457 до 457,8 м ТСК с шагом в 0,1 м в диапазоне. Изолинии затопления были предоставлены БИП. Расчет площадей контуров участков выполнен в среде ГИС.



А.



Б.

Рисунок 1 – Использование сельскохозяйственных угодий  
(Обозначения: А – сенокосы, Б – пастбища)

Установлено, что прогнозируемое затопление при разных уровнях воды в озере затрагивает только участки с типом использования в качестве пастбищ и сенокосов. Для таких объектов расчет ущерба, согласно методическому руководству, может включать расчет стоимости восстановления плодородного слоя почвы и затрат на возмещение потерь сельскохозяйственной продукции, кормов, в данном случае.

Как указывалось выше, будет ли нарушен плодородный слой почвы и произойдут ли изменения в состоянии растительного покрова на затопленных территориях, зависит от времени затопления, его продолжительности и высоты водного столба. Поскольку в качестве входящей информации эти параметры указаны не были, мы рассчитали ущерб для одного из возможных вариантов: максимальный возможный ущерб для затопления в течение минимум 3 месяцев вегетационного сезона.

Плодородный слой почвы – это верхняя гумусированная часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и агрохимическими свойствами [2].

Затопление почвы в течение 3 летних месяцев приведет к модификациям физических, физико-химических и химических свойств почв, определяющих плодородие почв, и окажет негативное влияние на состояние почвенного покрова. Физические изменения, обусловленные заполнением пор аэрации водой, заключаются в диспергации почвенных частиц и разрушении структуры почвы. Определенное влияние на плодородие почв оказывает изменение температурного режима: более позднее оттаивание и снижение температуры в летний период. При оглеении происходит обогащение тонкими глинистыми частицами и гидроокислами железа, которые осаждаются на поверхности минеральных зерен и уменьшают пористое пространство, что приводит к уплотнению нижних горизонтов почвы и нередко к весьма значительному снижению их водопроницаемости. После затопления на поверхности почвы образуется корка, неблагоприятная для произрастания растений.

Что касается химических изменений, то при продолжительном нахождении под водой из почвы в водную колонку вымываются минеральные вещества. Развитие анаэробных процессов вызывает накопление таких форм органического вещества, в составе которых питательные вещества переходят в недоступные для растений соединения. При длительном переувлажнении происходит потеря гумуса, во-первых, в ходе оглеения за счет восстановления оксидов и гидроксидов железа, а, во-вторых, в связи с увеличением доли фульвокислот в составе гумуса, гумус становится более подвижным и легче мигрирует за пределы почвенного профиля. Из-за разнонаправленных химических процессов, протекающих в отсутствие кислорода, pH почвы меняется в одних случаях в сторону повышения кислотности, в других – повышения щелочности, что может оказать неблагоприятное влияние на развитие растений. При повышенной кислотности в условиях анаэробнобиозиса жизнедеятельность микроорганизмов, получающих энергию за счет окислительно-восстановительной трансформации органического вещества и соединений железа, марганца, серы, приводит к оглеению почвы, опасному для растений из-за присутствия ряда токсичных веществ: закисное железо, метан, фосфин, сероводород, малоокисленные оксиды азота и углерода и др. Биологические компоненты почвы: полезные микроорганизмы, корни растений, беспозвоночные животные, создающие структуру почвы, обогащающие ее питательными веществами, гибнут в анаэробных условиях. В то же время в таких

условиях развиваются патогенные микроорганизмы и грибки.

Волновые явления могут привести и просто к смыву плодородного слоя на затопленных территориях.

Перечисленные выше факты воздействия затопления на плодородный слой почвы говорят о том, что после продолжительного затопления необходимо предпринять специальные меры для восстановления плодородного слоя на сенокосах и пастбищах. Эти меры разработаны и применяются в рамках так называемого поверхностного улучшения сенокосов и пастбищ [3, 4]: улучшение и регулирование водного режима, улучшение пищевого режима путем внесения удобрений, уход за дерниной и травостоем.

Что касается самой растительности, то ее состояние зависит как от характеристик затопления, так и от состава растительности на участке. Многолетние злаковые травы положительно реагируют на кратковременное ранневесеннее затопление травостоев. Тимофеевка, овсяница и мятлик луговой при 5–10–суточном затоплении повышают урожайность сена примерно на 6–18 % и снижают продуктивность при более длительном затоплении. Затопление таких влаголюбивых трав, как лисохвост луговой, кострец безостый до 20 суток, дает значительную прибавку урожая сена (27–44%), при более длительном паводке происходит снижение урожайности трав и выпадение их из травостоя. Недобор урожая сухой массы клевера лугового при затоплении всего на 5 суток составляет 22 %, на 10 суток – достигает 48 % [5, 6].

Особенностью затопления, как стресс-фактора для растений, является сочетание высокой оводненности и нарушение кислородного режима в корнеобитаемой зоне. Известно, что растения переносят интенсивные, но непродолжительные затопления, в то же время слабые, но продолжительные затопления могут привести к их гибели. Некоторые растения могут погибнуть сразу после затопления. Другие виды – через год или два, из-за кислородного голодания корней. После наводнения быстро распространяются болезни и вредители растений. В результате переувлажнения почвы активно размножаются вредоносные грибки и бактерии, у пострадавших растений появляются болезни. Выжившие растения, ослабленные после перенесенного затопления, уязвимы для насекомых- вредителей.

Таким образом, в худшем случае, после продолжительного затопления, растения на данном участке могут погибнуть, либо стать непригодными в качестве кормов из-за снижения питательности или болезней или могут быть в течение продолжительного времени недоступны для потребления животными или сенокошения. Все эти



последствия порождают необходимость закупки кормов.

Из вышеизложенного очевидно, что в лучшем случае, при кратковременных эпизодах затоплений в отсутствие волновых явлений, ущерб сенокосам и пастбищам может быть нулевым.

Итак, максимально возможный<sup>1</sup> ущерб объектам сельского хозяйства от затопления при различных уровнях воды в озере Байкал, согласно методике, определяли по формуле:

$$У_{\Pi} = \Sigma U_i \times \Pi \times K_{\Pi}, \quad (1)$$

где  $U_i$  - соответствующие ущербы принимаемые по данным таблицы 1, млн. руб.,

$\Pi$  - площадь, подверженная вредному (негативному) воздействию вод, га,

$K_{\Pi}$  – коэффициент инфляции.

$K_{\Pi}$  для Республики Бурятия в 2022 г. составляет 2,96.

Полученные значения согласно пункту 1.18 Методики умножали на соответствующие коэффициенты, приведенные в таблицах приложения 2 Методики:

1. Таблица 2.1. Территориальные коэффициенты, учитывающие природно-климатические и местные условия, опасность затопления, подтопления, водной эрозии территорий, для расчета стоимостной оценки ущерба и затрат на его предотвращение и ликвидацию; для РБ равен 1,75.

2. Таблица 2.3. Коэффициенты, применяемые к определению стоимости ущерба по показателям таблицы 1 в зависимости от глубины затопления территорий при наводнениях; поскольку глубина затопления не прогнозировалась, то мы приняли ее как минимальную, поэтому применили коэффициент 1,05.

---

<sup>1</sup> На самом деле, рассчитываемый ущерб может быть не максимально возможным: в рассмотренной ситуации не учитывается возможный ущерб от подтопления на прилегающей к урезу воды территории (см. текст ниже, касающийся подтопления)

КАРТА-СХЕМА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В  
 ЗОНЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАТОПЛЕНИЯ  
 (С. ОЙМУР)



Рисунок 2 – Карта-схема потенциально затопляемых сельскохозяйственных объектов в с. Оймур

КАРТА-СХЕМА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В  
 ЗОНЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАТОПЛЕНИЯ  
 (С. ПОСОЛЬСКОЕ)

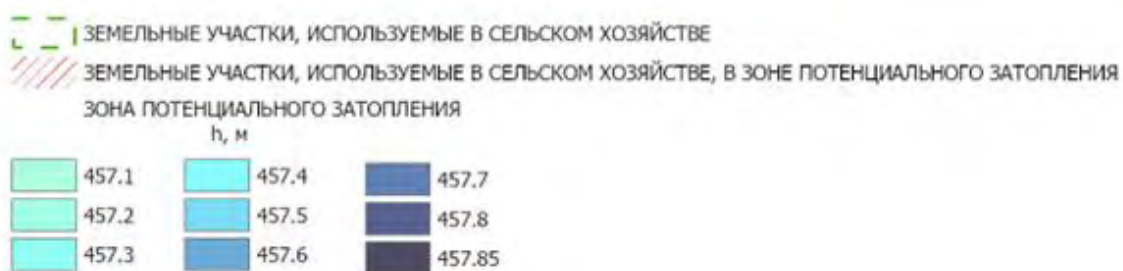
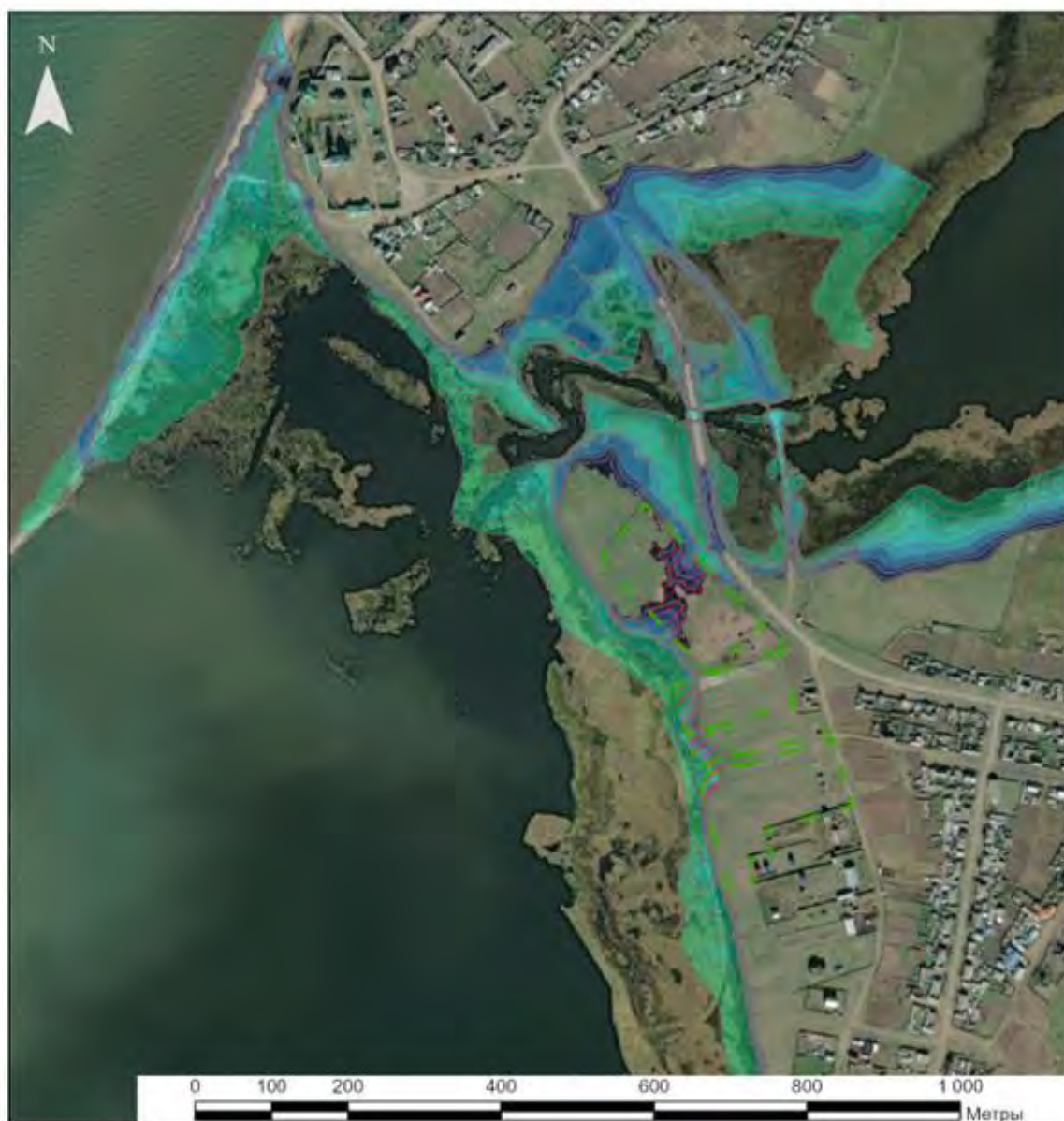


Рисунок 3 – Карта-схема потенциально затопляемых сельскохозяйственных объектов в с. Посольское



КАРТА-СХЕМА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В  
 ЗОНЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАТОПЛЕНИЯ  
 (С. СУХАЯ)

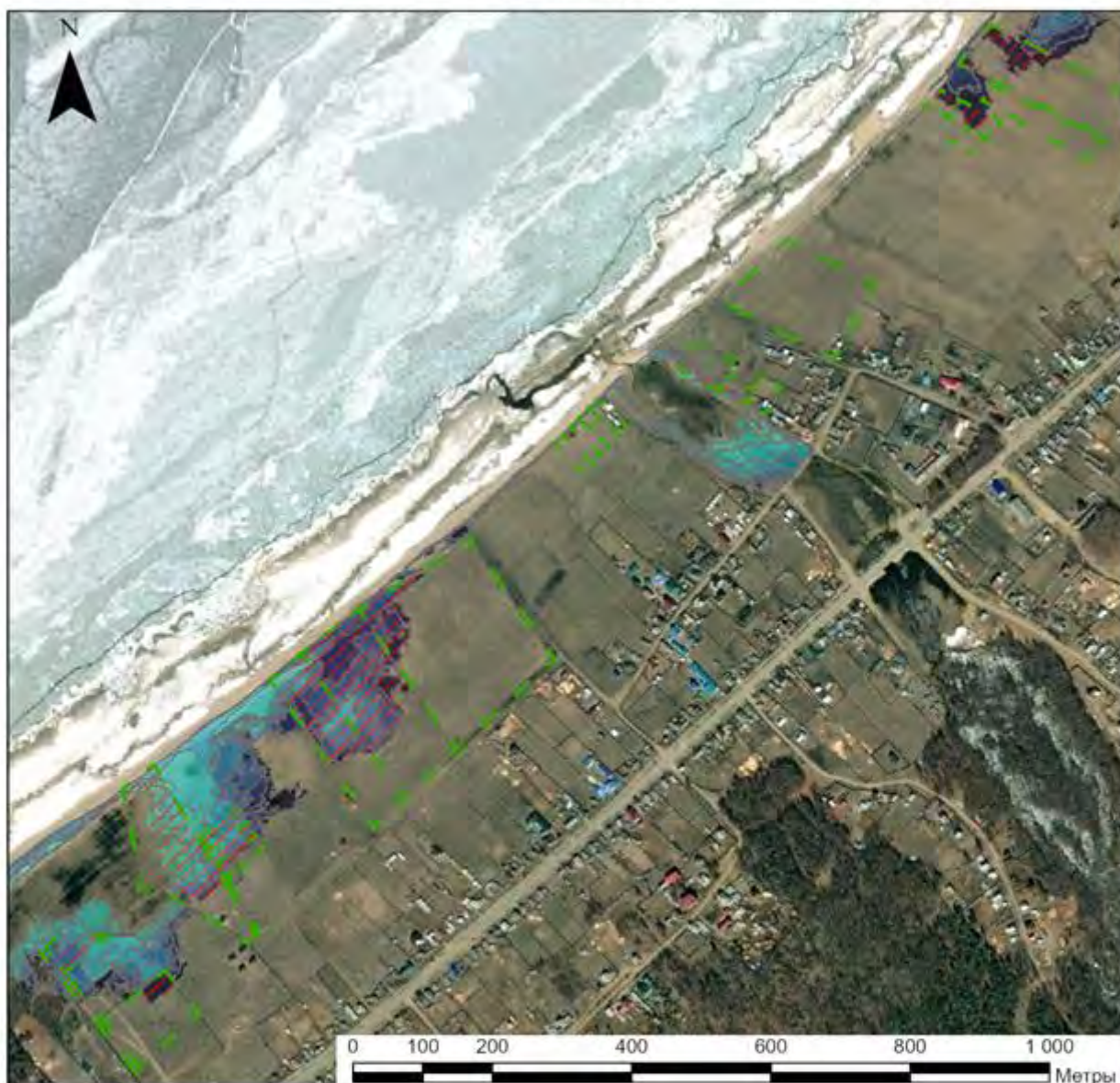


Рисунок 4 – Карта-схема потенциально затопляемых сельскохозяйственных объектов в с. Сухая

Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Площади затопляемых сельскохозяйственных объектов и ущербы по шагам подъема уровня воды в 0,1 м

Диапазоны уровня воды	457,0–457,1		457,0–457,2		457,0–457,3		457,0–457,4	
Параметры	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб
Восстановление плодородного слоя	0,67	0,255	1,56	0,594	2,53	0,963	3,483	1,326
Потерь с/х продукции	0,67	0,001	1,56	0,025	2,53	0,041	3,483	0,057
Итого		0,256		0,619		1,004		1,383
Диапазоны уровня воды	457,0–457,5		457,0–456,6		457,0–457,7		457,0–457,8	
Параметры	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб
Восстановление плодородного слоя	4,446	1,693	5,47	2,083	6,444	2,453	7,369	2,805
Потерь с/х продукции	4,446	0,073	5,47	0,089	6,444	0,105	7,369	1,12
Итого		1,766		2,172		2,558		2,9265

### Подтопление

С подтоплением ситуация сложнее, чем с затоплением. Прогнозировать его в настоящее время невозможно из-за отсутствия сведений по грунтовым водам на интересующих нас территориях. Для определения границы подтопления необходимо знать поведение грунтовых вод при поднятии уровня вод озера. Оно зависит от таких факторов, как высота поднятия уровня вод, крутизна склона побережья, внутripочвенное движение влаги (боковая фильтрация) в условиях приближения береговой линии. Существуют разноречивые данные по боковой фильтрации в поймах и устьях рек [7]. Быстро происходит поднятие уровня грунтовых вод при активном внутripочвенном движении воды. Последнее зависит от гранулометрического состава, структурного состояния и сложения почвенной массы горизонтов профиля почвы или рыхлых отложений (речных, озерных, болотных и т.д.). Гранулометрический состав может быть песчаным, пылеватым, глинистым, а также переходными: супесчаным, суглинистым с разными соотношениями песка, пыли и ила (глины), в том числе с включением торфа или погребенных остатков растений. Фильтрация будет довольно активной при наличии значимого количества песчаной фракции и при хорошей оструктуренности почвенной массы горизонтов профиля со значимым количеством межагрегатных пор аэрации, при

наличии торфяных прослоев. Глинистый и/или пылеватый состав отложений и их бесструктурность препятствуют внутрипочвенному движению влаги. Если аллювий отличается слоистым сложением и разнородным гранулометрическим составом с чередованием слоев песчаного состава, формирующимся в высокие паводки и суглинистого или супесчаного в низкие паводки, то отложения зоны прибрежного мелководья имеют иные параметры сложения. При движении волн мелкозем перемешивается, тонкодисперсные фракции выносятся в виде коллоидных растворов, остаются пыль и песок. Крупнопесчаные фракции большей частью вода оставляет по берегам русла реки. Поэтому в устьевой части рек и, особенно в подводной части, как правило, накапливаются довольно хорошо сортированные пылеватые и мелкопесчаные отложения. В прибрежной части озера без влияния рек состав отложений определяется составом прибрежных пород. Он может быть оторфованным, каменистым, глинистым и т.д.

В случае хорошо сортированных пылеватых и мелкопесчаных отложений, которые практически всегда бесструктурны, система пор очень однообразна, поры аэрации, по которым может передвигаться вода, отсутствуют. Практически все поры представляют собой капилляры - каналы, полости и др. пустоты, в которых вода может удерживаться капиллярными силами или передвигается двигаться только под действием капиллярных сил. Размер капиллярных пустот в рыхлых породах принимается условно 0,0002- 1,0 мм для пор округлой формы и 0,0001- 0,25 мм для трещин (планарных пор). При размерах мелкого песка и пыли размером 0,25-0,01 мм практически все поры имеют размер капилляров, в которых влага практически неподвижна. Поэтому отложения прибрежной мелководной части могут обладать весьма низкой способностью к фильтрации. Однако указанные свойства озерных и аллювиальных отложений требуют проверки. В случае низких показателей внутрипочвенной фильтрации зона подтопления будет небольшой, а при высоких показателях будет зависеть от близости, сформировавшейся при поднятии уровня вод, новой береговой линии.

При закладке почвенных разрезов в дельте р. Селенги в 5–10 м от уреза воды не выявлено зависимости уровня грунтовых вод от близости к урезу воды.

При отсутствии прогнозных данных мы использовали данные по подтопленным участкам (размещение, площади, кадастровые номера), предоставленные нам БИП СО РАН. БИП СО РАН, в свою очередь, сведения были предоставлены муниципальными образованиями, расположенными на побережье озера Байкал, по результатам обследования муниципальными структурами территорий в 2021 г., когда уровень озера составил 457,23 м. Участки, на которых наблюдалось подтопление (выход и стояние воды

на поверхности), используются в качестве сенокосов и пастбищ. При этом на сегодняшний день невозможно вычленить роль в проявлении данного подтопления повышения уровня воды в Байкале как такового, поскольку в дельте сказывается и влияние вод Селенги.

Негативное воздействие подтопления в форме стояния воды на поверхности на участки с таким типом использования аналогично воздействию затопления за исключением смыва плодородного слоя почвы волновыми явлениями. Установлено, что негативные явления в зависимости от типа почвы, времени проявления подтопления и его продолжительности наблюдаются при подъеме уровня грунтовых вод не менее, чем на 0,4 м от поверхности земли.

Поэтому ущерб от подтопления, аналогично ущербу от затопления, может быть максимальным и состоять из нарушения плодородного слоя почвы и невозможности использовать растительность в качестве корма в случае подъема и продолжительного стояния грунтовых вод на поверхности и быть нулевым в случае кратковременного подтопления или подъема уровня вод менее, чем на 0,4 м от поверхности земли.

Максимальный ущерб от подтопления, состоящий из затрат на восстановление плодородного слоя почвы и затрат на возмещение потерь кормов, мы рассчитали по площадям подтопленных участков для диапазонов уровня воды в озере, начиная с диапазона 457,2–457,3 м ТС, по формуле (1):

Полученные оценки согласно пункту 1.18 Методики умножали на соответствующие коэффициенты, приведенные в таблицах приложения 2 Методики:

1. Таблица 2.1. Территориальные коэффициенты, учитывающие природно-климатические и местные условия, опасность затопления, подтопления, водной эрозии территорий, для расчета стоимостной оценки ущерба и затрат на его предотвращение и ликвидацию; для РБ равен 1,75.

2. Таблица 2.4. Коэффициенты, применяемые к определению стоимости ущерба по показателям таблицы 1 от подтопления территорий водами водных объектов. Поскольку глубина подтопления неизвестна, но известно, что на участках стояла вода, то мы приняли глубину поднятия грунтовых вод равной до 0,3 м от поверхности и, соответственно применили коэффициент 1,25.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Площади подтопляемых сельскохозяйственных объектов и ущерб по шагам подъема уровня воды в 0,1 м

Диапазоны уровня воды	457,0–457,1		457,0–457,2		457,0–457,3		457,0–457,4	
Параметры	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб	S, га	млн.руб
Восстановление плодородного слоя	0	0	0	0	2011,67	911,789	2011,67	911,789
Потерь с/х продукции	0	0	0	0	2011,67	39,077	2011,67	39,077
Итого		0		0		950,866		950,866
Диапазоны уровня воды	457,0–457,5		457,0–456,6		457,0–457,7		457,0–457,8	
Параметры	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб	S, га	млн.руб
Восстановление плодородного слоя	2011,67	911,789	2011,67	911,789	2011,67	911,789	2011,67	911,789
Потерь с/х продукции	2011,67	39,077	2011,67	39,077	2011,67	39,077	2011,67	39,077
Итого		950,866		950,866		950,866		950,866

### Водная эрозия

По водной эрозии прогнозные данные представлены не были. По представленным БИП СО РАН данным, сельскохозяйственные угодья не попали в зоны проявления водной эрозии (абразии берегов) на прибрежных территориях. Что касается других типов эрозии: плоскостной и линейной, то при хорошем состоянии растительности на пологих участках их проявления можно рассматривать как несущественные. При нарушении растительного покрова и при наличии канавок и пр. неровностях поверхности земли при затоплениях могут развиваться процессы линейной эрозии.

### Суммарный ущерб

Результаты суммарного потенциально возможного максимального ущерба сельскохозяйственным угодьям Республики Бурятия от затопления и подтопления по шагам подъема уровня воды в 0,1 м приведены в таблице 5.



Таблица 5 – Площади затопляемых и подтопляемых сельскохозяйственных объектов и ущерб по шагам подъема уровня воды в 0,1 м

Диапазоны уровня воды	457,0–457,1		457,0–457,2		457,0–457,3		457,0–457,4	
Параметры	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб
ИТОГО ПО ШАГАМ ЗАТОПЛЕНИЯ	0,67	0,256	1,56	0,619	2 014,195	951,219	2 015,148	952,249
Итого: восстановление плодородного слоя	0,67	0,255	1,56	0,594	2 014,195	912,100	2 015,148	913,115
Итого: потерь с/х продукции	0,67	0,001	1,56	0,025	2 014,195	39,119	2 015,148	39,134
Диапазоны уровня воды	457,0–457,5		457,0–457,6		457,0–457,7		457,0–457,8	
Параметры	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб	S, га	млн. руб
ИТОГО ПО ШАГАМ ЗАТОПЛЕНИЯ	2 016,111	952,632	2 017,136	953,039	2 018,109	953,424	2 019,034	953,794
Итого: восстановление плодородного слоя	2 016,111	913,482	2 017,136	913,872	2 018,109	914,242	2 019,034	914,594
Итого: потерь с/х продукции	2 016,111	39,150	2 017,136	39,167	2 018,109	39,182	2 019,034	39,200

### Заключение

Таким образом, суммарный потенциальный ущерб объектам сельского хозяйства при подъеме и стоянии уровня воды на отметке 457,8 м в течение вегетационного сезона может составить 959 млн. руб. Есть основания полагать, что эта цифра завышена, но для достоверного оценивания требуется проведение продолжительных мониторинговых работ по затоплению и подтоплению прибрежных территорий, поведению грунтовых вод при разных уровнях озера. Ситуация осложняется тем, что большинство объектов сельского хозяйства расположено в дельте р. Селенги, поэтому при мониторинге поведения грунтовых вод необходимо вычлнить влияние уровней воды в реке и в озере.

В проведенной оценке воздействий регулирования уровня воды на сельскохозяйственные объекты есть целый ряд недоработок:

1. Вообще не рассмотрены воздействия понижения уровня;
2. Не рассмотрены различия воздействий в зависимости от времени наступления тех или иных событий изменений уровня воды. Во временной развертке (в течение года) можно прогнозировать разное воздействие уровня воды на почвы (таблица 6)
3. Не оценивается продолжительность воздействий и межгодовая повторяемость событий изменения уровня воды;
4. Есть серьезные проблемы с учетом объектов сельскохозяйственных угодий. Если брать за основу кадастр, то очень много проблем с тем, что не все объекты поставлены на учет и их использование не всегда четко идентифицируется. Так, при сопоставлении с натурными данными оказалось, что не поставлены на учет многие угодья, используемые в качестве пастбищ.
5. Из-за перечисленных выше недостатков методика оценки ущерба ВИЭМС не дает возможности оценить результаты регулирования озера с точки зрения важных параметров гидрологического режима.
6. Для расчетов по методике ВИЭМС нет количественных данных по эрозии земель, кроме абразии, также нет данных по высоте затопления участков и глубине подтопления участков. Необходимо проведение исследований, направленных на понимание процессов изменений уровня грунтовых вод на прибрежных территориях озера в зависимости от уровня воды в озере и процессов водной эрозии при изменениях уровня воды в озере.

Таблица 6 – Процессы деструкции почвенного покрова под влиянием изменения уровня вод озера по сезонам

<i>Сезон</i>	<i>Положение уровня воды в озере</i>	<i>Результат</i>
<i>Поднятие уровня воды и затопление</i>		
весна	Растительный покров отсутствует. Таяние снега, льда, мерзлоты.	Размыв почвы активен
лето	Почва покрыта растительностью.	Размыв ослаблен
осень	Почва покрыта высокой растительностью.	Размыв слабый
зима	-	-
<i>Поднятие уровня воды и подтопление (поднятие уровня грунтовых вод)</i>		
весна лето осень	Оглеение и трансформация почв с переходом в более гидроморфное состояние;	Трансформация почв и почвенного покрова
зима	криогенная деформация;	Образование бугров пучения
<i>Снижение уровня воды</i>		
весна	Таяние мерзлоты и снега (накопившегося за зиму и выпадающего в виде осадков, в т.ч. также мокрых	

<i>Сезон</i>	<i>Положение уровня воды в озере</i>	<i>Результат</i>
	<i>Поднятие уровня воды и затопление</i>	
	осадков) вызовут просадки и смыв. В случае высыхания (засушливая весна) – возможна дефляция.	Просадки, смыв (эрозия), дефляция
лето	Таяние мерзлоты, просадки, аккумуляция солей, весьма замедленное покрытие растительностью (если почва не покрыта гидрофитами), смыв при дождях, дефляция при высыхании	
осень	Таяние мерзлоты, просадки, смыв и дефляция, если почва не покрыта гидрофитами	
зима	В новой зоне подтопления при минимальном положении уровня вод криогенные деформации	Образование бугров пучения

#### **Литература (Приложение Д4)**

1. Шпагина А. Н., Питерская А.Н., Федорова А. В. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий – М.: ФГУП «ВИЭМС», 2006. – 97 с.

2. Приказ Минприроды РФ N 525, Роскомзема N 67 от 22.12.1995 "Об утверждении Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 29.07.1996 N 1136).

3. Серекпаев Н. А., Стыбаев Г.Ж., Колесникова Л. И. Поверхностное улучшение пастбищ – создание устойчивой экосистемы с высокой питательной ценностью // Аграрное образование и наука. – 2015. – № 2. – С. 10.

4. Ресурсосберегающие способы улучшения и использования сенокосов и пастбищ Поволжского района (Руководство). – М.: ФГУ РЦСК, 2011. – 60 с.

5. Филипенко, В. С., Рошка Т.Б. Влияние затопления и подтопления осушенных земель на урожайность сельскохозяйственных культур // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы : Материалы пятой международной научно-практической конференции, Пинск, 28–29 апреля 2011 года. Том Часть I. – Пинск: Полесский государственный университет, 2011. – С. 330-332.

6. Егоров В. В. Общие закономерности формирования приморско-дельтовых равнин // Изв. АН СССР. – Сер. Геогр. – 1955. – № 4. – С. 45–53.

7. Конюшкова Н. С., Работнова Т. А., Цаценкина И. А. Методика опытных работ на сенокосах и пастбищах. – М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1961. – 287 с.

Таблица 1 – Суточные данные ЕнБВУ по уровню Байкала\*

Дата, уровень м ТО	Дата, уровень м ТО	Дата, уровень м ТО
08.08.2021 457.00	13.09.2021 457.20	20.10.2021 457.18
09.08.2021 457.01	14.09.2021 457.20	21.10.2021 457.17
10.08.2021 457.01	15.09.2021 457.20	22.10.2021 457.16
11.08.2021 457.02	16.09.2021 457.20	25.10.2021 457.15
12.08.2021 457.02	17.09.2021 457.21	26.10.2021 457.15
13.08.2021 457.02	20.09.2021 457.21	27.10.2021 457.15
16.08.2021 457.04	21.09.2021 457.22	28.10.2021 457.15
17.08.2021 457.04	22.09.2021 457.23	29.10.2021 457.15
18.08.2021 457.05	23.09.2021 457.23	01.11.2021 457.14
19.08.2021 457.07	24.09.2021 457.23	02.11.2021 457.14
20.08.2021 457.08	27.09.2021 457.23	03.11.2021 457.13
23.08.2021 457.11	28.09.2021 457.23	08.11.2021 457.11
24.08.2021 457.12	29.09.2021 457.22	09.11.2021 457.10
25.08.2021 457.12	30.09.2021 457.22	10.11.2021 457.09
26.08.2021 457.13	01.10.2021 457.22	11.11.2021 457.08
27.08.2021 457.13	04.10.2021 457.21	12.11.2021 457.08
30.08.2021 457.14	05.10.2021 457.21	15.11.2021 457.07
31.08.2021 457.15	06.10.2021 457.21	16.11.2021 457.06
01.09.2021 457.16	07.10.2021 457.21	17.11.2021 457.06
02.09.2021 457.16	08.10.2021 457.21	18.11.2021 457.06
03.09.2021 457.17	11.10.2021 457.21	19.11.2021 457.05
06.09.2021 457.17	13.10.2021 457.20	22.11.2021 457.03
07.09.2021 457.18	14.10.2021 457.20	23.11.2021 457.02
08.09.2021 457.19	15.10.2021 457.20	24.11.2021 457.01
09.09.2021 457.19	18.10.2021 457.18	25.11.2021 457.01
10.09.2021 457.19	19.10.2021 457.18	26.11.2021 457.00

\* - по данным сайта <https://enbv.ru/>

**Оценка социально-экономических ущербов при понижении уровня режима оз. Байкал**

**(выполнено Байкальским институтом природопользования СО РАН)**

Критически низкий уровень озера Байкал отмечен в 456,15 м в апреле 2014 г. [1]. Низкий уровень в конце периода наполнения в сентябре 2014 года составил 456,55 м [2]. Рекордного минимума уровень воды в озере достиг в конце апреля 2015 года и составил 455,99 метра.

В [3] отмечается, что негативные последствия для Республики Бурятия, связанные со сложившимися гидрометеорологическими условиями и низким уровнем озера Байкал – это понижение уровня воды на всех водных объектах Республики Бурятия (в том числе грунтовых вод).

В [4] указано, что маловодье, охватившее весь регион, вызвало не только снижение уровня грунтовых вод, обмеление рек и малых озер вокруг Байкала, оно привело к катастрофическому дефициту влаги во всем регионе и возникновению лесных и торфяных пожаров в Бурятии.

В статье [5] отмечается, что вспышки пожаров обусловлены природными факторами: климатическими аномалиями и высокой частотой засух. Засушливые периоды в Бурятии наблюдались в следующие периоды: 1953-1956, 1959-1961, 1963-1968, 1974-1980, 1987-1989, 1996, 1999, 2000-2003, 2009, 2014-2015 гг. Продолжительность засух в среднем 2-4 года с периодичностью 4-8 лет. Эти цифры полностью коррелируют с крупными пожарами на территории республики.

Иметхенов А.Б. [5] подтверждает, что понижение уровня оз. Байкал оказало существенное влияние на режим вод, особенно подземных, на участках с неглубоким залеганием и очень малым уклоном зеркала вод. До поднятия уровня оз. Байкал до 457,0 м в связи со строительством каскада гидроэлектростанций на р. Ангаре, режим подземных вод побережья формировался исключительно под влиянием природно-климатических факторов. Так, регулярные режимные наблюдения за изменением уровня подземных вод, проводимые в дельте р. Селенги гидрогеологами в 1968-1970 годах под руководством И.М. Борисенко свидетельствуют о том, что уклон зеркала подземных вод в сторону Байкала, ранее составляющий 0,003-0,004, уменьшился до 0,0003-0,0004. При этом уровень грунтовых вод поднимался, даже местами достигал поверхности, тем самым значительно усиливая процесс заболачивания земель. В период же маловодий уровень

грунтовых вод падал на глубину до 3-5 м, осушая значительные болотные массивы и заболоченные участки с торфяниками.

По данным бурятских гидрогеологов И.М. Борисенко, А.А. Адушинова и др. [6], режим подземных вод находится в тесной взаимосвязи с величиной атмосферных осадков, режимом р. Селенги и в значительной степени, с колебаниями уровня воды в оз. Байкал. При этом, как они отмечают, соотношение элементов водного баланса Байкала, вызванные внутригодовыми колебаниями его уровня, свидетельствует о том, что при высоком стоянии вод на Байкале наблюдается подъем грунтовых вод в дельте Селенги до дневной поверхности, а при пониженном уровне вод Байкала стояния подземных вод значительно падает на глубину до 5 и более метров. Об этом свидетельствуют также и данные гидрогеологических исследований (30 пробуренных скважин и 35 обследованных колодцев), проведенные гидрогеологами в дельте р. Селенги, показывающие, что ниже торфяников (мощность их от 1 до 10 м) залегают водоносные верхнечетвертичные песчано-гравийно-галечные отложения. Все это привело к тому, что уровень грунтовых вод в дельтовой части р. Селенги в настоящее время находится ниже торфяных слоев.

Следовательно, понижение уровневого режима вод Байкала приводит не только к постепенному иссушению торфяных массивов в дельте р. Селенги, но и к самовозгоранию торфа. Таким образом, произошло нивелирование уклона зеркала грунтовых вод, вызванное сериями засушливых лет. В дальнейшем длительный процесс усыхания торфяных залежей привело к постепенной потере их фильтрационных свойств ниже нормы (пористость в пределах 76-90%, коэффициент сжатия – 1,4-1,6 г/см<sup>3</sup>, объемный вес – 0,9-1,1 г/см<sup>3</sup>, коэффициент фильтрации – 0,1-0,01 м/сутки). Торфяные грунты, впитывающие большое количество влаги, постепенно стали их терять, что, в конечном счете, привело к значительному их иссушению.

Помимо иссушения торфяников наблюдается также понижение уровня воды в колодцах в зимний период года, вызванное региональными тенденциями изменения климата в сторону потепления. Это обстоятельство заметно влияет на снижение уровня подземных вод на побережье Байкала. Наблюдается нарушение цикла поверхностного питания грунтовых вод и заметный сдвиг подъема грунтовых вод с конца января на февраль, связанный с поздним промерзанием почв и потерей выжимания подземных вод в пунктах искусственных водозаборов.

Таким образом, при низком уровне подземных вод заболоченные и низменные участки иссушаются на значительную глубину, а торфяники, потеряв свои инфильтрационные свойства, подвергаются большим рискам самовозгорания. А если этот процесс продолжается в течение длительного времени, самовозгорание торфа охватывает

значительные территории, занятые торфяными массивами. Что и произошло в настоящее время за длительный период маловодья, который наблюдается в течение последних двадцати лет. В дельте р. Селенги горящие торфяные залежи с наступлением лета 2015 года возобновились с новой силой.

**Торфяные пожары.** Многоочаговое тление торфа в Республике Бурятия происходило в ЦЭЗ БПТ, преимущественно в пределах Кабанской осушительно-оросительной системы Кабанского района, хотя отдельные очаги были расположены и вне осушенной части.

С 15 октября 2014 года Постановлением Главы Кабанского района на территории Кабанского района РБ введен режим чрезвычайной ситуации из-за торфяных пожаров, который был снят 11 января 2016 года.

Согласно письму Бурприроднадзора № 83-04-37-И927/16 от 5 апреля 2016 года, причиной торфяных пожаров могло стать сочетание факторов: дефицит осадков, понижение уровня грунтовых вод, массовые поджоги травы населением, неисправность гидротехнических сооружений, повторное возобновление горения некачественно потушенных пожаров.

Согласно ответу руководителя противопожарной программы Гринпис России от 10 мая 2016 г., следует, что причинами возгорания торфяников могли явиться: возгорание сухой травы на поверхности осушенного болота (на полях Боргойской ООС), либо развитие непотушенных очагов тления торфа, возникших в 2014 году. Вероятность самовозгорания торфа очень мала. Территория осушалась под нужды сельского хозяйства, добыча и складирование фрезерного торфа на ней не производилась. Горение травы могло возникнуть как в результате палов местными жителями, так и сотрудниками ФГУП «Байкальское».

Данные о площадных характеристиках и стоимостных значениях ущерба оценены по фактическим затратам на тушение торфяных пожаров. [2, 7].

**Осушение колодцев и скважин.** В 2014-2015 годах проблемы с водоснабжением населения из нецентрализованных источников наблюдались в большей части населённых пунктов прибрежных районов. В колодцах и скважинах упал уровень воды, зафиксированы факты полного исчезновения воды в колодцах местных жителей поселений [3].

Зимой 2015 г. около 860 человек испытывали трудности с водоснабжением – вода исчезла из колодцев в 18-ти населенных пунктах Бурятии – главным образом, в прибрежных районах (Кабанском и Прибайкальском). Всего же, по некоторым данным

[8], негативные последствия маловодья на восточном берегу Байкала могли испытывать около 70 тыс. человек.

В связи с нарушением водоснабжения в п. Танхой, где водозабор воды для обеспечения водой жителей п. Танхой осуществляется из оз. Байкал, был введен режим ЧС. В связи с низким уровнем воды в общественных колодцах жителей населенных пунктов Прибайкальского района, был организован подвоз воды на специализированных машинах четыре раза в неделю.

При понижении уровня оз. Байкал в колодцах и скважинах уровень воды опускается до 1,2-2,0 м с последующим уменьшением дебита, что влияет на добычу подземных вод, находящихся в верхних горизонтах почвы.

Возможный ущерб от осушения колодцев оценен на основе определения расходов, которые необходимы для углубления колодцев в среднем на 2 метра (по некоторым оценкам, от 3 до 5 м). Для расчета количества скважин/колодцев учитывалось количество домохозяйств, не оснащенных централизованным водоснабжением и пострадавших от осушения колодцев.

Таблица 1 – Стоимостные оценки определение ущерба объектам экономики и инфраструктуры прибрежной территории Республики Бурятия, Иркутской области в зависимости от уровней озера и сбросов Иркутской ГЭС [7, 9]

Наименование факторов	Число объектов (количество пожаров), ед. (нарастающим итогом для каждого диапазона)	Для каждого диапазона:	
		Натуральные значения, га	Стоимостное значение, тыс. руб. (нарастающим итогом пропорционально площадным характеристикам)
Ущерб от торфяных пожаров при уровнях:			
2014 г. – 456,55	н.д.	370,6	2775, 41
2015 г. – 455,99	17	429,4	3215,76
2016 г. – 455,99	29	1885,3	14118,96
Ущерб от осушения колодцев при уровне 455,99	-	-	7352,00

Таким образом, суммарные экономические ущербы определены в соответствии с задачами технического задания по методическим подходам к оценке ущерба, рекомендованным к использованию МПР РФ, нормативно-правовым документам органов исполнительной власти РБ, а также по фактическим затратам на компенсационные выплаты, сложившихся рыночных цен на товары и услуги.



## Литература (Приложение Д6)

1. О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2016 году : государственный доклад / Минприроды России. – Иркутск: ИНЦХТ, 2017. – 374 с. [электронный ресурс]. – URL: [http://fcprvhk.ru/wp-content/uploads/2018/01/Doklad\\_Baykal\\_2016.pdf](http://fcprvhk.ru/wp-content/uploads/2018/01/Doklad_Baykal_2016.pdf) (дата обращения 15.06.2022).
2. Справка по повестке заседания Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал (Москва, 9 декабря 2014 г.). – 50 с. – [электронный ресурс]. – URL: [http://geol.irk.ru/baikal/baikal/baikal\\_law\\_fulfilment/mvk/091214/infdocs/infdocs.pdf](http://geol.irk.ru/baikal/baikal/baikal_law_fulfilment/mvk/091214/infdocs/infdocs.pdf) (дата обращения 15.06.2022).
3. Справочные материалы к заседанию Межведомственной комиссии по вопросам охраны озера Байкал 22 января 2016 г.
4. Борисова, Т.А. Лесные пожары в Бурятии: причины и следствия / Т.А. Борисова // Вестник ВГУ. Серия: География, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 78-84.
5. Иметхенов, А.Б. О катастрофических последствиях понижения уровня озера Байкал / А.Б. Иметхенов // Актуальные вопросы техносферной безопасности : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции (Максимиха, 15-18 сентября 2015). – Улан-Удэ: Изд-во Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, 2015. – С. 63-68.
6. Борисенко, И.М. Месторождения подземных вод горно-складчатых областей на примере Прибайкалья и Западного Забайкалья / И.М. Борисенко, А.А. Адушинов, Т.Е. Литвиненко. – Москва : Наука, 1990. – 124 с.
7. Решение Арбитражного суда Республики Бурятия от 19.05.2016 по делу № А10-6388/2015 // Электронное правосудие : [электронный ресурс]. – URL: <https://kad.arbitr.ru/Card/3f057302-1c79-4098-a22c-f0a4ddd691da> (дата обращения 15.06.2022).
8. Пиотровский, А.А. Анализ изменения глубин и площади водной поверхности дельтовых областей севера Байкала с использованием методов дистанционного зондирования / А.А. Пиотровский А.А., В.Е. Воробьев, А.А. Лукин // Наука, образование и духовность в контексте концепции устойчивого развития : материалы Всероссийской научно-практической конференции. [В 4 ч.]. Ч. II / под об. ред. М.К. Петрова (Ухта, 24-25 ноября 2016). – Ухта : Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2017. – С. 177-181.
9. Сидоров, А.А. Хронология лесных пожаров в Республике Бурятия / А.А. Сидоров, С.Е. Санжиева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (139). – С. 204-208.

УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель начальника учреждения -  
 начальник Байкальского филиала  
 ФГБУ "Главрыбвод"  
 /Л.А. Михайлик/



**Расчет стоимости 16.2.1**

оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов

на 2022 год

Вид рыбы: омуль байкальский, личинка 2-3 дневная

услуги по воспроизводству 1 штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
1.	Выполнение работ основными исполнителями				0,87
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,04	21,7	0,87
2.	Почисления на оплату труда	%	30,2		0,26
3.	Амортизационные отчисления				0,010
4.	Итого себестоимость				1,14
5.	Общехозяйственные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		0,86
6.	Плановая рентабельность	%	25		0,33
7.	Налог на добавленную стоимость	%	20		0,35
8.	<b>Всего стоимость работ</b>				<b>2,68</b>

Исполнитель:  
 Главный экономист

/Н.П. Башлеева/

УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель начальника учреждения -  
 начальник Байкальского филиала  
 ФГБУ "Главрыбвод"  
 /Л.А. Михайлик/



**Расчет стоимости 16.1.2**  
 оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов  
 на 2022 год

Вид рыбы: имуль байкальский, молодь ивесской 0,5 гр.

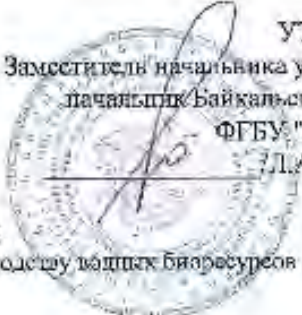
услуги по воспроизводству 1 штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
	Выполнение работ основными исполнителями				6,59
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,0099	665,3	6,59
2.	Начисления на оплату труда	%	30,2		1,99
3.	Амортизационные отчисления				0,038
4.	Итого себестоимость				8,61
5.	Общехозяйственные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		6,46
6.	Планировая рентабельность	%	25		3,08
7.	Налог на добавленную стоимость	%	20		3,20
8.	<b>Всего стоимость работ</b>				<b>21,35</b>

Исполнитель:  
 Главный экономист

Л.П. Башлесва/

УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель начальника учреждения -  
 начальник Байкальского филиала  
 ФГБУ "Главрыбвод"  
 Д.А. Михайлик



**Расчет стоимости 16.2.3**

оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов  
 на 2022 год

Вид рыбы: омуль байкальский, молодь лавеской 0,51-1,0 гр.

услуги по воспроизводству 1 штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
	Выполнение работ основными исполнителями				10,90
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,0164	664,5	10,90
2.	Начисления на оплату труда	%	30,2		3,29
3.	Амортизационные отчисления				0,038
4.	Итого себестоимость				14,23
5.	Общехозяйственные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		10,67
6.	Плановая рентабельность	%	25		3,50
7.	Налог на добавленную стоимость	%	20		3,63
8.	<b>Всего стоимость работ</b>				<b>32,03</b>

Исполнитель:  
 Главный экономист



/Н.И. Башнева/

УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель начальника учреждения -  
 начальник Байкальского филиала  
 ФГБУ "Главрыбвод"  
 /Л.А. Михайлик/



**Расчет стоимости 16.3.4**

оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов

за 2022 год

Вид рыбы: омуль байкальский, молодь навеской 1,01-3,0 гр.

услуги по воспроизводству 1 штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
	Выполнение работ основными исполнителями				17,21
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,0257	669,8	17,21
2.	Начисления на оплату труда	%	30,2		5,20
3.	Амортизационные отчисления				0,040
4.	Итого себестоимость				22,45
5.	Общехозяйственные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		16,84
6.	Плановая рентабельность	%	25		4,24
7.	Налог на добавленную стоимость	%	20		4,53
8.	Всего стоимость работ				48,06

Исполнитель:  
 Главный экономист

Н.И. Батшеева



УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель начальника учреждения -  
 начальник Байкальского филиала  
 ФГБУ "Главрыбзод"  
 Д.А. Михайлик/



**Расчет стоимости 16.2.5**

оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов

на 2022 год

Вид рыбы: омуль байкальский, молодь навеской 3,01-5,0 гр.

услуги по воспроизводству - штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
1.	Выполнение работ основными исполнителями				21,63
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,0319	677,99	21,63
2.	Начисления на оплату труда	%	30,2		6,53
3.	Амортизационные отчисления				0,040
4.	Итого себестоимость				28,20
5.	Общехозяйственные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		21,15
6.	Плывовая рентабельность	%	25		4,65
7.	Налог на добавленную стоимость	%	20		4,73
8.	<b>Всего стоимость работ</b>				<b>58,73</b>

Исполнитель:  
 Главный экономист

/Н.П. Базлеева/



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника учреждения -  
начальник Байкальского филиала  
ФГБУ "Гидроинформ"  
Л.А. Михайлик

**Расчет стоимости 16.2.6**

оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов

на 2022 год

Вид рыбы: омуль байкальский, молодь навеской 5,01-10,0 гр.

услуги по воспроизводству 1 штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
	Выполнение работ основными исполнителями				30,98
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,0457	677,99	30,98
2.	Начисления на оплату труда	%	30,2		9,36
3.	Амортизационные отчисления				0,040
4.	Итого себестоимость				40,38
5.	Обязательные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		30,29
6.	Плпковая рентабельность	%	25		4,68
7.	Ценой на добавленную стоимость	%	20		4,73
8.	<b>Всего стоимость работ</b>				<b>80,08</b>

Исполнитель:  
Главный экономист

Д.П. Байтева

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель начальника учреждения -  
начальник Байкальского филиала  
ФГБУ "Гидррыбвод"  
П.А. Михайлик



**Расчет стоимости 16.2.7**

оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов

на 2022 год

Вид рыбы: осмунь байкальский, годзвик навеской 10,01-20,0 гр.

услуги по воспроизводству 1 штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
	Выполнение работ основными исполнителями				34,88
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,05145	677,99	34,88
2.	Начисления на оплату труда	%	30,2		10,53
3.	Амортизационные отчисления				0,040
4.	Итого себестоимость				45,46
5.	Общехозяйственные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		34,09
6.	Плановая рентабельность	%	25		4,68
7.	Налог на добавленную стоимость	%	20		4,74
8.	<b>Всего стоимость работ</b>				<b>88,97</b>

Исполнитель:  
Главный экономист

Л.Л. Баштеева



УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель начальника учреждения -  
 начальник Байкальского филиала  
 ФГБУ "Главрыбвод"  
 /Л.А. Михайлик/



**Расчет стоимости 16.2.8**  
 оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству водных биоресурсов  
 на 2022 год

Вид рыбы: омуль байкальский, двухлетний навеской 20.01-30.0 гр.

услуги по воспроизводству 1 штуки

№	Наименование затрат	Ед. измер.	Кол-во	Стоимость ед. измер., руб.	Итого, руб.
1.	Выполнение работ основными исполнителями				50,51
1.1.	оказание услуг (работ) по искусственному воспроизводству	часы	0,074	682,6	50,51
2.	Начисления на оплату труда	%	30,2		15,25
3.	Амортизационные отчисления				0,040
4.	Итого себестоимость				65,81
5.	Общехозяйственные расходы (в т.ч. оплата труда административно-хозяйственного персонала)	%	75		49,36
6.	Планировая рентабельность	%	25		4,68
7.	Панос на добавленную стоимость	%	20		4,74
8.	<b>Всего стоимость работ</b>				<b>124,58</b>

Исполнитель:

Главный экономист

/Н.И. Башлеева/

**Цифровые модели рельефа нижнего бьефа Иркутской ГЭС**

На картах приведены цифровые модели 3D рельефа для ключевых участков р. Ангара в нижнем бьефе Иркутской ГЭС (в градациях серого показаны точечные высотные данные, уточненные с помощью лидарной съемки и БПЛА).









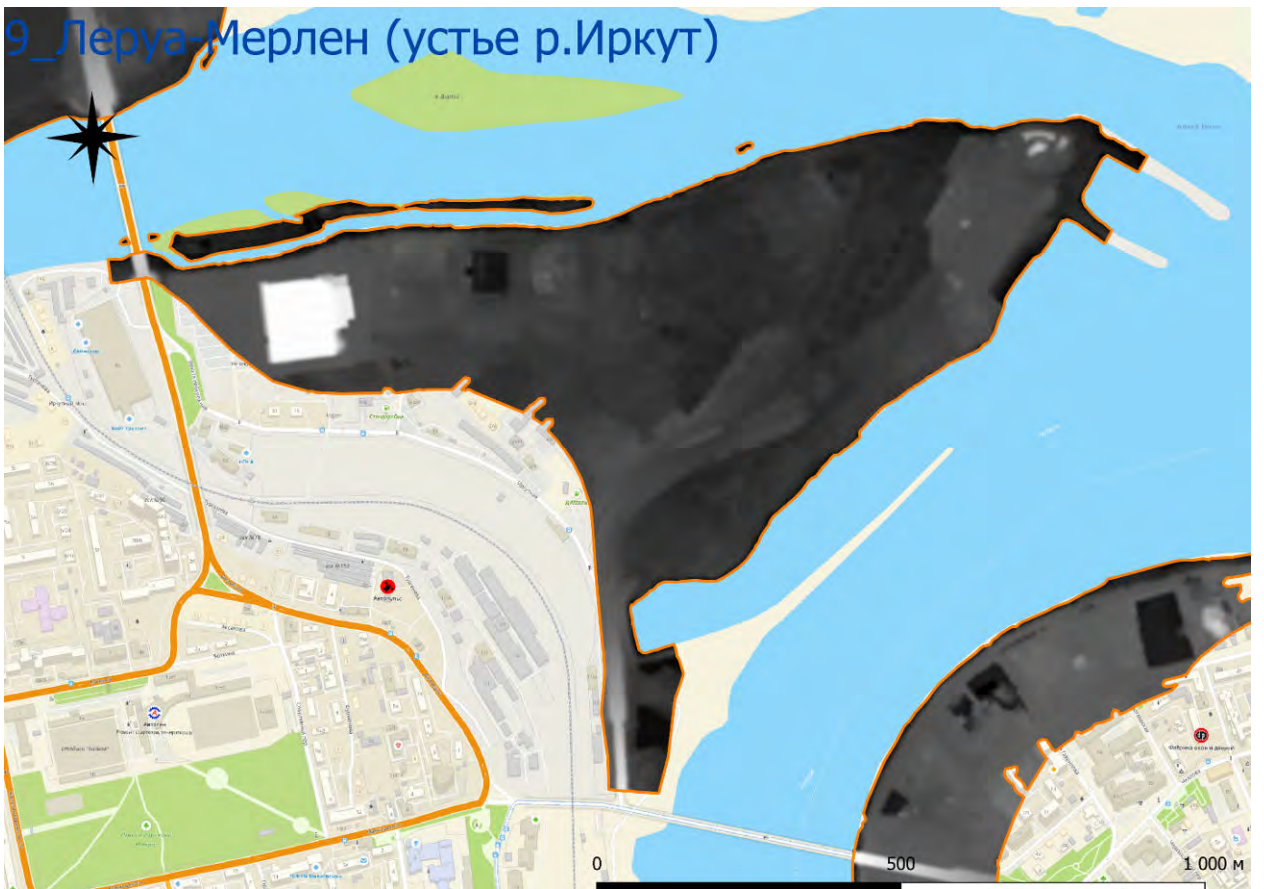




## 8\_Кузьмиха

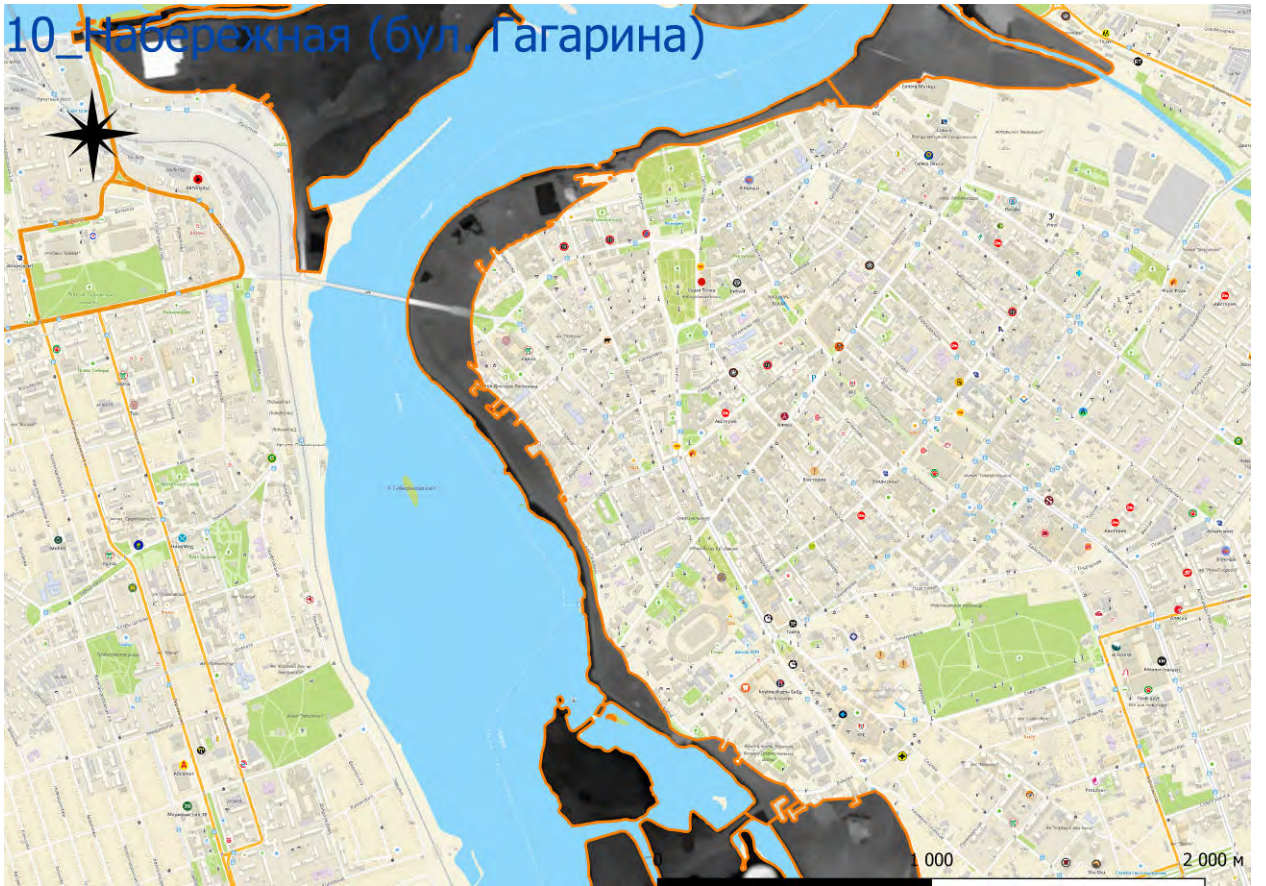


## 9\_Леруа-Мерлен (устье р.Иркут)

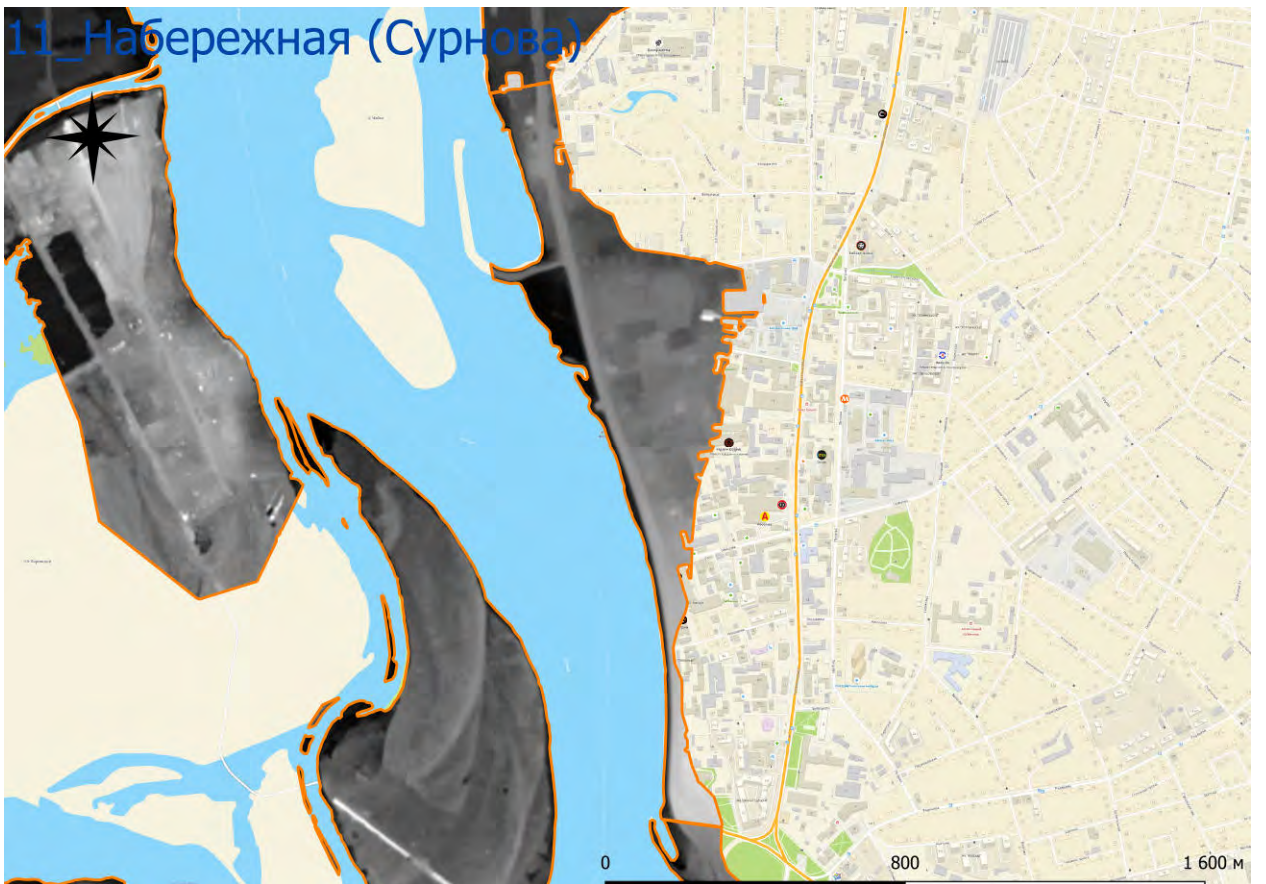




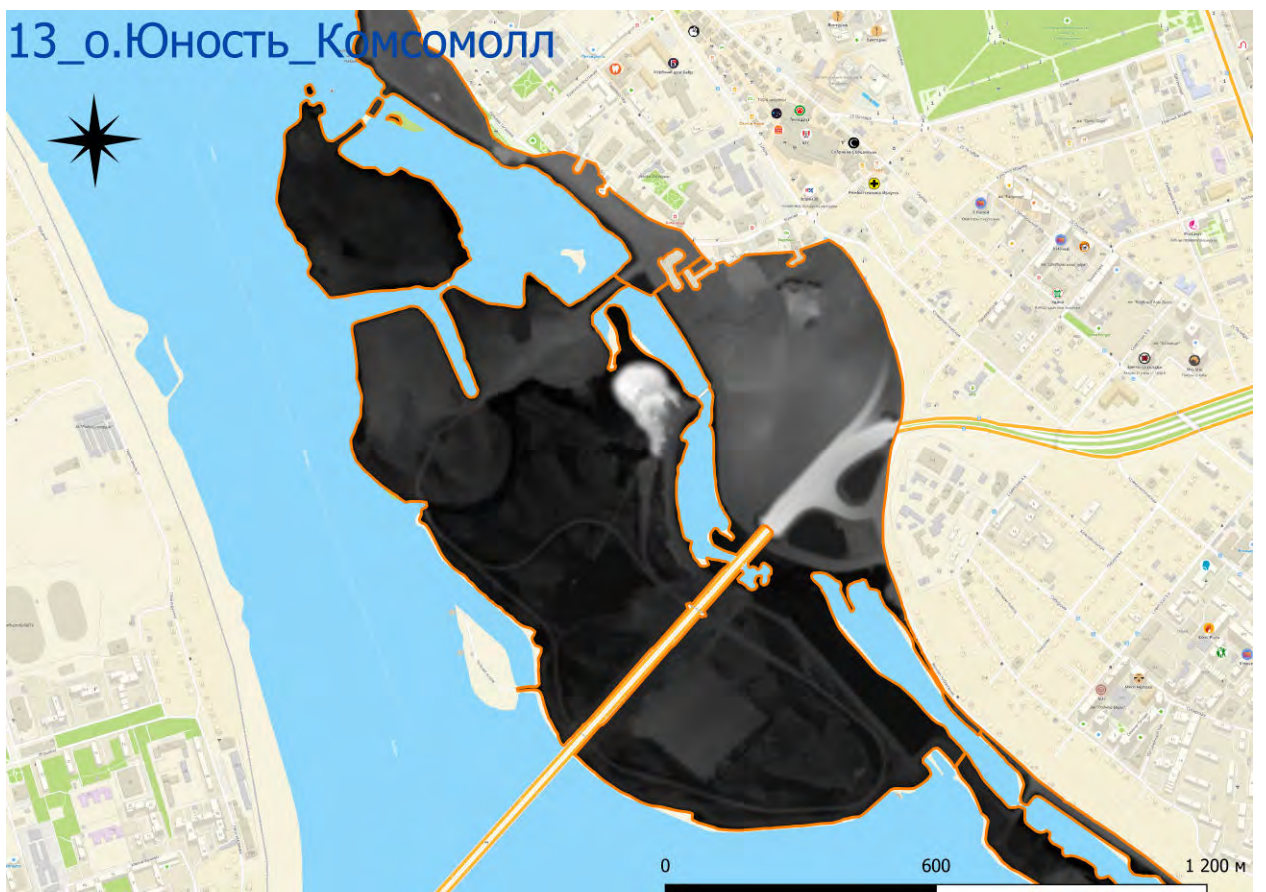
10\_Набережная (бульвар Гагарина)



11\_Набережная (Сурнова)

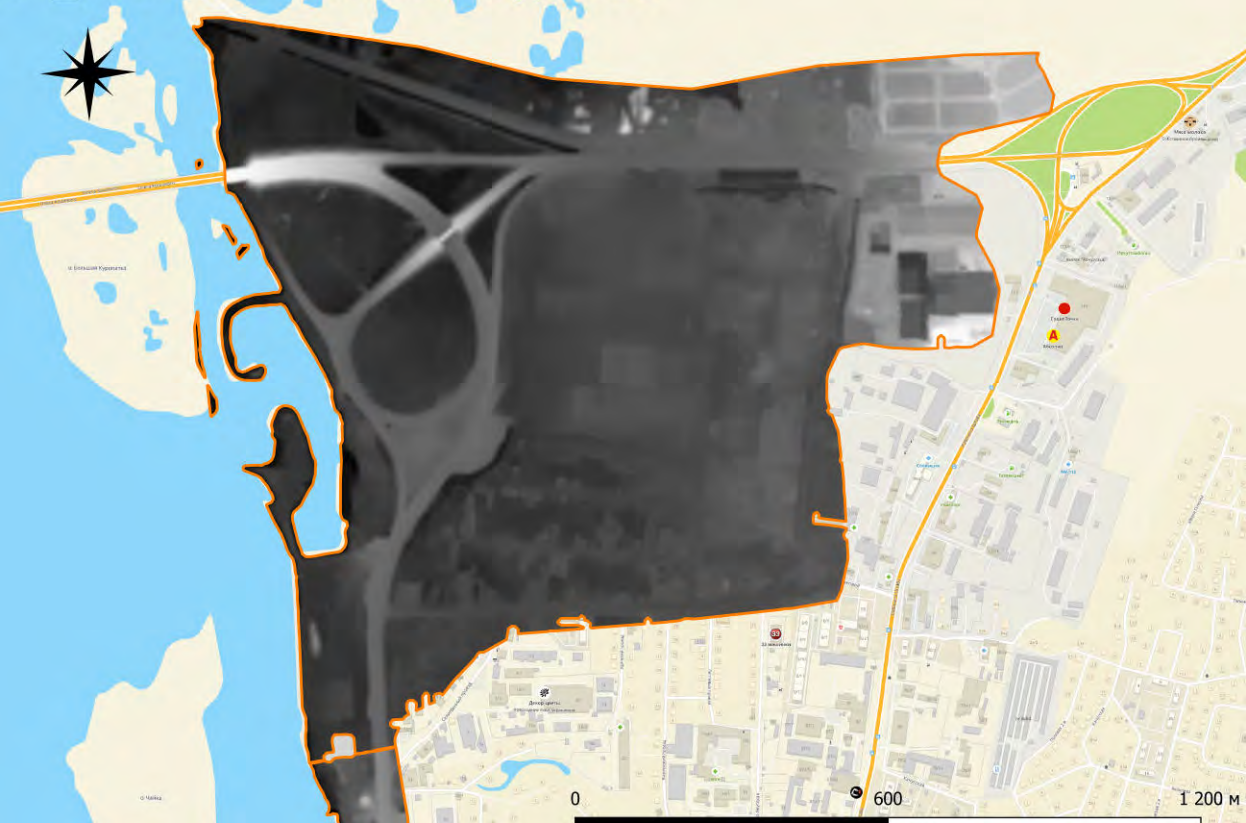




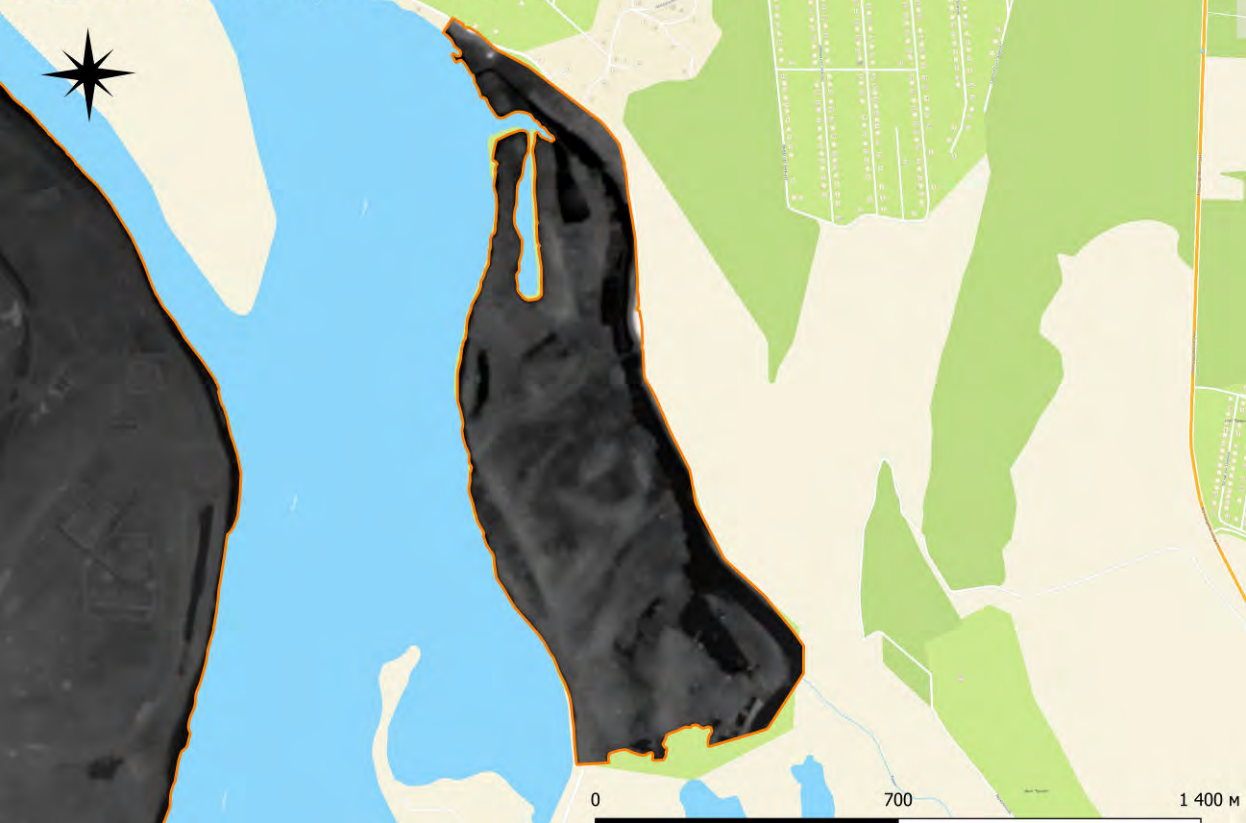




14\_Рабочего Штаба - Сурнова



15\_СНТ устье р.Топка







20\_Ангарск (объект2)



**Цифровые модели рельефа и границы затопления и осушения мелководных зон и прибрежных территорий (территорий, расположенных в границах отметок 455,54 – 457,85 м ТУ) для озера Байкал и Иркутского водохранилища**

На картах приведены цифровые модели 3D рельефа для ключевых участков р. Ангара (Иркутского водохранилища) и оз. Байкал (в градациях серого показаны точечные высотные данные, уточненные с помощью лидарной съемки и БПЛА). Изолинии построены через 0,1 метр.

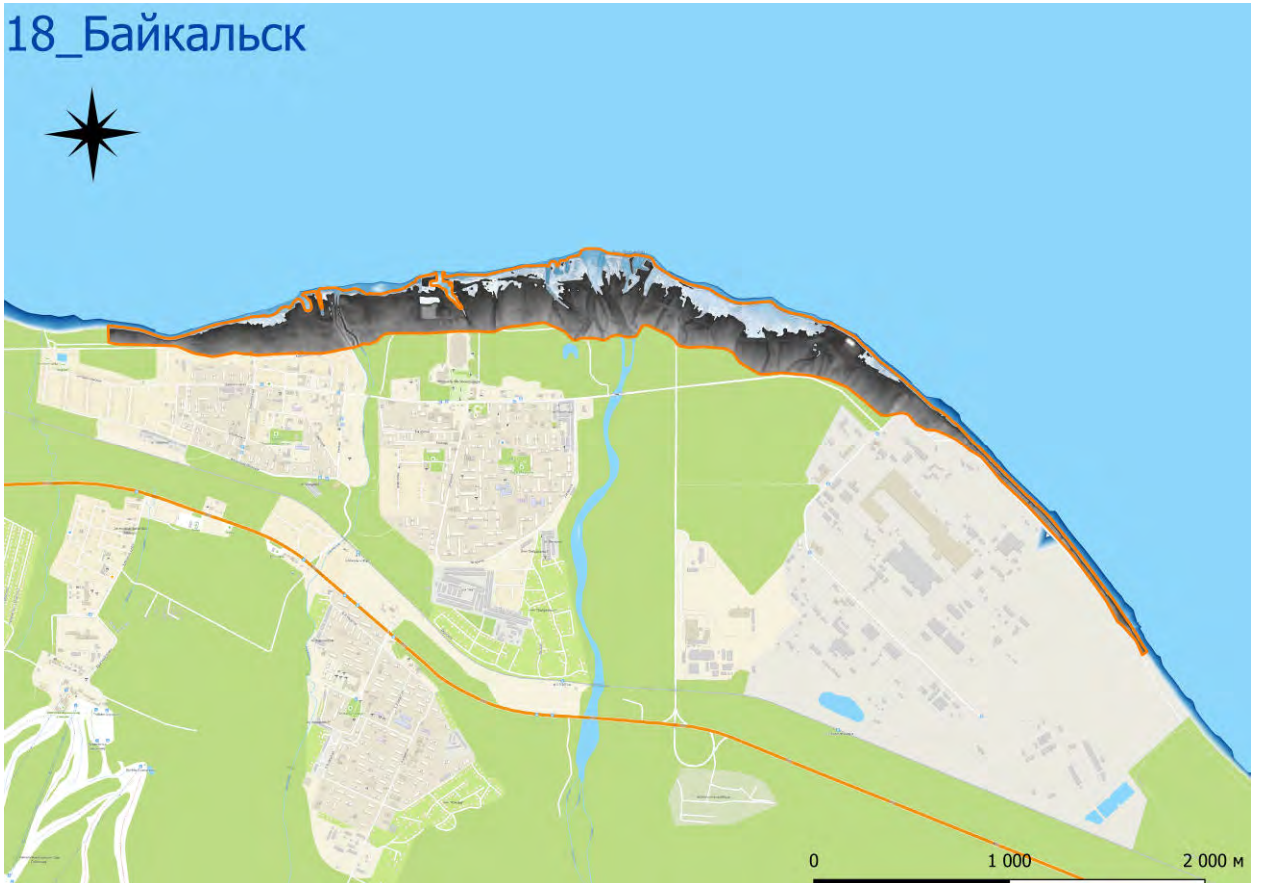




### 17\_Якоби



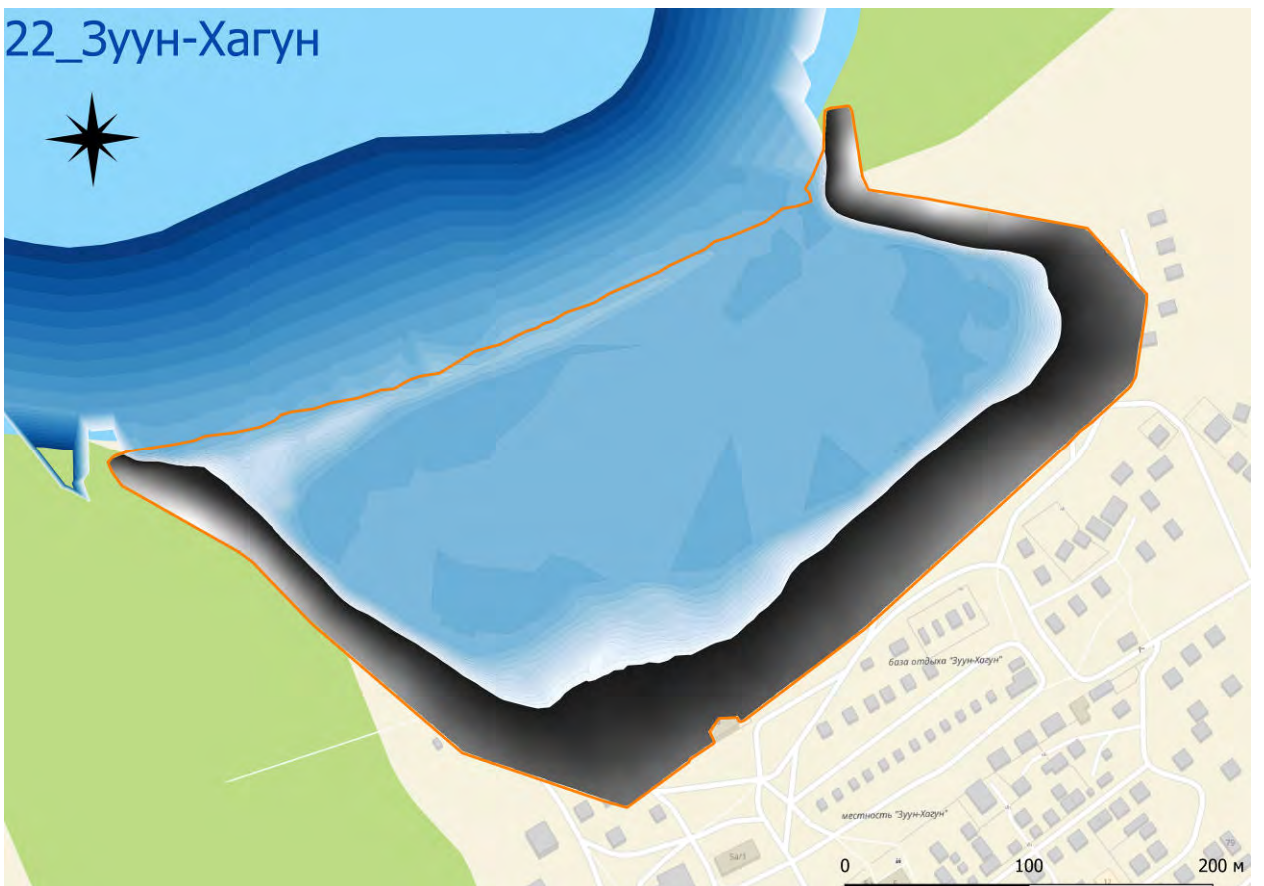
### 18\_Байкальск



## 21\_Бутырки



## 22\_Зуун-Хагун





23\_Байкальский тракт (ст Ангарские хутора)



24\_Ангарские хутора



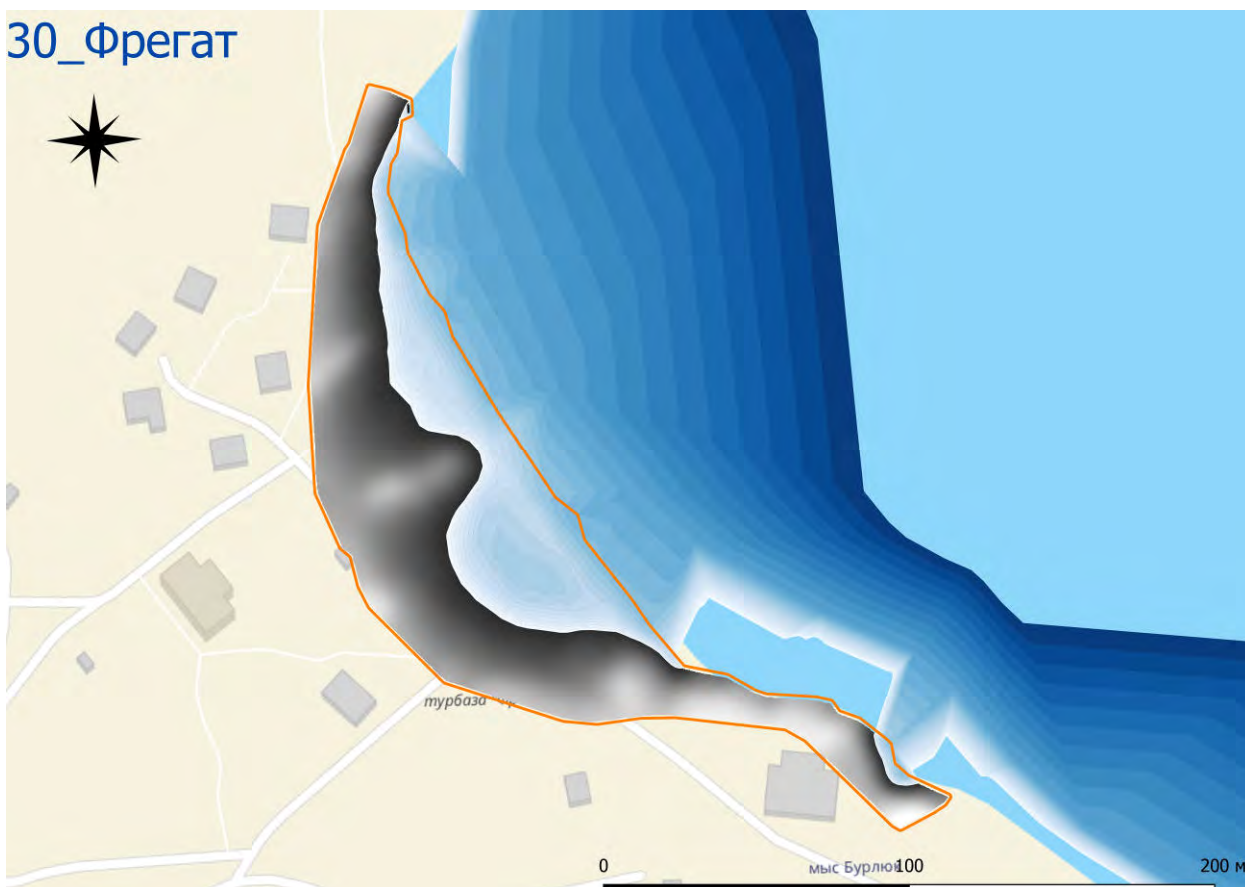








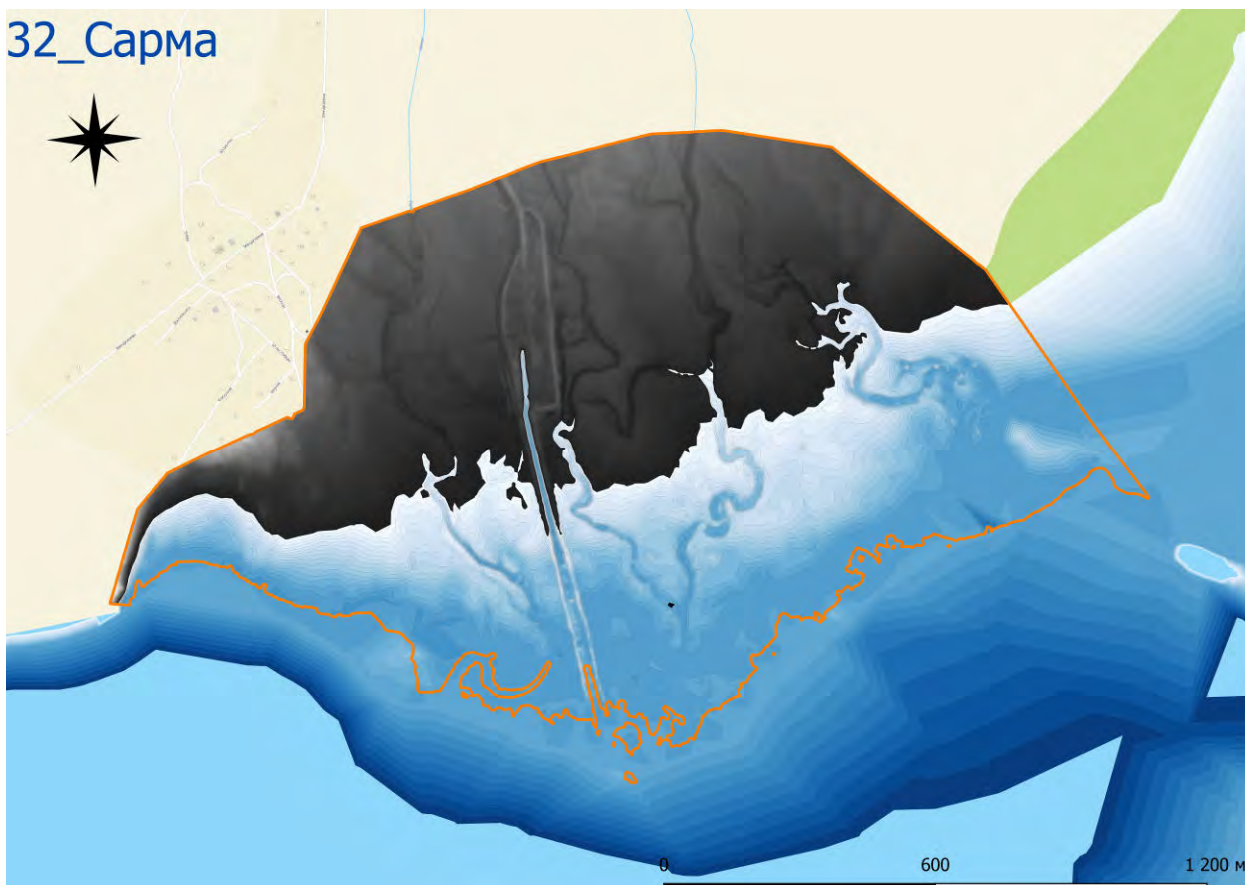
### 30\_Фрегат



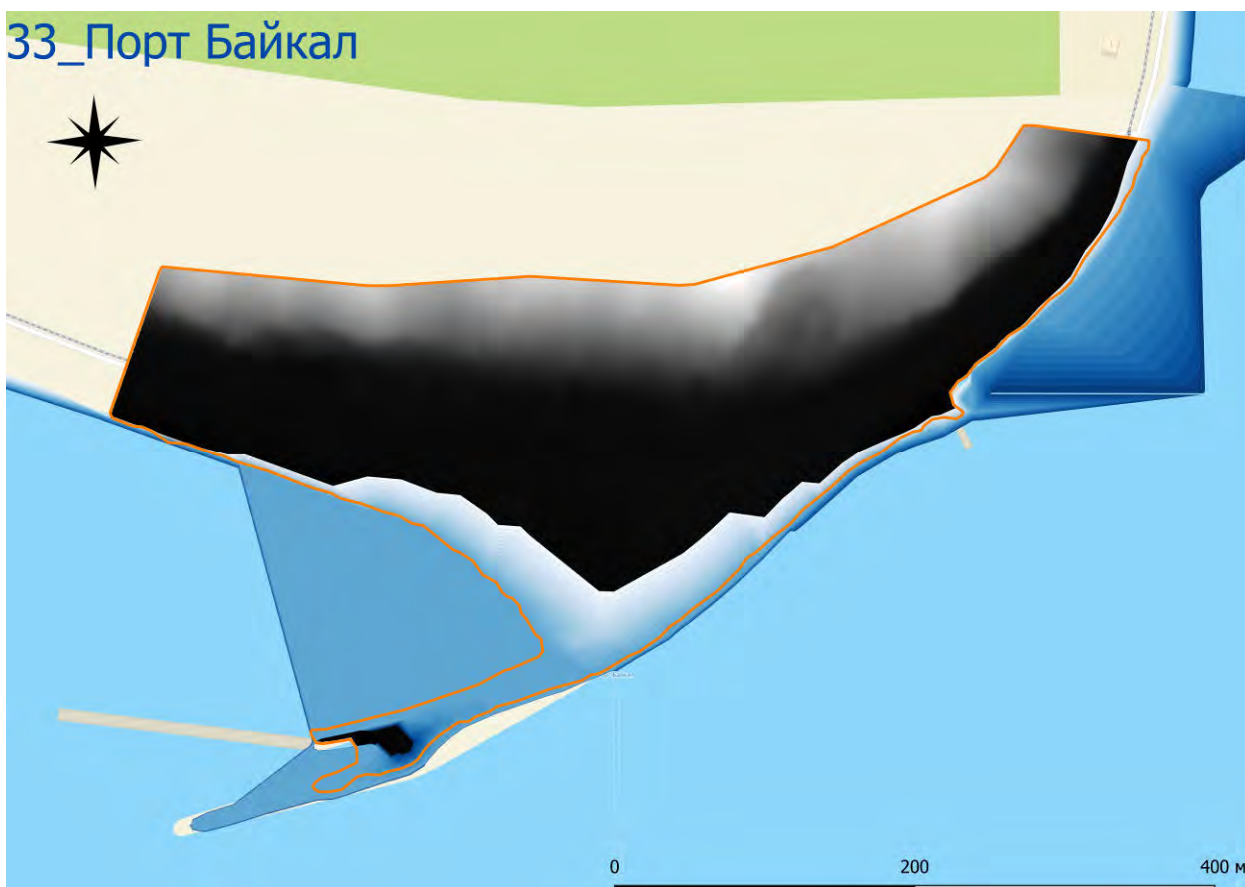
### 31\_Сахюрта



32\_Сарма

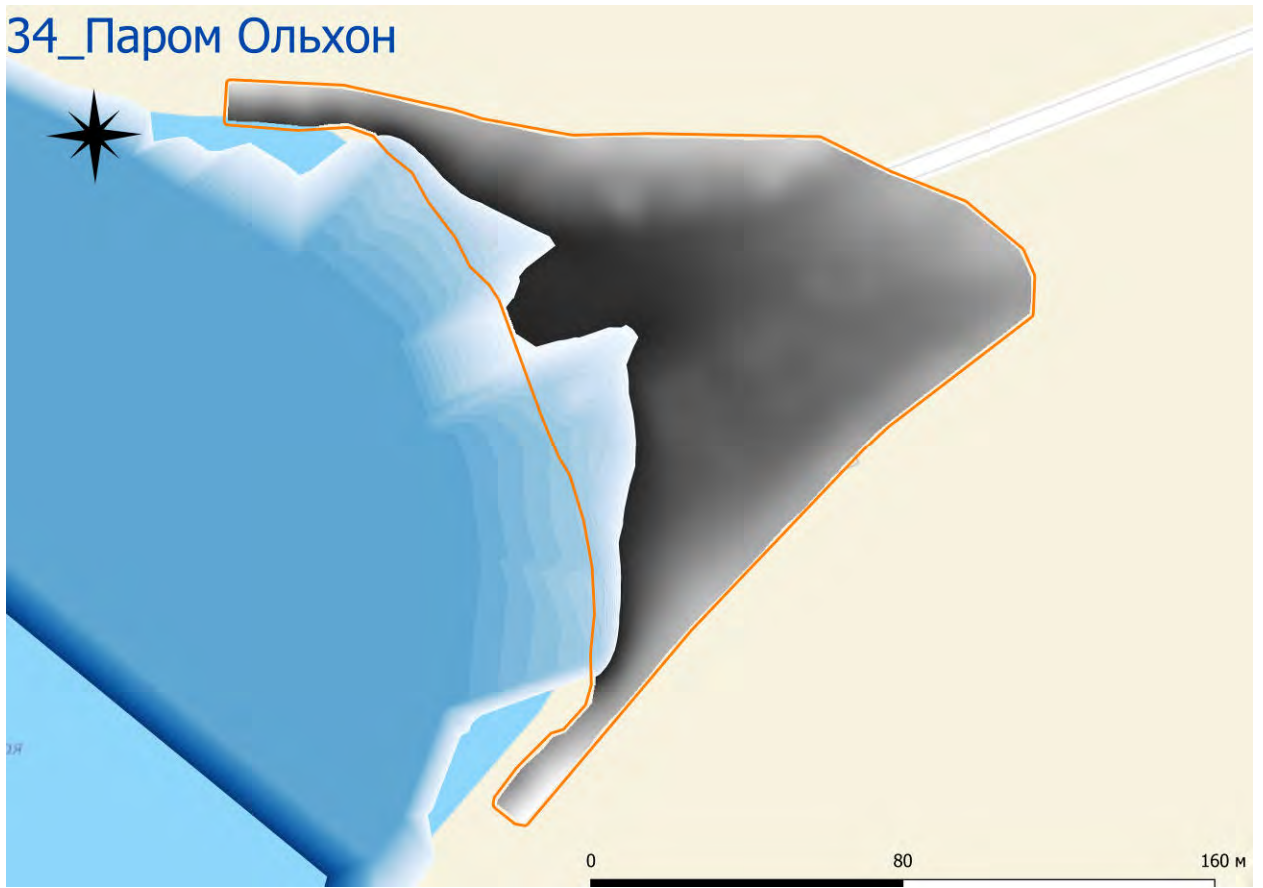


33\_Порт Байкал

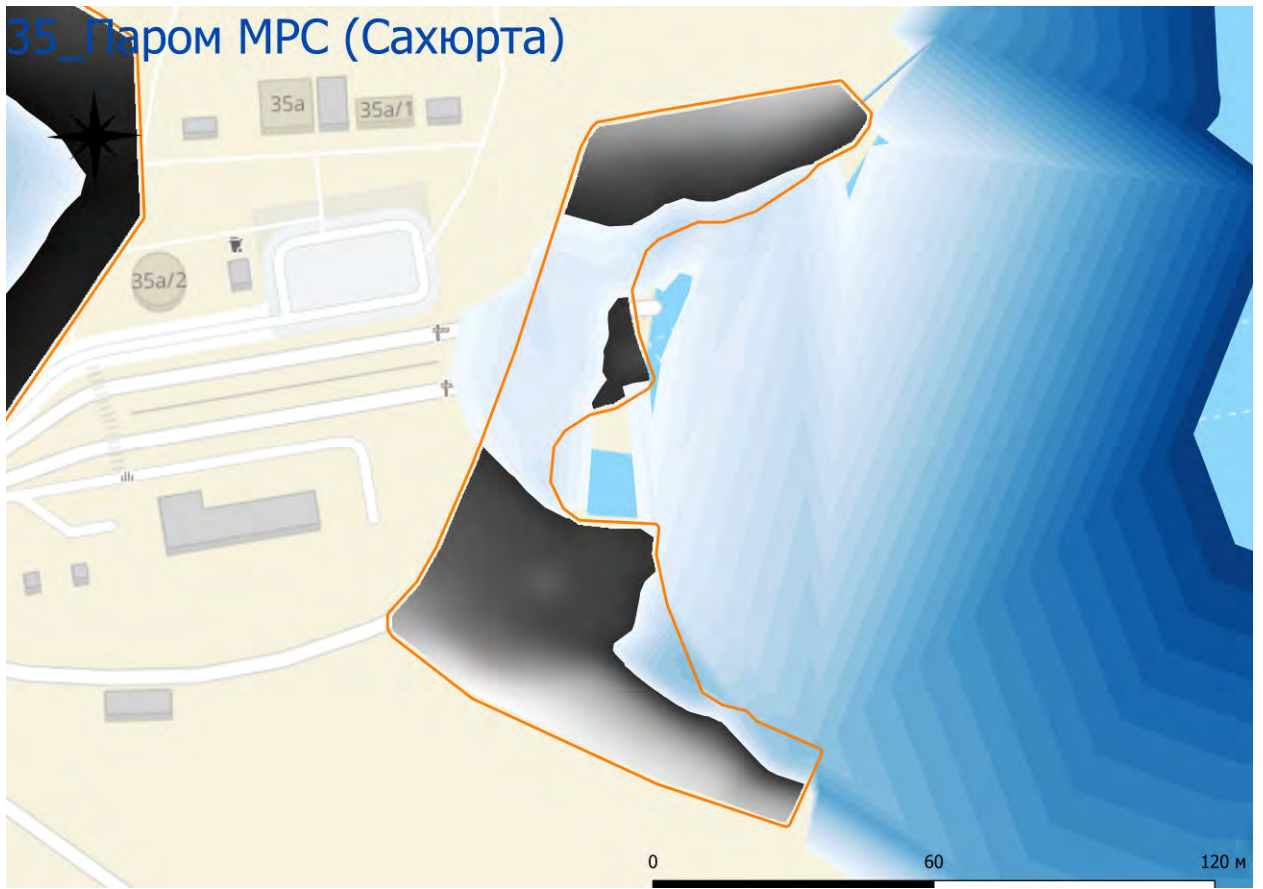


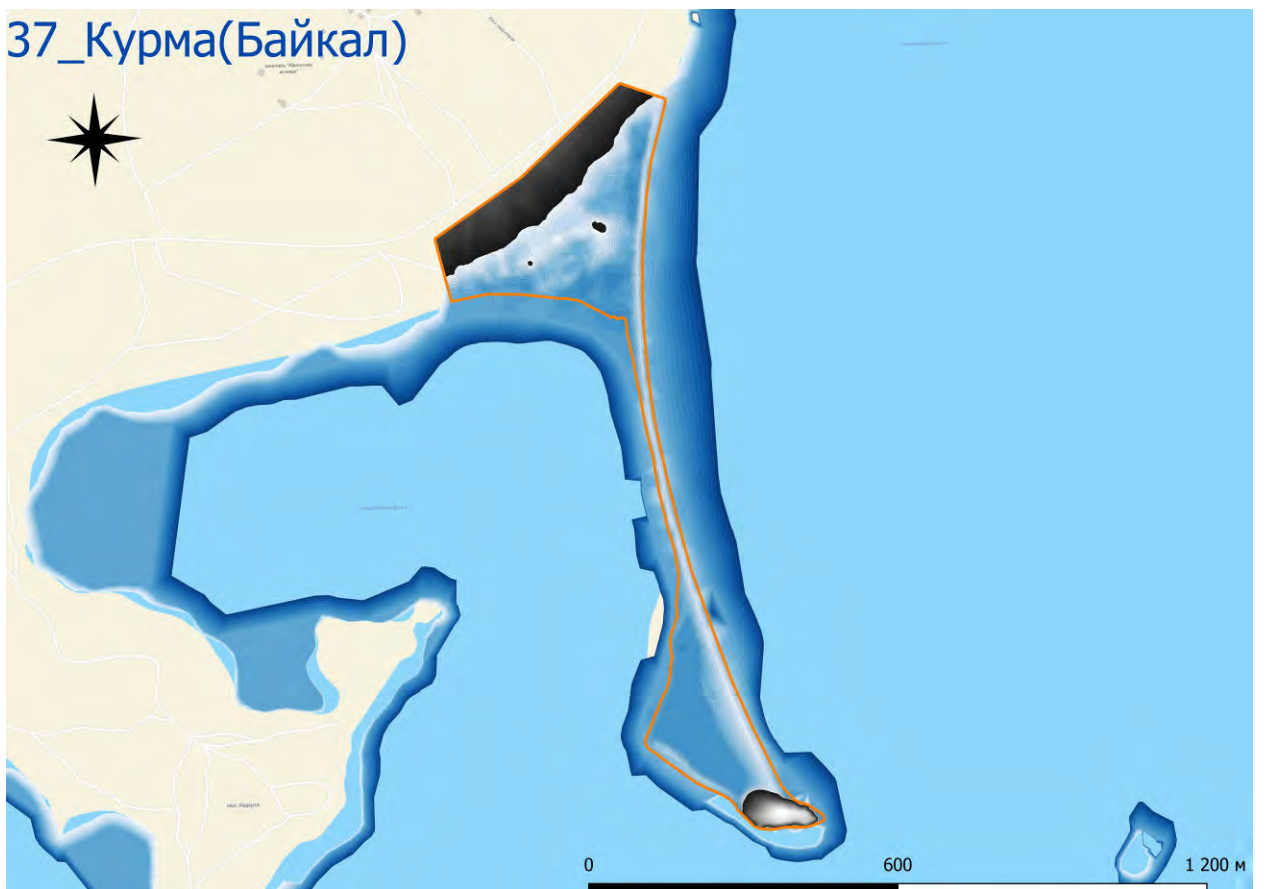


34\_Паром Ольхон



35\_Паром МРС (Сахюрта)



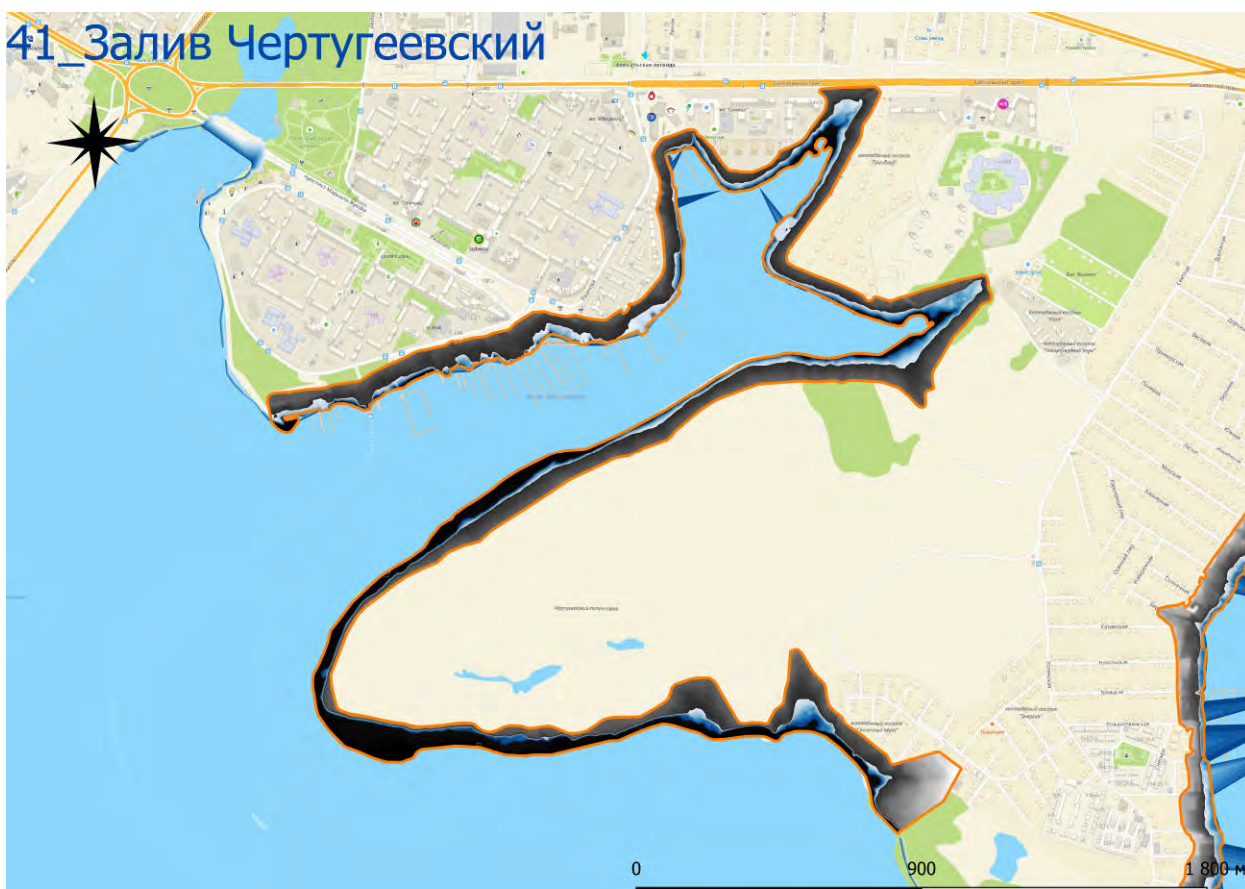




38\_Куркутский залив



41\_Залив Чертугеевский



# 42\_Бурдугуз



# 43\_залив Ершовский продолжение



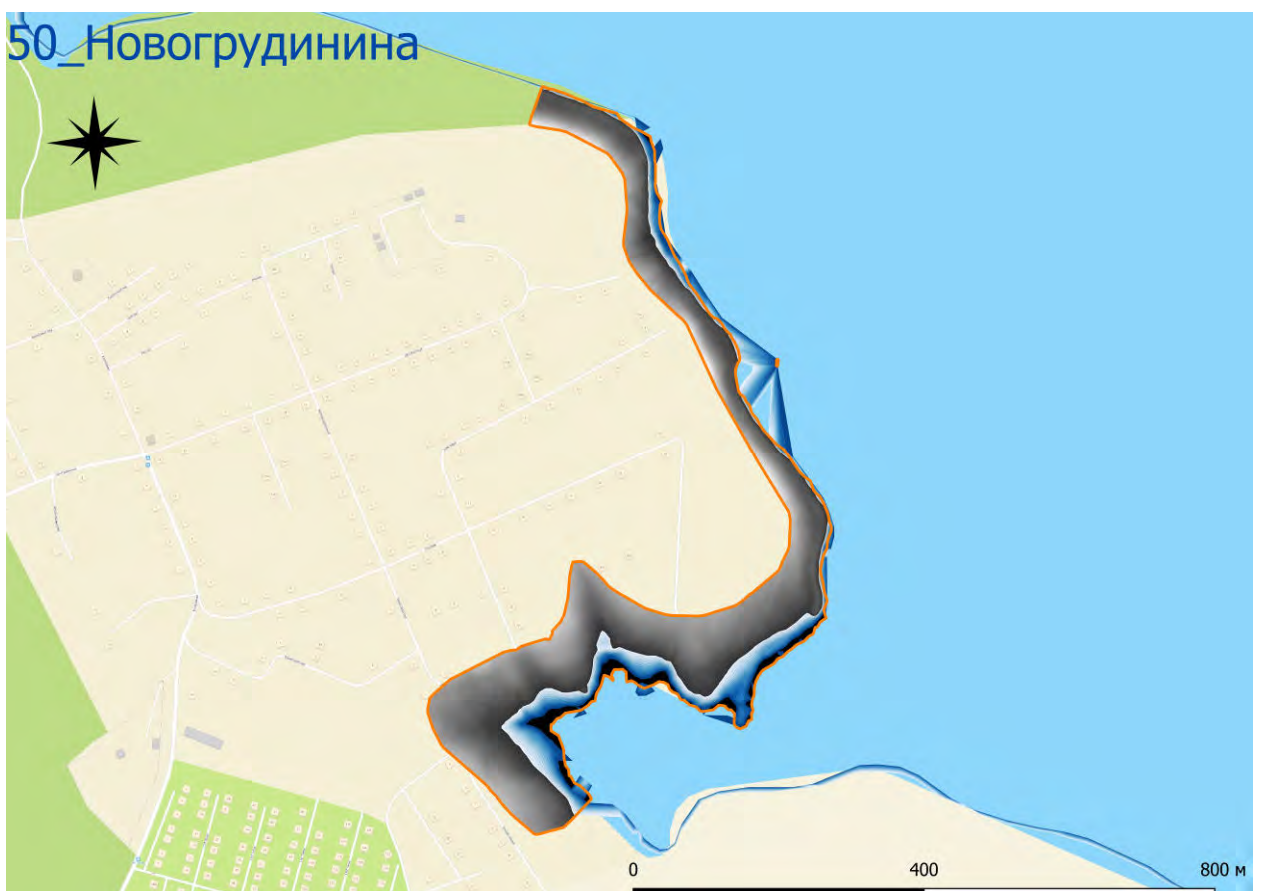




# 49\_Мельничная Падь



# 50\_Новогрудинина





Карты моделирования затоплений участков р. Ангара в нижнем бьефе Иркутской ГЭС при различных расходах через её створ

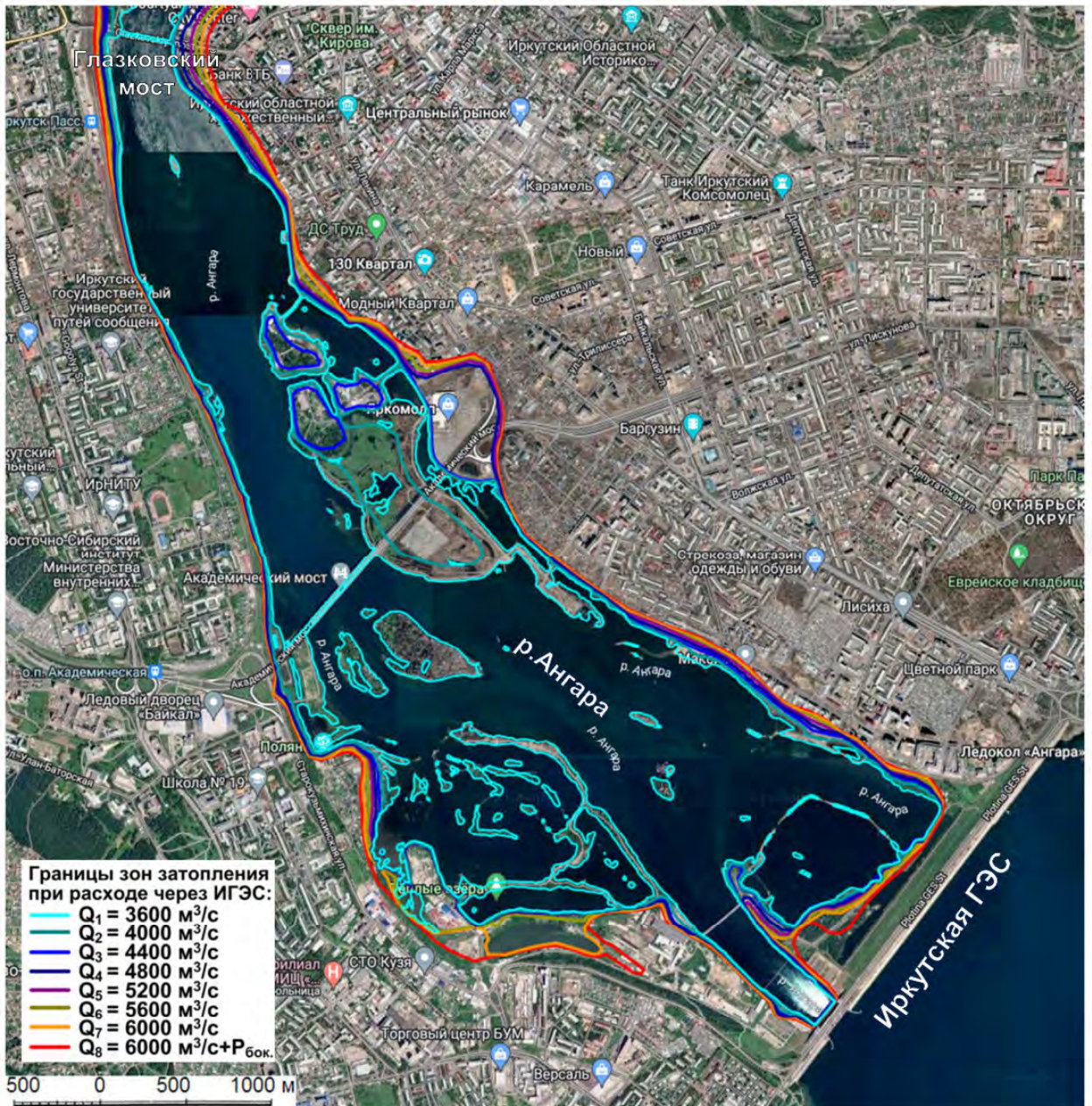


Рисунок 1 – Карта зон затоплений участка N1 (г. Иркутск: от плотины Иркутской ГЭС до Глазковского моста)

где P<sub>бок</sub> – повышенный боковой приток р. Ангара (реки Иркут, Китой)



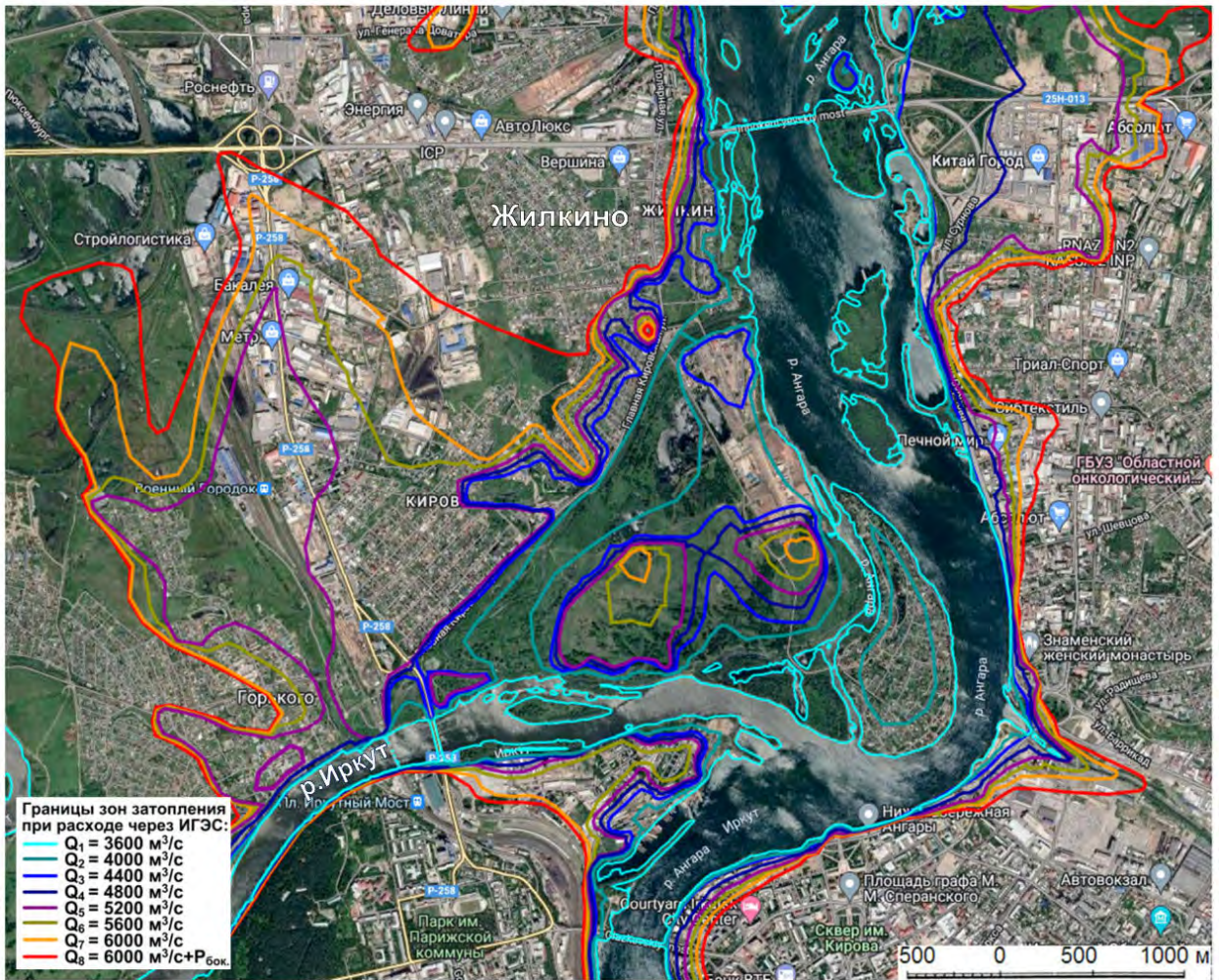


Рисунок 2 – Карта зон затоплений участка N2 (г. Иркутск: от Глазковского моста до пос. Жилкино)



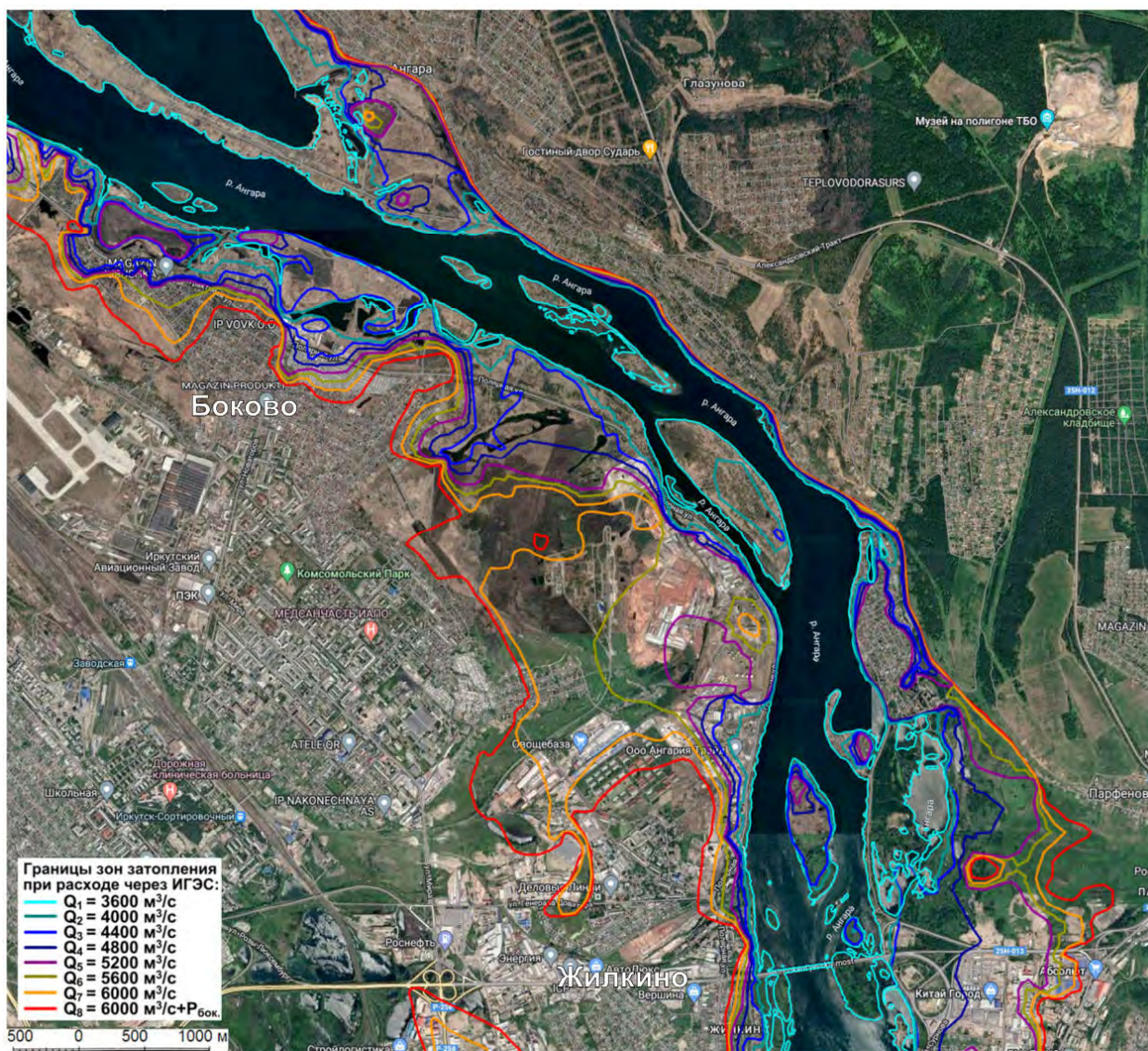


Рисунок 3 – Карта зон затоплений участка N3 (от пос. Жилкино до пос. Боково)



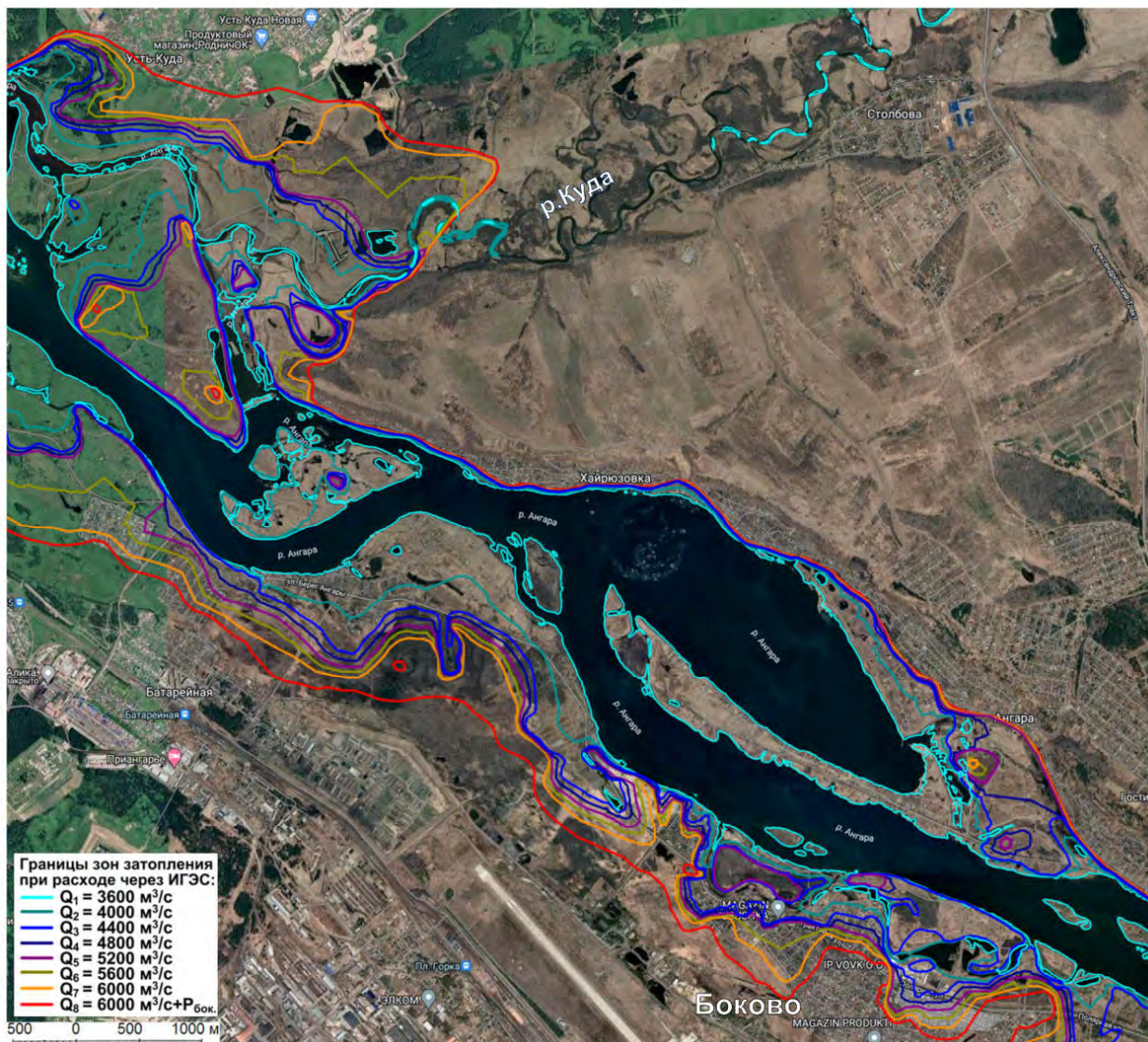


Рисунок 4 – Карта зон затоплений участка N4 (от пос. Боково до устья р. Куда)



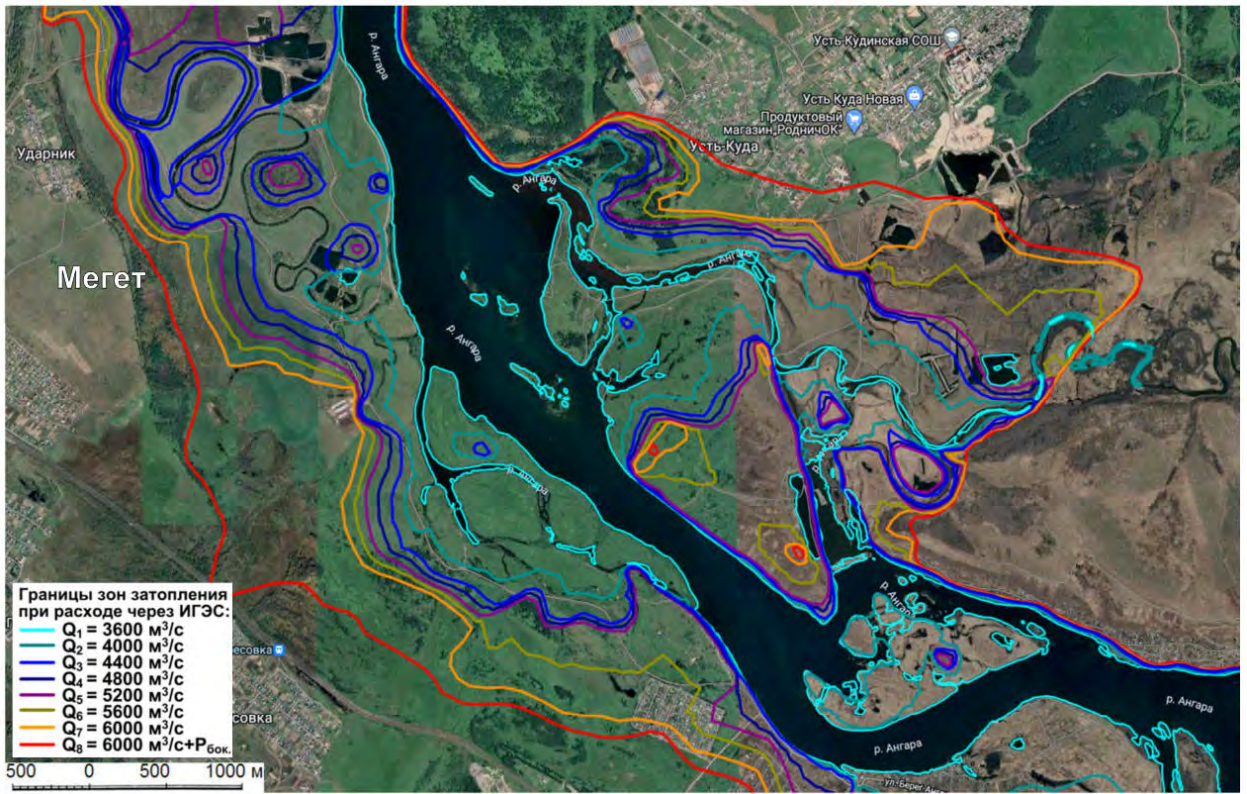


Рисунок 5 – Карта зон затоплений участка N5 (от устья р. Куды до пос. Мегет)

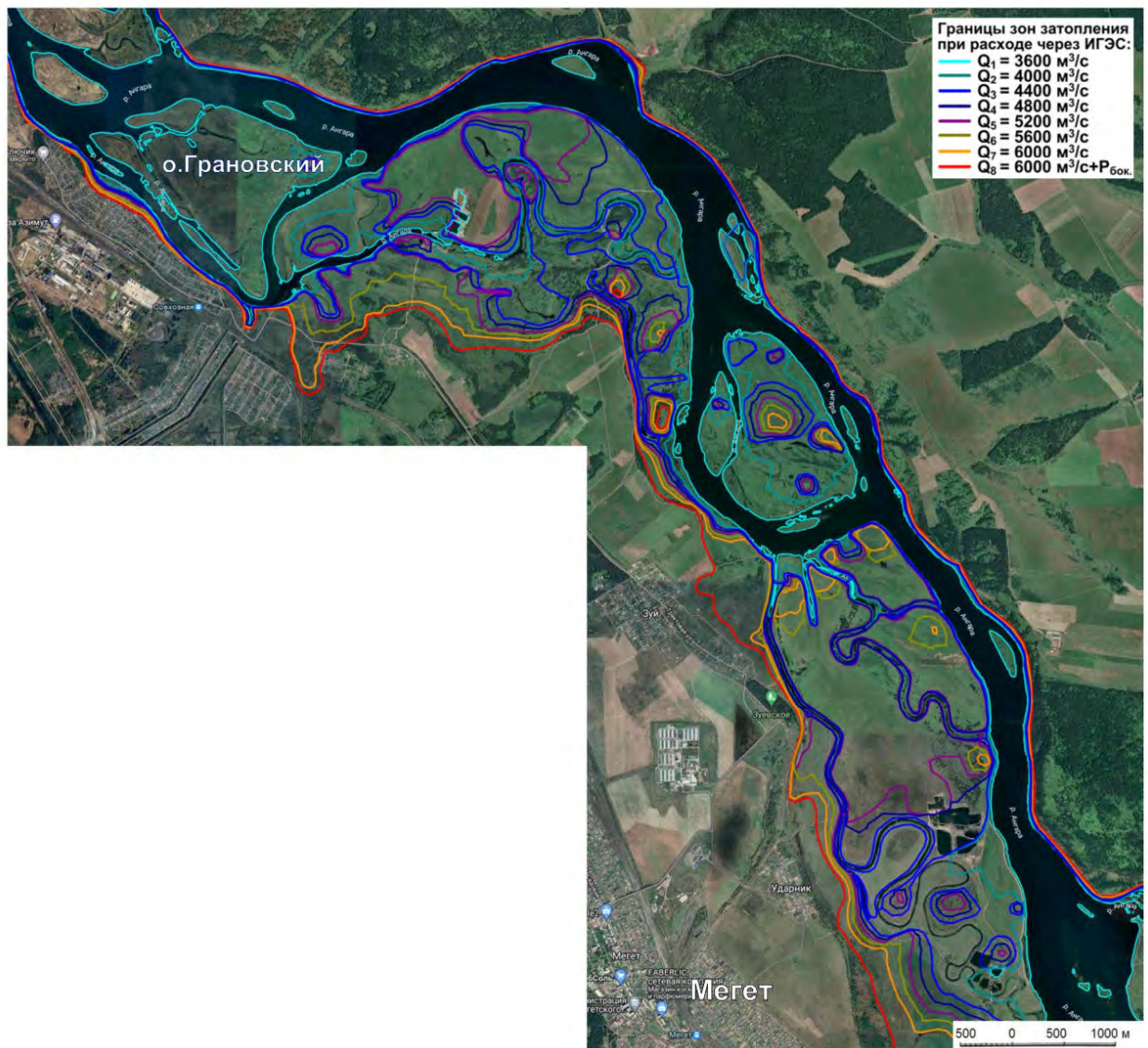


Рисунок 6 – Карта зон затоплений участка №6 (от пос. Меget до о. Грановский)



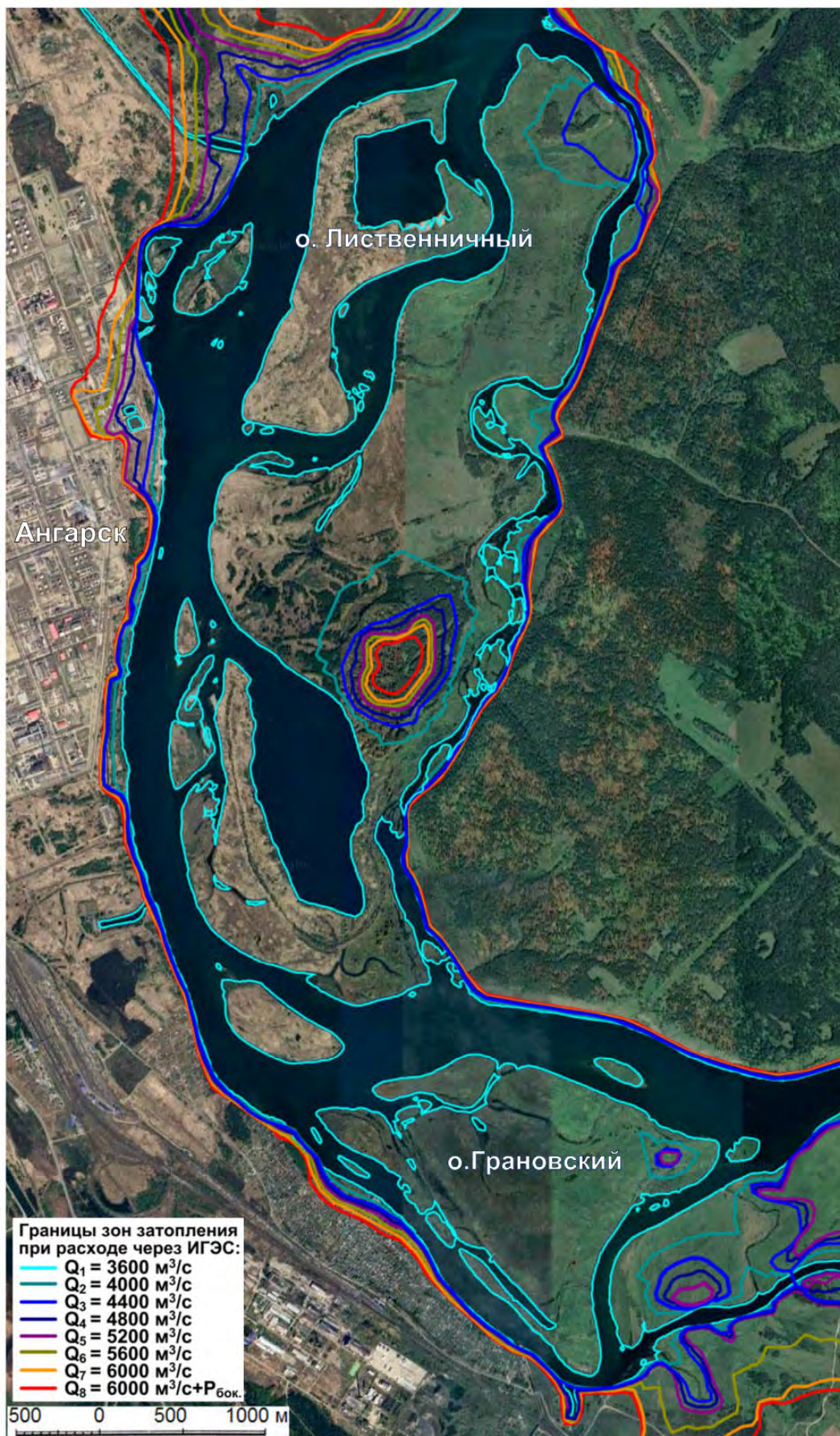


Рисунок 7 – Карта зон затоплений участка N7 от (о. Грановский до г. Ангарск)



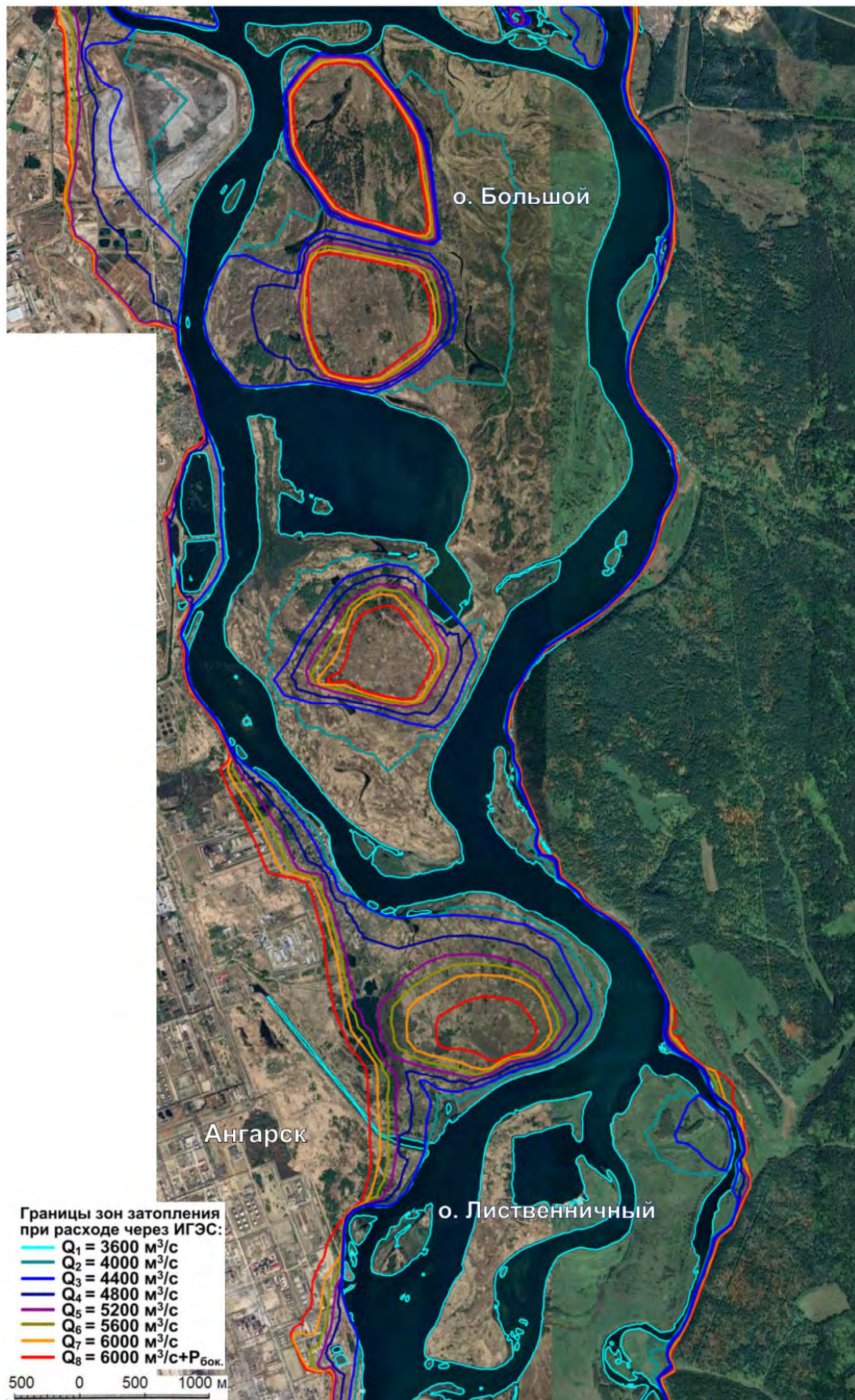


Рисунок 8 – Карта зон затоплений участка N8 (от о. Лиственничный до о. Большой, г. Ангарск)



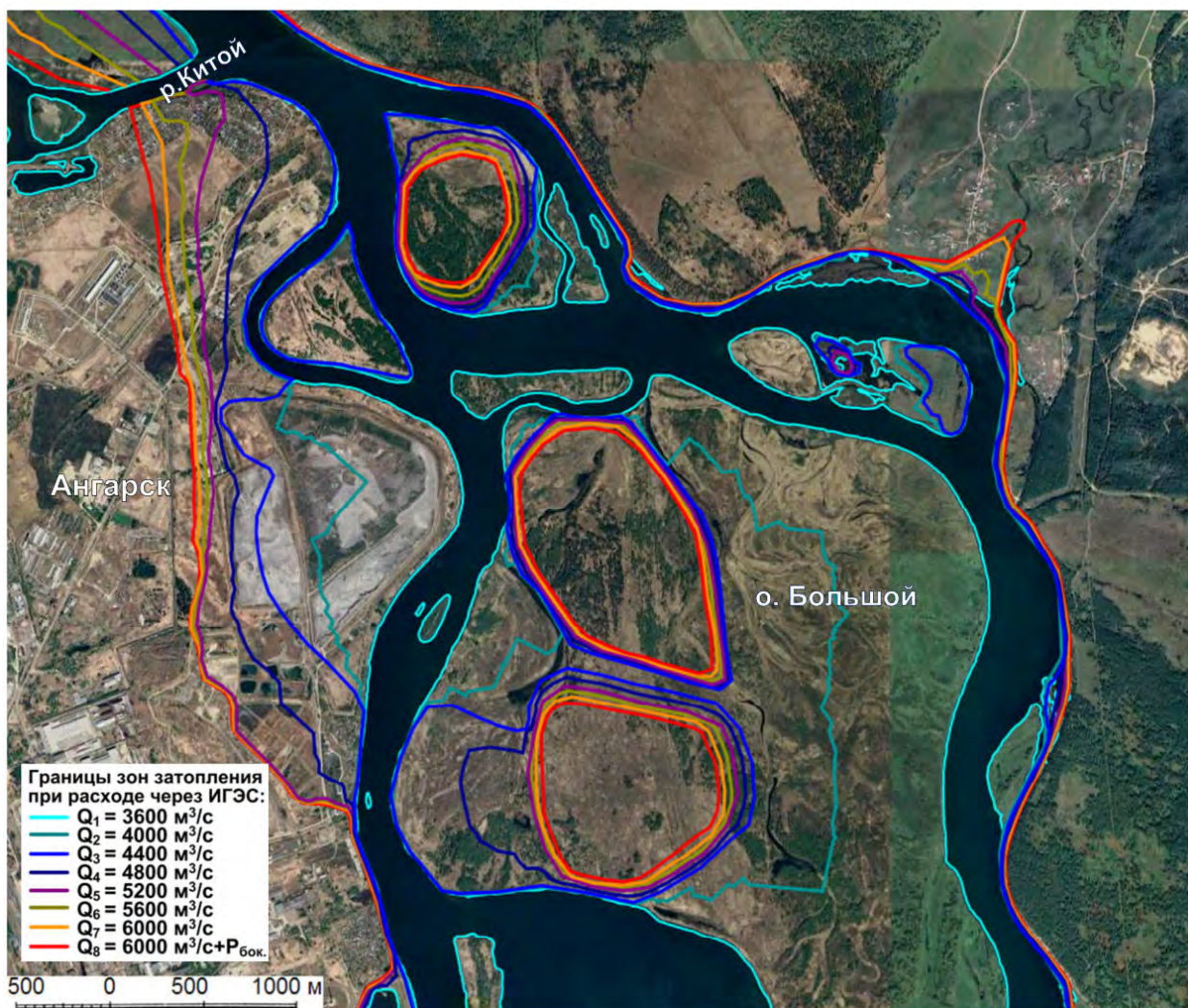


Рисунок 9 – Карта зон затоплений участка N9 (от о. Большой до устья р. Китой, г. Ангарск)



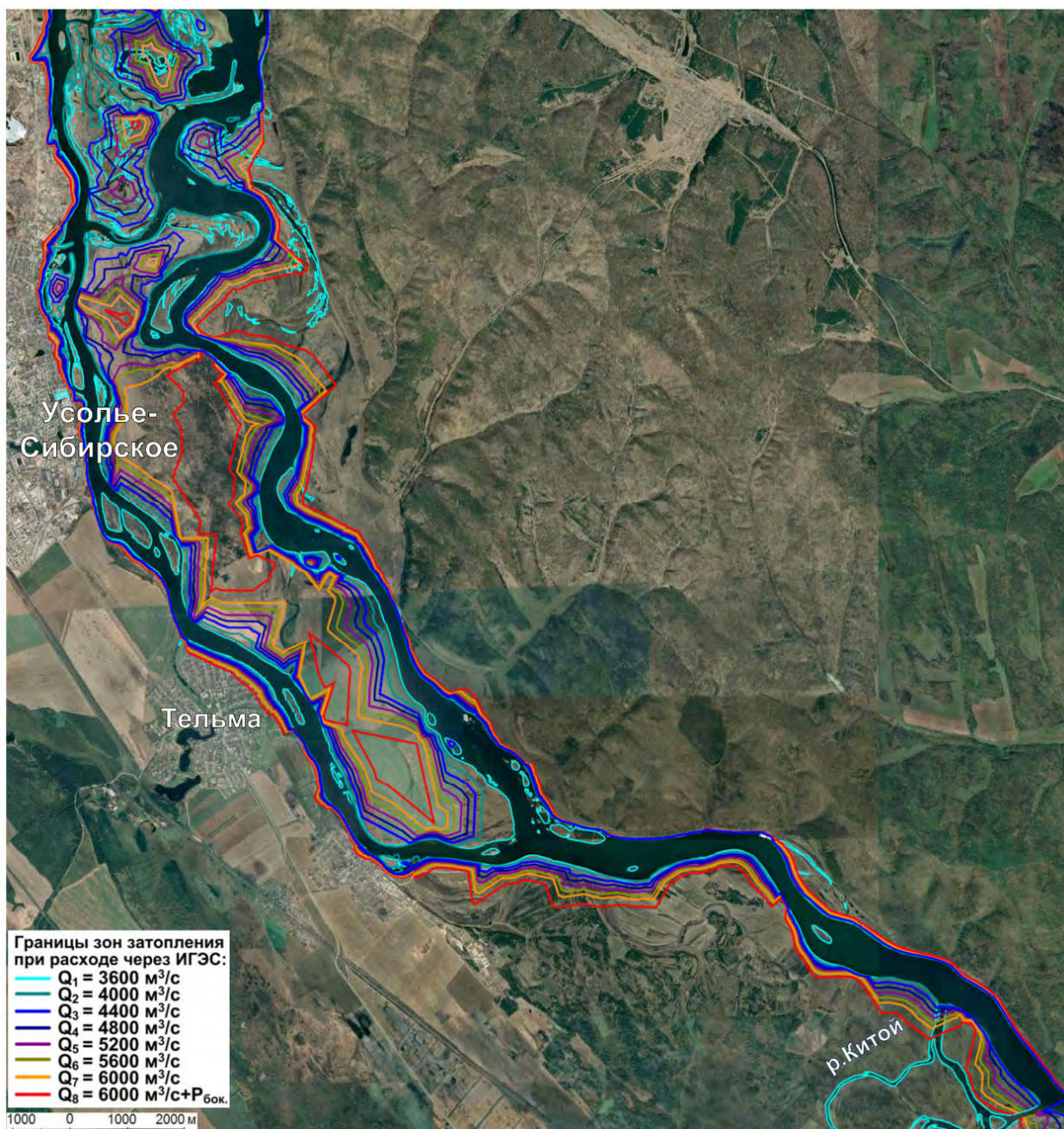


Рисунок 10 – Карта зон затоплений участка N10, часть 1 (от устья р. Китой до г. Усолъе-Сибирское)



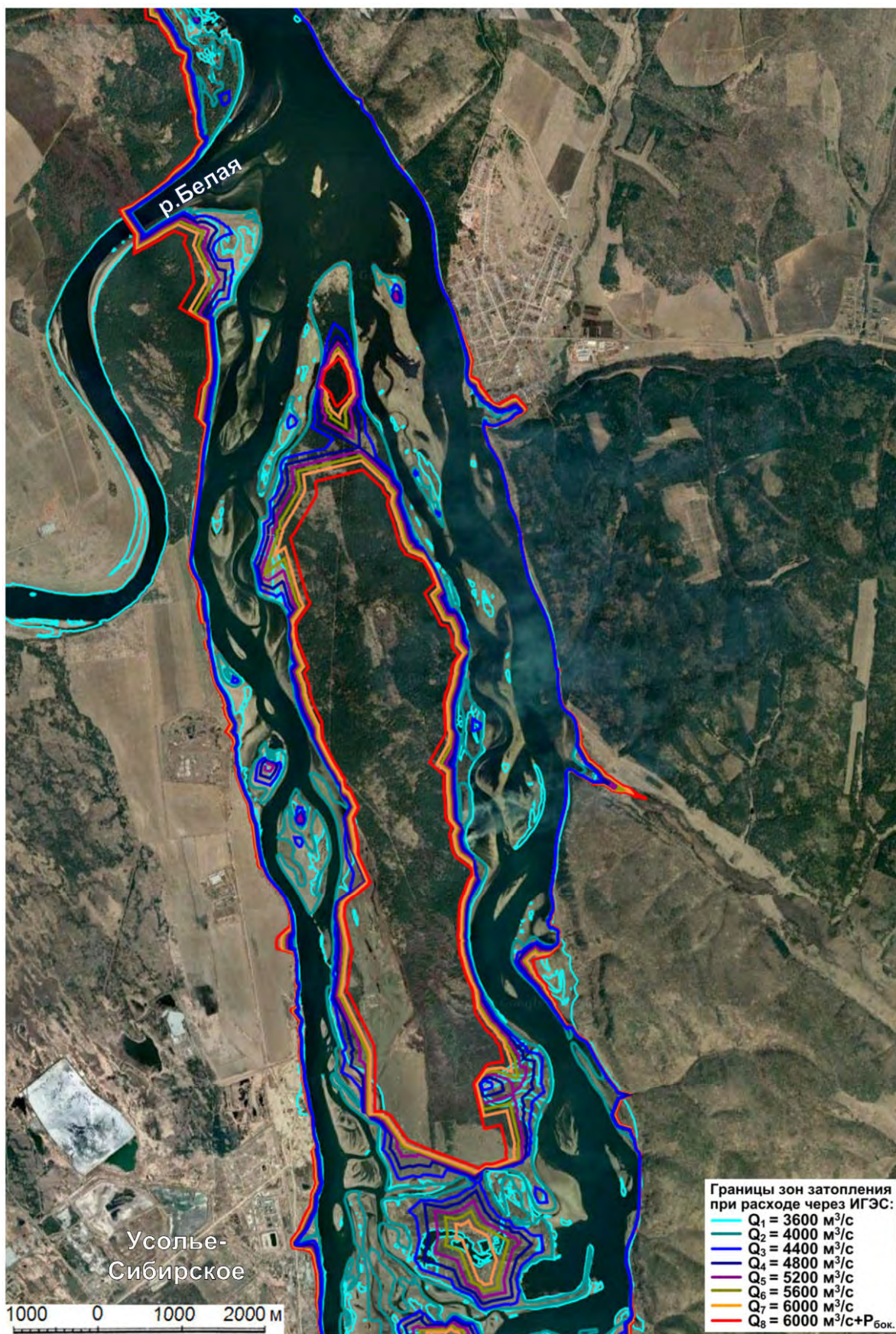


Рисунок 11 – Карта зон затоплений участка N10, часть 2 (от г. Усолье-Сибирское до устья р. Белая)

Координаты изолиний для различных уровней воды озера Байкал в п. Большое Голоустное (система координат МСК-38)

изолиния 457 м (х у)	изолиния 457.3 м (х у)	изолиния 457.5 м (х у)	изолиния 457.85 м (х у)
3411868.43108821 357622.408108313	3411856.14509298 357622.075563377	3411848.083898 357621.857371084	3411842.25822961 357622.163435148
3411866.81316458 357627.096455354	3411854.64690152 357626.416955893	3411848.10737524 357622.107749194	3411843.6111826 357624.395133075
3411874.09545961 357629.450408306	3411855.24359713 357627.855503808	3411848.18875165 357622.176879488	3411843.99692315 357624.807736736
3411872.8852396 357632.203256091	3411856.13317005 357629.239988599	3411850.25755268 357627.164463294	3411844.11047794 357624.96849893
3411873.03310895 357635.906950186	3411856.98564283 357629.90633321	3411852.66604329 357630.912912201	3411845.13130256 357626.25304763
3411874.62309397 357638.840635539	3411858.82642198 357629.995398442	3411853.64623082 357631.96777932	3411846.03786875 357627.701186076
3411879.14243378 357642.372584984	3411863.81136134 357631.606746652	3411853.71379275 357632.121467115	3411846.10349504 357627.774037873
3411879.28831108 357643.945353973	3411863.54620511 357632.209888846	3411853.81136632 357632.237468654	3411847.99143654 357629.466755564
3411876.7732125 357646.944389692	3411863.57860292 357633.021359136	3411855.8144293 357633.343618381	3411849.58010591 357631.17646418
3411877.43488115 357649.232640083	3411866.07010216 357637.618430561	3411856.54521908 357633.765774871	3411849.89752493 357631.898519244
3411878.1201908 357649.85883818	3411873.15188689 357643.152979106	3411857.97743775 357634.81980235	3411851.26401947 357633.569976307
3411880.42075153 357651.377856002	3411873.36152804 357645.41321503	3411859.50957445 357634.86266905	3411851.60703146 357633.96087077
3411883.27751317 357651.692882276	3411873.5068673 357645.801393488	3411860.41063449 357636.521049905	3411852.19268851 357634.638868363
3411883.55541952 357651.713156046	3411874.44504787 357650.087905036	3411861.30588303 357637.915186143	3411854.67417873 357636.863216027
3411885.47289603 357653.201215536	3411875.53853802 357651.495787065	3411861.6962344 357638.364398926	3411854.83929854 357636.958601054
3411890.6087569 357657.360221967	3411875.83234469 357651.777200215	3411861.9669919 357638.674573074	3411854.92262901 357637.019927307
3411891.00332881 357657.557382116	3411879.81111434 357654.737838593	3411862.96906351 357639.551246538	3411857.10453035 357638.582475698
3411891.94663087 357660.379526398	3411880.09689965 357654.972139055	3411866.45579413 357642.264653883	3411857.69798991 357639.371259953
3411891.92306446 357661.531584256	3411880.31723099 357655.20244601	3411868.84785452 357644.022038198	3411860.0128177 357641.515106469
3411892.94504366 357662.913205367	3411880.92636721 357655.810691345	3411869.65780999 357644.16901688	3411860.6537949 357642.211166087
3411894.82210098 357664.445095627	3411883.26358297 357657.259670167	3411871.48910325 357649.014093419	3411861.63564393 357642.962446048
3411896.15974032 357665.555871158	3411885.05715412 357659.42021282	3411872.07996624 357649.715365878	3411862.28623059 357643.590525162
3411899.9100396 357667.35128265	3411887.162297 357661.101950727	3411872.25137907 357649.935783708	3411864.81879166 357645.698686922
3411899.96826822 357667.447091359	3411888.56453906 357662.121856279	3411872.65322261 357650.384775622	3411865.4684462 357646.344197745
3411901.70250893 357671.637598148	3411889.92048805 357663.954973558	3411874.37339478 357652.59951847	3411866.22058473 357646.983766608
3411902.48651635 357672.497057309	3411894.38504684 357667.598556613	3411875.04783179 357653.245506004	3411867.12240535 357647.933789629

<b>изолиния 457 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.3 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.5 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.85 м (х у)</b>
3411905.01384943 357675.1315924	3411895.09167578 357668.185341193	3411876.94926084 357654.660376518	3411869.68343438 357650.833630588
3411905.7743743 357675.910031063	3411897.07283011 357669.133795454	3411878.81300481 357656.188362926	3411870.22494297 357651.476333781
3411906.38491455 357676.264648659	3411898.89768631 357672.136393132	3411880.24989183 357657.690305755	3411871.37875522 357652.703867062
3411908.20196994 357677.14306085	3411898.9440472 357672.248416579	3411881.93813796 357659.376082801	3411872.52413402 357653.951033188
3411913.46952635 357680.691671568	3411901.54141764 357675.095754228	3411882.70348221 357659.981659858	3411872.93394687 357654.354015831
3411913.54457694 357680.746111693	3411903.25764946 357676.884783559	3411882.96491049 357660.261440936	3411873.54075383 357654.957634831
3411913.64671715 357680.826863184	3411903.96435222 357677.582348567	3411884.84275926 357662.01218907	3411873.93533884 357655.327663989
3411913.85128622 357680.953497971	3411906.2738923 357679.44425365	3411887.0890868 357663.806715349	3411876.15328422 357657.365022496
3411918.89981974 357683.081462893	3411907.20191013 357679.892881798	3411887.50333762 357664.108016198	3411876.76328863 357657.896866386
3411921.41921807 357686.857201563	3411909.13053954 357681.192147446	3411887.90391253 357664.649556325	3411877.019936 357658.098090945
3411921.47426515 357686.900067765	3411911.00059573 357682.548647004	3411894.09364776 357669.701077797	3411877.51488416 357658.548489096
3411921.4874591 357686.91119771	3411913.5456512 357684.560754131	3411894.3795603 357669.938499542	3411879.01502297 357659.894219372
3411925.74520744 357689.674384447	3411913.73122992 357684.675633287	3411895.18116471 357670.322258199	3411879.977498 357660.746412226
3411927.09432262 357691.198606518	3411915.70638077 357685.543792824	3411895.95822139 357671.600818446	3411880.06447792 357660.79939642
3411928.94017018 357692.408651458	3411916.74832324 357686.232636363	3411897.50737468 357672.900216907	3411880.22823259 357660.95317016
3411931.54298297 357695.712700595	3411919.72876708 357688.55356452	3411898.27368049 357673.900140313	3411881.87945103 357662.293002536
3411933.09706007 357697.32463286	3411921.4047375 357689.967352864	3411900.30770514 357676.166724551	3411884.02692885 357664.468907065
3411934.1721858 357698.884865635	3411923.79701666 357691.519890409	3411900.91128773 357676.828395073	3411885.43727117 357665.697228469
3411936.22961931 357701.026889582	3411926.70864078 357694.809425592	3411901.29004233 357677.22321534	3411886.2594727 357666.436051672
3411938.25088724 357702.640913017	3411927.34729281 357695.356409569	3411902.15924237 357678.081176508	3411887.00058233 357667.076528227
3411940.33250458 357704.657900212	3411927.71745296 357695.774133793	3411902.57520026 357678.434011097	3411889.29252274 357669.007956955
3411942.43887037 357706.420522605	3411929.24049603 357697.703203514	3411902.70162638 357678.522516875	3411892.52331243 357671.770261557
3411945.21215999 357709.706733907	3411930.89062905 357699.414767678	3411906.44055018 357681.521910879	3411894.70304791 357673.790074804
3411947.80338565 357712.314509654	3411932.11036127 357701.184854822	3411906.6194077 357681.660354328	3411895.02378617 357674.059103577
3411948.96901449 357714.001890941	3411933.6394401 357703.065217925	3411909.41099648 357683.662193152	3411895.20853446 357674.300174614
3411950.18145054 357715.450043681	3411935.63769004 357704.998417205	3411909.50605037 357683.738056387	3411897.13260677 357675.857997861
3411952.38778386 357717.743673074	3411937.23700143 357706.275499818	3411909.74405716 357683.93542078	3411897.74774118 357676.693478144
3411954.88173419 357720.531986256	3411938.35316447 357707.357008198	3411911.78890669 357685.202848303	3411898.32556068 357677.253896072
3411956.51345789 357722.162095509	3411940.09555573 357709.018357947	3411913.49758231 357686.336662979	3411899.16301755 357678.051563335
3411957.32306184 357722.880650839	3411940.88613763 357709.628396367	3411914.43461465 357686.748526999	3411900.11024555 357679.015215278
3411957.4875981 357723.027313195	3411942.93940667 357711.69477958	3411917.06135426 357688.485103331	3411900.57146782 357679.420538083

<b>изолиния 457 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.3 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.5 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.85 м (х у)</b>
3411959.40987138 357724.48171321	3411944.58172817 357714.072228086	3411918.56498333 357689.65600782	3411900.95075359 357679.751951564
3411960.2422864 357725.14719925	3411945.89027932 357715.397691856	3411921.34958414 357692.004996903	3411902.63640819 357680.932009727
3411965.09003188 357729.914968675	3411946.39262678 357715.907662665	3411922.49809067 357692.750352864	3411904.03559728 357682.0544502
3411965.68659328 357730.545786668	3411946.55779495 357716.059535504	3411923.89592893 357694.329622007	3411906.55593655 357684.00530172
3411966.63834554 357731.812712387	3411948.56498418 357717.915935006	3411925.68418969 357695.861207179	3411907.63417557 357684.778503266
3411969.13484296 357734.731046864	3411949.14982408 357718.652362856	3411926.72065844 357697.030857947	3411908.79168366 357685.702319317
3411969.60312749 357735.621555398	3411950.77003068 357720.061384916	3411928.9544329 357699.860132328	3411909.32527021 357686.144789838
3411971.70723099 357737.719757204	3411953.01965857 357722.447170652	3411929.66099007 357700.579595033	3411910.86813182 357687.180518506
3411973.81441891 357739.971870366	3411953.36197217 357722.737804598	3411930.11037358 357701.068245836	3411912.68385803 357688.407005151
3411974.55001377 357740.562317752	3411953.4424834 357722.823276915	3411932.56330525 357704.198256896	3411914.11657195 357689.44597385
3411975.08510229 357741.11658961	3411953.53540055 357722.912268807	3411932.86670695 357704.511475968	3411916.79062362 357691.336844955
3411976.24546126 357742.189489037	3411954.80341388 357724.112963635	3411933.24223062 357704.918767105	3411918.262829 357692.670295033
3411977.9895187 357743.652873305	3411956.53230446 357725.654041317	3411935.82325172 357707.288530353	3411920.29112931 357694.356698176
3411980.55515645 357745.652323727	3411956.67160488 357725.759436599	3411936.91779049 357708.358706082	3411920.79866542 357694.822356576
3411980.76044407 357745.791967553	3411959.57295531 357728.078962538	3411938.07282001 357709.350777132	3411921.95252411 357696.040801195
3411981.12472311 357746.136660026	3411960.67378003 357729.161626325	3411939.31883837 357710.472072802	3411922.77413986 357696.744487451
3411984.58955723 357748.749130654	3411963.36320313 357732.005485283	3411940.15574782 357711.408513439	3411924.10658219 357698.248143207
3411986.67843289 357751.110241558	3411963.54368141 357732.245729076	3411940.5080229 357711.739034068	3411925.02597388 357699.124469253
3411987.43880434 357751.809450427	3411965.77508439 357734.755253518	3411941.11043991 357712.326339195	3411925.36909401 357699.436002042
3411991.29480506 357755.213957077	3411966.45537377 357735.510248649	3411943.63407717 357714.88259366	3411928.00124844 357702.151855233
3411992.11136301 357756.231496247	3411967.18346366 357736.265539218	3411945.48797851 357716.764628782	3411928.07772767 357702.224213526
3411993.08525814 357756.981939402	3411969.81460724 357739.131852472	3411946.09752768 357717.325111875	3411929.84660381 357704.12472322
3411993.62828169 357757.453629588	3411970.04754444 357739.345124812	3411947.08958316 357718.242639371	3411930.10066199 357704.370624081
3411994.90479764 357758.322911022	3411970.17861281 357739.479820863	3411948.03167379 357719.428915782	3411931.90484518 357706.248462409
3411999.99965399 357761.781853556	3411972.76349587 357741.736344109	3411948.41500786 357719.738944438	3411933.04776076 357707.213405376
3412001.93975301 357763.192689899	3411974.00636051 357742.984096592	3411948.61265918 357719.932602237	3411933.9227181 357708.101449486
3412005.1228001 357766.20297058	3411974.28971772 357743.208747317	3411951.38509235 357722.286476538	3411935.2766142 357709.27509144
3412005.31876406 357766.361379935	3411977.64700341 357745.878943663	3411952.36453128 357723.32626837	3411936.37901894 357710.278544036
3412005.45620039 357766.466961252	3411978.2528918 357746.351124043	3411953.49489137 357724.408876727	3411937.47904014 357711.336062216
3412006.64397771 357767.524282957	3411979.6797153 357747.321699372	3411954.98448434 357725.819387613	3411938.40294777 357712.186266192
3412008.4808942 357769.060983032	3411982.21158696 357749.71743727	3411955.50370958 357726.304397117	3411939.00516342 357712.775603433

<b>изолиния 457 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.3 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.5 м (х у)</b>	<b>изолиния 457.85 м (х у)</b>
3412009.07152284 357769.616803278	3411983.4007934 357750.614094034	3411956.42616099 357727.023326502	3411940.26348652 357714.037468288
3412012.36349993 357772.279412773	3411984.29941751 357751.629832418	3411958.75153444 357729.129934848	3411941.72832178 357715.483965929
3412013.86140181 357773.444254065	3411985.8949595 357752.948778441	3411959.35495427 357729.729265146	3411943.19956826 357716.998373371
3412014.80948163 357774.046812586	3411986.71677646 357754.008683871	3411961.77967961 357732.007387222	3411944.21434844 357717.971128409
3412015.37639024 357774.451598884	3411989.13904688 357756.421246415	3411963.24793723 357733.783282951	3411944.79855842 357718.538931729
3412016.65109286 357775.515452074	3411989.52576795 357756.774689865	3411963.5636698 357734.138368338	3411945.40256848 357719.020753177
3412019.10384882 357777.257324696	3411989.60640359 357756.847985291	3411965.28984625 357736.05410427	3411946.27632197 357719.909053062
3412020.28386606 357778.222644045	3411989.80900274 357757.040746742	3411967.13731241 357737.970589874	3411946.92541143 357720.434016405
3412021.3625307 357779.084489905	3411992.10751927 357758.811888181	3411967.39579294 357738.252173207	3411947.67104398 357721.164583556
3412022.486523 357779.820961243	3411993.55742718 357760.071331437	3411969.56859085 357740.241540701	3411948.41404196 357721.787245883
3412023.0335749 357780.177221537	3411993.86038802 357760.277641618	3411970.79117398 357741.497962204	3411949.04847942 357722.410329977
3412025.19192585 357781.297928747	3411995.06957147 357761.098566838	3411971.50263852 357742.119048832	3411951.00023438 357724.20890002
3412025.99299181 357781.75178812	3412000.82314237 357765.28255277	3411972.00163389 357742.620006616	3411952.0790373 357725.276622735