

## 2.6. Научные исследования <sup>1)</sup>

В 2012 году Байкальским институтом природопользования СО РАН проведены работы в рамках Программы Президиума РАН «Глубоководные исследования озера Байкал», впервые определен липидный состав водных микроорганизмов, который включает свыше 100 соединений. Среди них определены специфические липидные маркеры, позволяющие идентифицировать различные группы микроорганизмов. Анализ липидных компонентов образцов показал, что некоторые из них могут быть отнесены к вполне определенным родам или даже видам микроорганизмов. Ведущую роль в формировании качественного состава сообщества играют представители филумов *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Firmicutes* и *Cyanobacteria*. Впервые подтверждено присутствие ряда микроорганизмов, ассоциированных с глубоководными губками.

Выполнена оценка трансформации ландшафтов в течение XX в. на ключевом участке (Селенгинское среднегорье). На основании одновременного картографирования сведения леса, распашки территории, развития поселений и дорожной сети установлено значение и территориальные параметры каждого фактора антропогенного воздействия на природные геосистемы. Выявлены проблемные ареалы природопользования и составлена интегральная карта антропогенного преобразования природных ландшафтов в течение XX века. Разработана серия инвентаризационных карт проявлений опасных природных процессов и явлений на примере наводнений для территории бассейна р. Селенги. Предложены общие принципы и рекомендации по совместному использованию и охране водных ресурсов трансграничной реки Селенга.

Определена степень трансформации природных и природно-антропогенных систем России, Монголии и Китая, оценены организационные структуры управления, нормативно-правовое и экономическое регулирование природной среды. Выделены основные проблемы создания трансграничных Тункинско-Хубсугульской и Селенгинской туристско-рекреационных систем (барьерная функция госграницы, высокая стоимость визовой поддержки и слабое развитие инфраструктурных туристических объектов).

Разработаны концептуальные положения стратегии рационализации природопользования на трансграничных территориях с учетом особенностей природоохранной финансовой политики Монголии, эколого-экономических инструментов и механизмов, оценки экологических рисков.

Разработаны теоретические основы региональной системы природопользования (РСПП). Показано, что теоретические модели анализа РСПП на примере его подсистем создают методологические основы для построения прогноза влияния антропогенной деятельности на состояние природной составляющей. Разработана методика геоинформационного картографирования трансформации природных ландшафтов, представляющая собой последовательную совокупность операций преобразования исходных данных в информационные модели различного назначения. Сформирована база данных ГИС на базе пакета ARC GIS для территории бассейна реки Селенги.

**Институтом географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в 2012 году для научного информационного обеспечения охраны экосистемы озера Байкал и устойчивого социально-экономического развития трансграничного Байкальского макрорегиона создан проект атласа «Байкальский регион: природа и общество».**

---

<sup>1)</sup> Включены материалы, представленные в ответ на запрос Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, направленный руководителям Иркутского и Бурятского научных центров СО РАН и Читинского института природных ресурсов СО РАН.

Сведения о научных исследованиях, выполненных по госконтрактам с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации в целях реализации его полномочий по охране озера Байкал, приведены в подразделе 2.2. «Программы, проекты и мероприятия по охране озера Байкал»

Разработанный Атлас – интегрирует современную информацию и знания о природе, ресурсах, экономике, экологии, истории, культуре и представляет ее в формах, пригодных для решения проблем ресурсно-хозяйственного, экономически и экологически сбалансированного развития трансграничного Байкальского макрорегиона. Данная разработка – система научно-технических методов и средств автоматизированного сбора, хранения, оперативного преобразования и представления разнородной территориальной информации в картографической и другой, удобной для конечного пользователя форме. Основные ее особенности – системность, целенаправленность, высокая оперативность и многовариантность при создании новых цифровых карт. Такое сочетание свойств достигается высокой наукоемкостью системы, включением в ее состав географических, картографических и других баз знаний, оригинальных моделей и методов прикладной математики и искусственного интеллекта, в частности средств логического вывода и многокритериального принятия решений.

Цифровое атласное картографирование трансграничного Байкальского макрорегиона выполнено на разных масштабных уровнях, соответствующих территориальному охвату (рис. 2.6.1):

- общероссийском (картографическое отображение позиционирования субъектов Российской Федерации, расположенных в бассейне озера Байкал в сравнении с другими регионами и субъектами страны и Российской Федерацией в целом);
- общемонгольском (картографическое отображение позиционирования аймаков Монголии, расположенных в бассейне озера Байкал в сравнении с другими аймаками страны и в Монгольском государстве в целом);
- макрорегиональном (трансграничном) в составе субъектов Российской Федерации, расположенных в бассейне озера и аймаков Монголии, расположенных в бассейне озера Байкал;
- муниципальном – модельные муниципальные районы, аймаки, города и городские округа.

*Завершены исследования по двум блокам атласной информационной системы Сибири, представляющей собой современную инфраструктуру пространственных данных для комплексных исследований природных, экономических, социально-демографических и экологических факторов территориального развития:*

- создан атлас ООПТ, отражающий ландшафтную репрезентативность территорий на федеральном уровне;
- на муниципальном уровне в 45 картах дана комплексная характеристика Слюдянского района Иркутской области (рис. 2.6.2).

Карты созданы на основе новых теоретических и методических разработок, с привлечением новейших данных полевых стационарных и маршрутных наблюдений и съемок, лабораторных опытов и экспериментов, обширного статистического и цифрового картографического материала. В структуре атласа имеется вводный раздел, отражающий географическое положение Слюдянского района и его муниципальные образования первого уровня.

Первая часть атласа «Природные условия и факторы развития» состоит из разделов: «Компонентная и интегральная характеристика природной среды» и «Природная устойчивость компонентов среды и риск неблагоприятных природных ситуаций». Вторая часть атласа «Экономические факторы развития» состоит из разделов: «Природно-ресурсный потенциал и его использование» и «Экономика и экономический потенциал». Третья часть атласа «Социально-демографические факторы развития» состоит из разделов: «Современный демографический потенциал и его динамика» и «Социальное благополучие населения и его динамика». Четвертая часть атласа «Экологические условия и факторы развития» включает разделы: «Современное состояние окружающей среды» и «Охрана окружающей среды».



**Макрорегиональный уровень**

Байкальский регион (российская и монгольская части)

Байкальский регион (российская часть)

**Муниципальный уровень**

Муниципальные районы Российской Федерации и аймаки Монголии

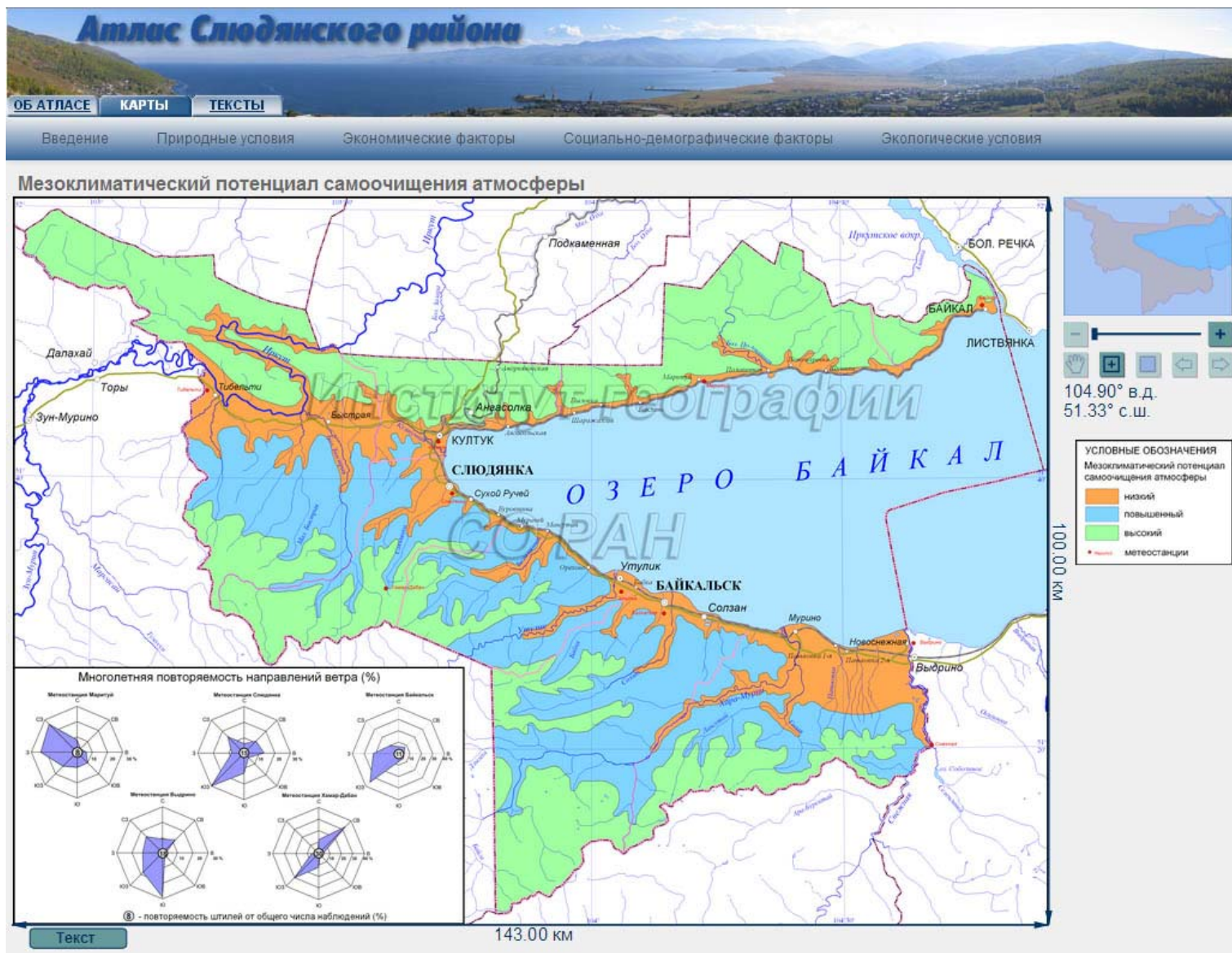
- 1 Слюдянский район Иркутской области
- 2 Кабанский район Республики Бурятия
- 3 Петровск-Забайкальский район Забайкальского края
- 4 Селенгинский и Дарханский аймаки Монголии

Города (городские округа)

**Границы**

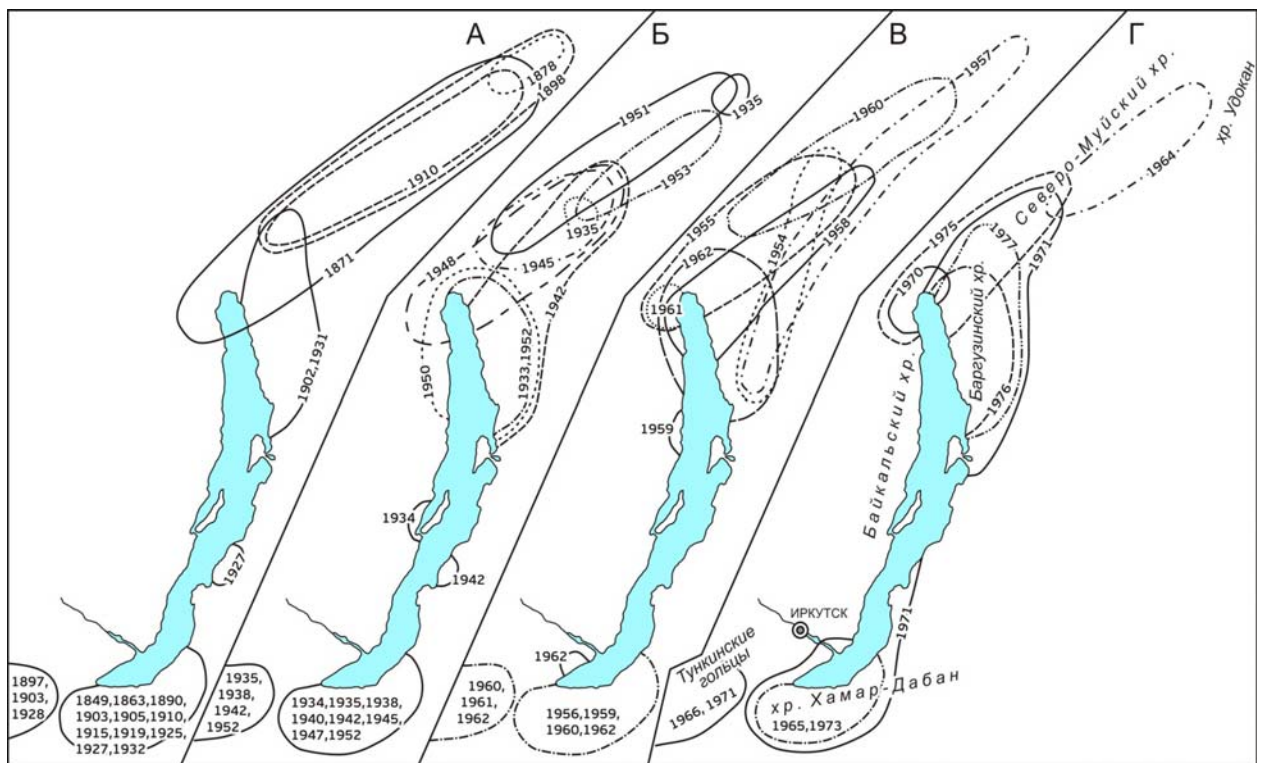
- Государственные границы
- Границы субъектов РФ и аймаков Монголии

**Рис. 2.6.1. Основные территориальные уровни картографирования**



**Рис. 2.6.2. Карта из атласа «Слюдянский район Иркутской области: природа, хозяйство и население»**

Рассмотрена история развития речных долин на юге Восточной Сибири в голоцене под воздействием природных и техногенных факторов на основе радиоуглеродных датировок отложений рек и годах прохождения селей, полученных по дендрохронологическим данным, из исторических описаний стихийных событий приведенных в летописях, а также научной информации, публиковавшейся с начала XX века. Для Забайкалья приведены многочисленные случаи проявления экстремальных флювиальных событий при выпадении ливневых осадков в долинах рек, произошедших в конце XX века, что характеризует его как динамичный регион. Для рек Лено-Катангского плато в зависимости от геологического залегания коренных пород, коры выветривания и рыхлых отложений выделены три типа строения днищ долин рек. Общие тенденции этапов формирования рыхлых отложений в долинах рек в голоцене установлены как для платформенных, так и горных районов Предбайкалья и Прибайкалья. Для Северного и Южного Прибайкалья определены условия и цикличность формирования и развития селей (рис. 2.6.3). Дана характеристика склоновых сплывов и оценена роль снежных лавин, активно участвующих в формировании твердой фазы селей. Разработан предварительный прогноз селевой деятельности после длительного селевого затишья и намечены пути исследований на новом этапе научных работ. С 1971 года катастрофических и средних селей не отмечено, поэтому вероятность их формирования в Южном Прибайкалье ежегодно повышается и сейчас составляет примерно 90%.



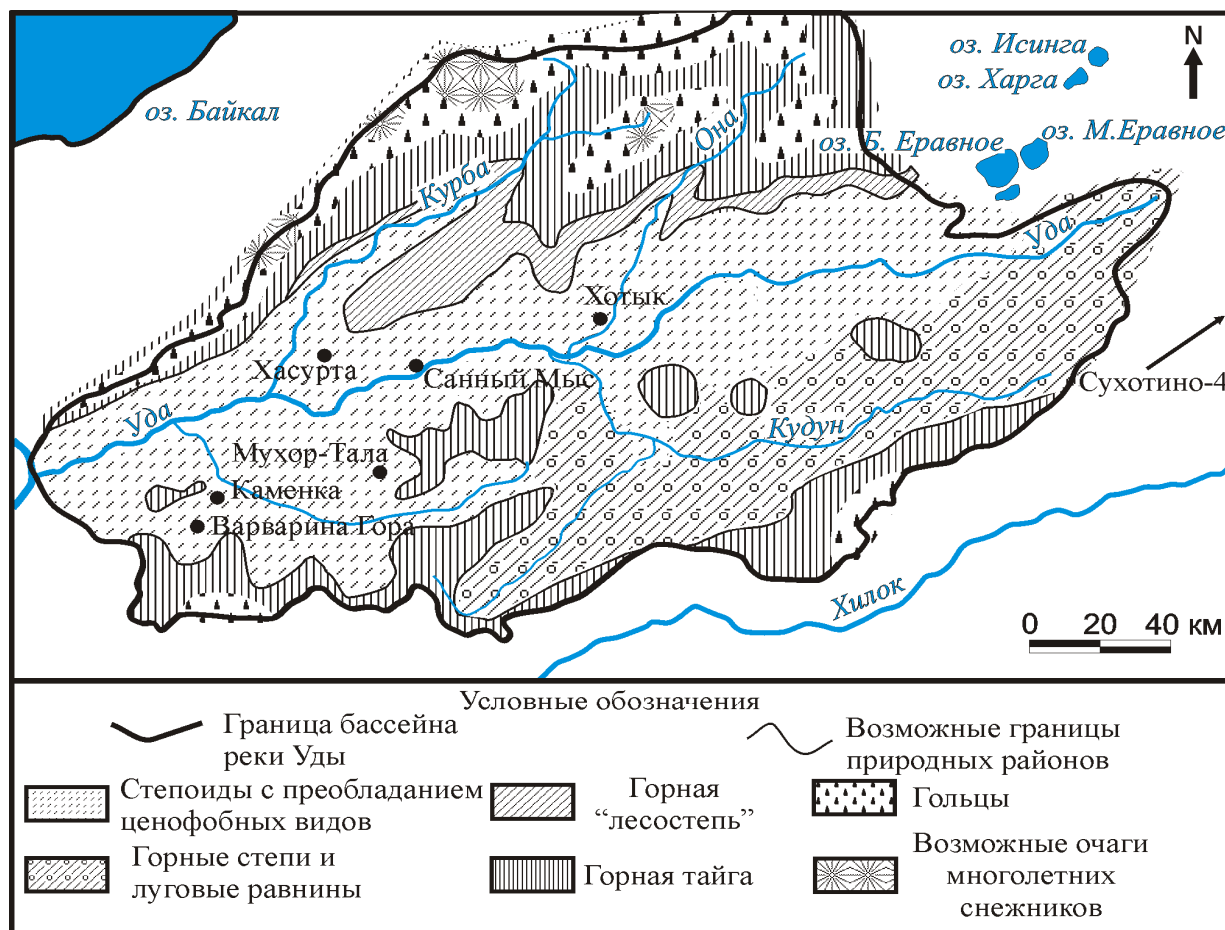
**Рис. 2.6.3. Селевые ареалы в Прибайкалье. А - с 1849 по 1932 гг.; Б - с 1933 по 1953 гг.; В - с 1954 по 1963 гг.; Г - с 1964 по 1977 гг.**

Предложены определения основных понятий в сфере оценки состояния экосистем. Разработана единая шкала оценки, охватывающая весь спектр состояний экосистем. В основу критериальной базы оценки состояния экосистем и их компонентов впервые положен динамический контекст и эффект отступления природных систем под антропогенным воздействием по классификационной иерархии – от низших до высших таксонов. Разработаны методы картографического отображения оценки состояния экосистем. Разработана схема долговременных сукцессий таежных растительных сообществ в зонах распростра-

нения многолетней мерзлоты и возможность использования сукцессионно-системных построений в целях оценки состояния и устойчивости экосистем и прогноза трансформации растительного покрова в условиях глобальных изменений климата. Выполнены две палеорекострукции ландшафтных обстановок позднего плейстоцена для района Забайкалья (рис. 2.6.4, 2.6.5). В развитие методов исторических реконструкций разработана методическая схема комплексной индикации, направленной на вскрытие фауногенетической и палеогеографической информации при сравнительном анализе рецентных видов животных с использованием семиотического подхода.



Рис. 2.6.4. Схема природного районирования бассейна реки Уды в каргинский термохрон (30-35 тыс. лет назад)



**Рис. 2.6.5. Схема природного районирования бассейна реки Уды в период максимума сартанского криохрона (18-20 тыс. лет назад)**

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН в 2012 году *провел обобщение результатов исследований содержания полихлорированных бифенилов (ПХБ) в почвах прибрежной зоны озера Байкал за период с 1997 по 2012 годы* (рис. 2.6.6). Распределение концентраций ПХБ в почвах побережья озера Байкал неоднородно. Повышенные уровни ПХБ обнаружены в почвах в районе г. Байкальска и 150 километровой зоне его максимального воздушного влияния вдоль южного и юго-восточного побережья Байкала (до  $90 \text{ нг/см}^2$ ), в порту Байкал, пос. Листвянка (ок.  $14 \text{ нг/см}^2$ ) и в районе соответствующем разрезу м. Кабаний - м. Елохин (до  $49 \text{ нг/см}^2$ ). Уровни ПХБ в почвах остальных прибрежных районов Байкала изменяются в диапазоне от 4 до  $20 \text{ нг/см}^2$ .

Полученная картина распределения ПХБ в прибрежных почвах озера Байкал позволяет сделать выводы о значимом влиянии регионального и локального воздушного переноса на загрязнение озера Байкал этими токсикантами. Найдены закономерности высотного распределения индивидуальных изомеров ПХБ. Западное побережье Байкала более соответствует классической теории распределения ПХБ по высоте, в то время как восточное (особенно Хамар-Дабан) испытывает сильное «вымывающее» влияние большого количества осадков.

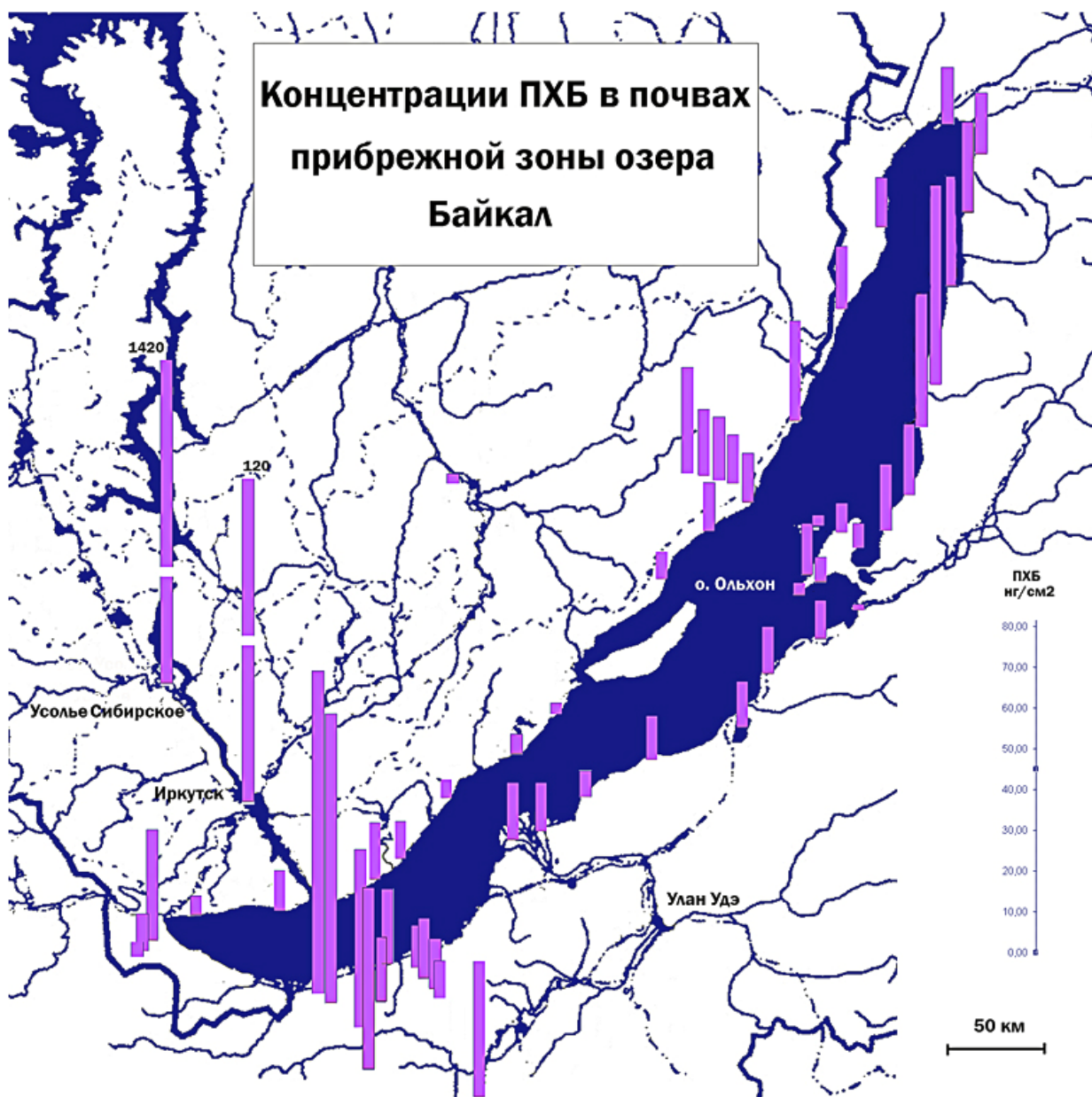


Рис. 2.6.6. Распределение ПХБ в почвах побережья оз. Байкал (нг/см<sup>2</sup>)

В Институте земной коры СО РАН в 2012 году продолжались работы по исследованию геоэкологического состояния природно-рекреационных территорий - о. Ольхон. Выполнены комплексные работы по типизации о. Ольхон.

За основу типологического зонирования **острова Ольхон** приняты ранее разработанные классификации берегов озера Байкал и классификации берегов других крупных Сибирских водоемов. При делении берегов учитывалась совокупность признаков: история тектонического развития; литологические особенности горных пород, слагающих берег; характер и интенсивность современных экзогенных процессов. Изучение и сравнительный анализ локальных участков береговой зоны острова Ольхон позволил выделить более или менее однородные территориальные единицы по всему периметру береговой линии. Исходя из закономерностей изменения характера береговых процессов, морфодинамических характеристик выделены группы абразионных и аккумулятивных берегов, а также специфическая группа структурно-абразионных берегов, отражающих особенности формирования котловин озера Байкал в результате сейсмо-тектонических движений блоков рифтовой системы.



Необходимость деления основных генетических типов берега на подтипы в зависимости от геологических процессов, развивающихся в береговой зоне, вызвана характером и динамикой экзогенных процессов, величиной трансформации береговой линии. Методика выделения генетических групп, типов и подтипов берегов применяется при классификации берегов морей, озер и водохранилищ (Финаров Д.П., Овчинников Г.И., Жиндарев Л.А., Хабидов А.Ш.). В зависимости от преобладающего экзогенного геологического процесса в пределах существующих генетических типов берега выделялись генетические подтипы: абразионно-обвальные, абразионно-осыпные и др. По результатам картографической оценки определена современная протяженность береговой линии острова Ольхон, которая с учетом береговых озер, составила 225 км (рис. 2.6.7).

Проведенные работы установили, протяженность берегов острова Ольхон с учетом прибрежных озер составляет 225 км. В пределах береговой зоны развиты три основных генетических типа берега: структурно-абразионный, абразионный и аккумулятивный. Протяженность структурно-абразионного берега 57 км, что составляет 25,3% от общей протяженности берегов. На берегах острова преобладают процессы абразии – это 153 км, которые достигают 68% от общей длины берега. Аккумулятивные берега формируются на ограниченных по протяженности участках, общая их длина составляет 15 км (6,7%).

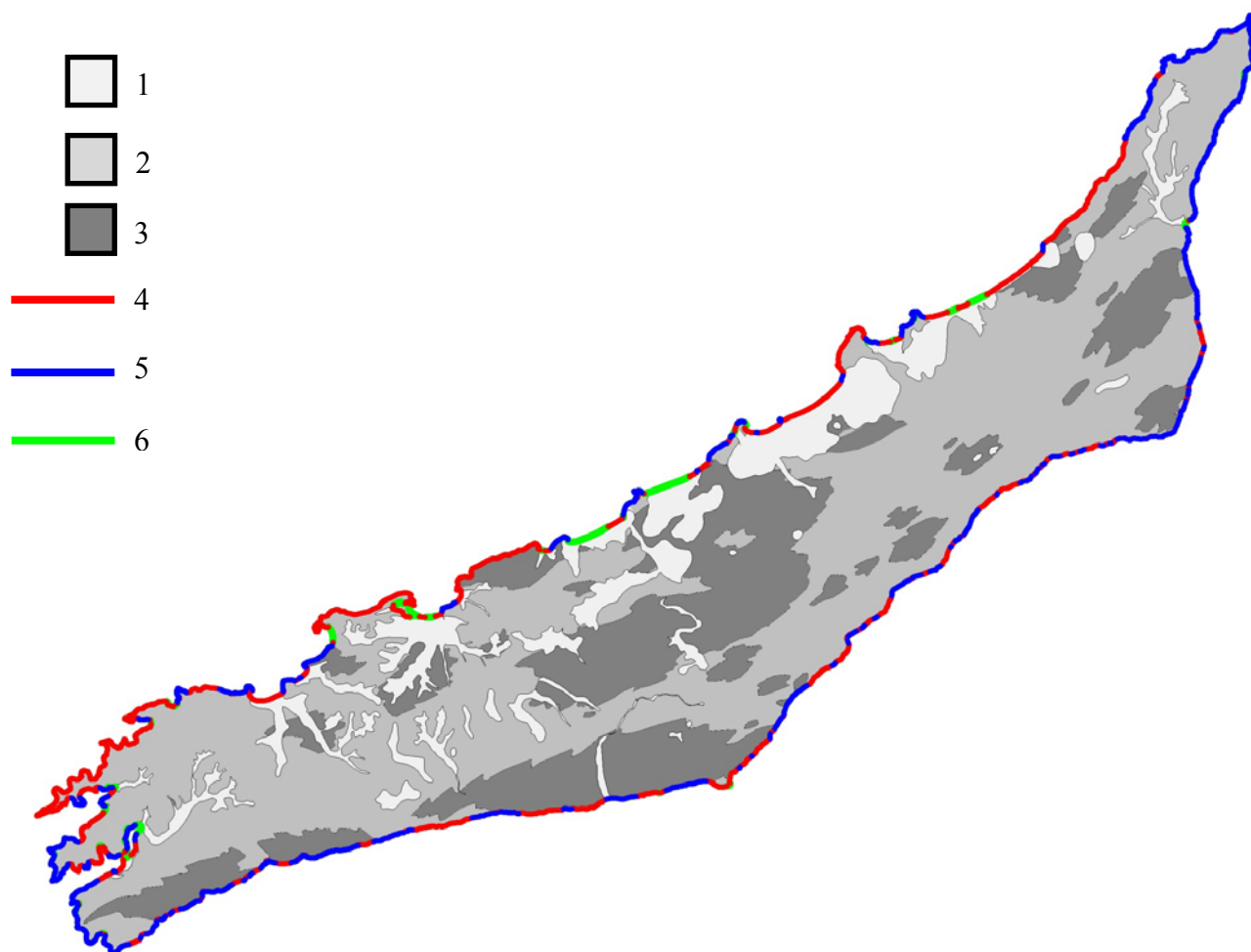
Особенности формирования генетических типов Ольхонских берегов предопределены сейсмо-тектоническими, геологическими условиями региона и дифференцированными ветро-волновыми нагрузками. Основные типы берегов делятся на подтипы: абразионно-оползневой, абразионно-обвальный, абразионно-осыпной, абразионно-эоловый и биогенный.

Типологическое деление берегов о. Ольхон на генетической основе позволяет объяснить механизмы их формирования, пространственно-временную динамику и прогноз развития. Введение категории подтипов берегов дает возможность выявить потенциальную природную опасность при дальнейшем освоении территории.

Положение береговой линии острова за анализируемый период изменялось от стабильного - практически не размываемого берега, до размыва склона с отступанием береговой бровки в десяток метров. Максимальные размывы отмечены на берегах абразионно-оползневого подтипа. Абразионно-обвальный и абразионно-осыпной подтипы берега создают серьезную природную опасность при освоении береговой зоны. Степень раздробленности, мощность зоны выветривания и стадийность формирования процесса необходимо учитывать при планировании территории, зон отдыха и организации смотровых площадок для туристов.

Берега с эоловыми песчаными полями в последние годы интенсивно осваиваются. Данный тип берега с определенными закономерностями развития экзогенных процессов и особенностями формирования эоловых полей нуждается в продуманных, научно-обоснованных методах сохранения памятника природы и в разработке путей дальнейшего рационального использования. При территориальном планировании туристско-рекреационной зоны о. Ольхон геологические памятники береговой зоны являются незаменимыми объектами посещения при организации экскурсионных туров.

Аккумулятивный тип берега имеет ограниченное распространение в пределах береговой линии острова, но испытывает максимальные антропогенные нагрузки. Выделение генетических типов берегов и их подтипов, с учетом особенностей проявления экзогенных процессов в береговой зоне позволило выполнить зонирование побережья о. Ольхон и установить потенциальные разновидности природной опасности при организации туристско-рекреационной зоны на острове. В современных условиях наиболее ярко проявлена оползневая и обвально-осыпная опасность.



Условные обозначения:

1 – Рыхлые отложения разного генезиса (глины, суглинки, пески, щебенистый, валунно-галечный грунт и т.п.)

2 – Метаморфические породы (кристаллические известняки, гнейсы, кварциты, амфиболиты)

3 – Магматические породы (амфиболитизированные габбро, граниты, сиениты, пегматиты)

4 – Абразионный тип

5 – Структурно-абразионный тип

6 – Аккумулятивный тип

**Рис. 2.6.7. Обзорная карта-схема типов берегов острова Ольхон**

**Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН** провел оценку степной растительности на острове Ольхон. В общем неоднородном комплексе степных растительных сообществ выделяются четыре экологических типа – это комплексы степных сообществ выровненных пространств, скальных и каменистых обнажений, дюнных песков и глинистых оползневых структур. Проведенные исследования степной растительности острова были полностью посвящены изучению растительных сообществ, развивающихся на дюнных (современных подвижных) песках. В результате выделен псаммофитный комплекс степных фитоценозов песчаного подтипа, установлены состав и структура ценологических единиц песчаных степей, изучено экотопическое размещение сообществ.

ществ в пространстве песков в зависимости от ведущих экологических факторов, представлены доказательства редкости псаммофитных фитоценозов песчаных степей.

Дюнные (подвижные) пески на Ольхоне и растительность, формирующаяся на них, являются редкостным явлением для природы Прибайкалья, располагающегося в зоне бореальных хвойных лесов. Процессы образования дюнных песков и дюнного ландшафта на острове Ольхон, в которых принимает участие растительность, по своему генезису близки береговым песчаным дюнам, формирующимся на побережьях морей и океанов. История формирования песчаных образований на острове непосредственно связана с озером Байкал, в частности, с неотектоникой пролива Малое Море, волновыми процессами и сильными ветрами. Считается, что песчаные отложения на острове стали формироваться со времени образования пролива Малое Море (около 0,7 млн. лет).

Подвижные пески на Ольхоне занимают примерно 4 % всей площади острова. Распространены они по побережью отдельными массивами различной мощности и протяженности. Их характерный эоловый рельеф и формирующаяся на них псаммофитная растительность образуют песчано-степной ландшафт. Обследовано 9 крупных песчаных массивов (от 1 до 6 кв. км), расположенных в северо-западной части острова Ольхон, на побережье пролива Малого Моря (рис. 2.6.8).



**Рис. 2.6.8. Обследованные песчаные массивы**

Фитоценозы, слагающие общий комплекс растительности дюнных песков, являются аazonальным природным явлением. Как известно, в формировании азональных растительных сообществ главную роль играет почвенный фактор. В данном случае прямым экологическим фактором, оказывающим влияние на формирование своеобразной растительности на острове, является движущийся песок.

В поселении растений и размещении ценозов на дюнных песках наблюдается определенная закономерность, заключающаяся в приуроченности организмов и фитоценозов соответственно экологической среде экотопа. В данной закономерности первостепенное значение имеет положение экотопа относительно господствующего направления ветра, переносящего песок.

Пространственная экотопическая неоднородность дюнных песков определяет количество видов и их сочетания в сообществах. В результате длительного процесса формирования ценозов на песках формируется фитоценозы разной организации: пионерные растительные группировки с общим проективным покрытием 5-30 %, переходные и сложные сообщества с покрытием 40-60 %. Простые по организации псаммофитные фитоценозы и пионерные группировки формируются на наветренных склонах и в ложбинах выдувания. Более сложные фитоценозы по составу и структуре размещаются на высоких песчаных буграх, пологих склонах дюн укрытых от ветра и на выровненных дефляционных плоскостях.

В общем спектре жизненных форм, слагающих псаммофитные фитоценозы, прослеживается главенствующая роль многолетних трав, на долю которых приходится 74% состава. Наибольшее фитоценологическое значение имеют многолетние поликарпические травы стержнекорневые, корневищные и растения-куртинки. Вертикальная структура в сообществах слабо выражена. Разнородная климатическая среда песчаных форм способствует формированию на песках фитоценозов близких по видовому и биоморфному составу, различающихся лишь покрытием растений и доли в нем ценозообразователя.

Весь псаммофитный комплекс растительных сообществ на песках слагается фитоценологическими единицами разных стадий развития. Все вместе эти структуры в пространстве песчаных массивов образуют экологические и сукцессионные ряды. Таких рядов наблюдается три: тимьяновый, имеющий монодивергентно-конвергентный тип развития, хамеродосовый – полидивергентно-конвергентный и леймусовый – линейный. Эти ряды по доминантам ценологических структур составляющих их последовательно отражают процесс формирования флористических комбинаций определенных ассоциаций в пространстве и во времени. Распределение растений в пространстве песков имеет невысокую плотность. На 100 кв. м в зависимости от типа сообщества и его структуры встречается от 3 до 20 видов растений. Ценофлора псаммофитных единиц включает 126 видов сосудистых растений, относящихся к 33 семействам и 78 родам. При этом вся ценофлора изученных песчаных образований на острове Ольхон насчитывает 141 вид сосудистых растений, объединяющихся в 39 семейств и 91 род. В целом степной комплекс фитоценозов, формирующийся на дюнных песках, образует сложную по организации структуру.

Взросший антропогенный прессинг на Ольхоне за последние десять лет поставил нас перед необходимостью провести инвентаризацию псаммофитных сообществ острова с целью определения их фитоценологической ценности, статуса и способов сохранения их мест обитания. При определении статуса «редкие сообщества» мы руководствовались принципами, сложившимися в отечественной литературе по охране растительных сообществ. Из 8 выявленных ассоциаций и 2 субассоциаций, составляющих псаммофитный вариант настоящих степей острова, 7 типов фитоценозов были причислены к редким. В составе редких сообществ отмечены уникальные элементы флоры – реликты и эндемики (рис. 2.6.9, 2.6.10).

Учитывая высокую уязвимость псаммофитных фитоценозов песчаного подтипа, обусловленную небольшими размерами их местообитаний, чрезмерной рекреацией на острове и усилением эолово-дефляционных процессов, отдельным дюнным массивам необходима гарантия сохранения ландшафта в целом. В этом случае присвоение некоторым песчаным массивам статуса «памятники природы» способствовало бы сбережению фитоценологического и флористического биоразнообразия на острове Ольхон.



**Рис. 2.6.9. Тимьян байкальский – доминирующий вид песчаных степей Ольхона (эндемик)**



**Рис. 2.6.10. Астрагал ольхонский – эндемик о. Ольхон**

**Байкальский музей СО РАН** в течение 2012 года проводил исследования по теме «Особенности эволюции экосистемы оз. Байкал на основе изучения животных и растительных сообществ в аквариумах в сопоставлении с модельными площадками в акватории озера» по разделам:

- исследование ранних этапов формообразования омуля сравнительно-онтогенетическим методом в природе и эксперименте. Исследования изменений морфологических признаков омуля разных популяций с возрастом (размерные группы от 50 до 250 – 300 мм, от стадии сеголетка до рыб 5 – 6 лет) дополнительно подтвердили, что байкальский омуль — не прибрежная рыба;

- исследование паразитарных систем древних озёр мира. Выявлен жизненный цикл паразита «чаечного лентеца».

По результатам исследований можно утверждать, что очаг дифиллоботриоза на Байкале сформировался во время климатического оптимума голоцена, когда в Прибайкалье сформировались благоприятные условия для обитания рыбоядных птиц – основных окончательных хозяев лентеца.

Создана экспериментальная аквариумная лаборатория — часть природного водоёма оз. Байкал — для изучения природных процессов (наземных и подводных). За последние 5 лет накоплен архив видео наблюдений в объёме 10 Тб. Проводятся исследования структуры популяции и особенностей поведения байкальских организмов (на примере байкальского тюленя) в режиме реального времени.

Проводится изучение жизненных циклов, адаптации и методов содержания байкальских организмов. По результатам наблюдений и разработки методики длительного содержания коттоидных рыб, наибольшая выживаемость и быстрое привыкание к искусственным условиям наблюдается у красной и большеголовой широколобки. Прекрасно выживают и другие мелководные донные виды: песчаная и каменная широколобки. Из пелагических бычков наиболее долго в аквариумах живёт желтокрылый бычок, наименее приспособлен к аквариумным условиям бычок длиннокрылый.

Пополняются научные фондовые коллекции музея. В фондах содержатся более 17 тыс. единиц хранения. Всего укомплектовано 9 типов коллекций: коллекции гидробионтов, рыб, паразитов рыб, препараты чешуи байкальского омуля, препараты современных и ископаемых водорослей, вредители хвойных и лиственных пород, гербарий растений Байкальского региона, коллекция древесных спилов. Большинству видов коллекций даны монографические описания. Коллекции гидробионтов содержат: ручейников, двустворчатых моллюсков, амфипод, изопод, гаммарусов, паразитов рыб, водорослей (современных и ископаемых), препаратов диатомовых водорослей. В настоящее время приступили к формированию компьютерной базы данных по различным типам гидробионтов. В базу занесены описания 240 видов гаммарид, 170 видов моллюсков, 6 видов изопод, 114 видов олигохет и 940 видов водорослей.