

## 2.6. Научные исследования

(Институт географии СО РАН, Институт геохимии СО РАН, СИФИБР СО РАН, Институт лазерной физики СО РАН, ИИХ СО РАН)<sup>1)</sup>

**Институт географии СО РАН** в 2003 г. завершил работы по функциональной дифференциации Байкальской природной территории. На основе ландшафтно-гидрологического подхода и инструментов ландшафтного планирования определены границы водоохранной зоны озера Байкал. Для территории прибрежных населенных пунктов (г. Байкальск) обосновано создание водоохраных каркасов, обеспечивающих нормативное качество вод, поступающих в озеро Байкал. Для буферной зоны выделены зоны особого режима природопользования, предусматривающего регламентированное территориальное развитие, мероприятия по рекультивации и сохранению уникальных и редких ландшафтов.

В соответствии с реализацией концепции экологически ориентированного планирования землепользования в Байкальском регионе выполнено ландшафтное планирование г. Байкальска и его пригородной зоны. В качестве методологических использованы как традиционные подходы комплексного физико-географического анализа и природно-хозяйственной оценки состояния территории, так и приемы ландшафтного планирования, разрабатываемого в Институте географии СО РАН, с учетом мирового опыта и при консультативной поддержке природоохранных организаций Германии. Получены новые картографические материалы, необходимые для дифференциации приоритетных компонентов, лимитирующего водоохранное зонирование. Составлены ландшафтный план М 1:25 000 и схема функционального зонирования для территории города Байкальска М 1:10 000, сопровождаемые серией карт:

- инженерно-геологических условий;
- глубин залегания подземных вод;
- гидрогеохимии подземных вод;
- опасных экзогенных процессов;
- микроклиматического потенциала самоочищения атмосферы;
- концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы;
- водопроницаемости и сорбционной емкости почв;
- оценки почв по пригодности к использованию в лесном хозяйстве, земледелии и по водоохранному значению;
- потенциала самоочищения поверхностных вод и защищенности подземных вод от загрязнения;
- целей территориального развития поверхностных вод;
- биотопов и целей территориального развития для растительности;
- природно-территориальных комплексов;
- инфраструктурного обустройства территории и типов поверхностного загрязнения;
- реального использования: категории земель, землепользователи;
- реального использования: типы земель, санитарные и санитарно-защитные территории;
- ареалов социальной нагрузки на территорию – интенсивности бытовой жизнедеятельности населения, доступности учреждений сферы обслуживания, доступности учреждений образования и дошкольного воспитания;
- интегрированных целей территориального развития;
- интегрального зонирования по типам основных мероприятий.

---

<sup>1)</sup> Информация представлена в ответ на запрос в Научный совет СО РАН по проблемам озера Байкал

Предварительно установлена граница пригородной зоны г. Байкальска. Выделены и охарактеризованы 19 районов, различающихся по целям развития, для которых определены действия и конкретные мероприятия по реализации целей территориального развития отдельных участков.

Проведены инвентаризация и оценка социально-экономических условий, современного землепользования и компонентов природы Ольхонского района Иркутской области. Проанализированы социально-демографическая ситуация и расселение населения, социальная инфраструктура, состояние здоровья населения, экономическое развитие района. Подготовлена информация о формировании современной структуры землепользования и административном устройстве района, определена характеристика землепользований категорий земель и антропогенной нарушенности территории. Оценено в категориях значения и чувствительности современное состояние климата, почв, видов и биотопов, ландшафтов и рекреационного потенциала, сформулированы цели их использования и дальнейшего развития, разработана интегрированная концепция целей территориального развития. На базе установленных целевых типов развития территории разработаны основные направления действий и мероприятия по их реализации, как общие для всего Ольхонского района (правовые нормы, территориальная и функциональная структура управления), так и направленные на достижение целей территориального развития (сохранение, развитие, улучшение). Определены действия и мероприятия по территориальному развитию и инфраструктурному обустройству систем расселения населения, а также структуры, ответственные за организацию мероприятий и действий и контроль за их осуществлением. В качестве предпосылок и рамочных условий для дальнейшего планирования приведены методика крупномасштабного экологически ориентированного планирования землепользования и первые результаты реализации целей и мероприятий экологически ориентированного землепользования в Ольхонском районе.

На основе разработанной ландшафтно-оценочной критериальной базы выполнена сельскохозяйственная оценка территории Центрального Приольхонья, результаты которой отражены на картах «Агротенциал геосистем Приольхонья. Значимость» и «Агротенциал геосистем Приольхонья. Чувствительность» М 1:50 000. По степени пригодности к выпасу все геосистемы ранжированы на 7 категорий: непригодные, мало пригодные, ограниченно пригодные, низкого, ниже среднего, среднего и выше среднего качества. По степени чувствительности выделены низко-, средне- и высокочувствительные геосистемы. Предложено зонирование территории по целям территориального развития с установкой на сельскохозяйственное использование, базирующееся на выполненной оценке агротенциала и отраженное на карте «Агротенциал геосистем Приольхонья. Цели территориального развития» М 1:50 000. Все геосистемы ранжированы по режиму использования от категории «Сохранение. Отказ от использования» до категории «Интенсивное использование». Произведено сравнение результатов сельскохозяйственного зонирования с результатами выполненного ранее на территорию ключевого участка рекреационного зонирования и предложен алгоритм выбора оптимального вида использования.

Математическая модель восстановительно-возрастной динамики таежных лесов региона проверена на данных по Слюдянскому лесхозу Иркутской области. Сравнивались данные лесоустройства 1970 и 1985 гг. – распределение площади лесов по породам и классам возраста (площадь выражена в % от суммарной площади лесов данной породы). Достоверно показано, что лесоустроительные данные проявляют ожидаемую отрицательную линейную связь изменения площади

насаждений по времени и по возрасту, что позволяет использовать базовые уравнения для анализа влияния ландшафтных условий на естественные процессы – применять тонкие методы статистического анализа для поиска скрытых закономерностей. Такой подход использовался при ландшафтном планировании для оценки значения и чувствительности геосистем к разного рода воздействиям. Здесь база данных ГИС рассматривается как факторная система, определяющая специфику участков территории. Исследована возможность представления организации территории как многофазного пространства. Разработан предварительный вариант модели фазовой структуры территории с использованием триадного принципа классификации. С использованием корреляционного анализа двух и более показателей-потенциалов и определения индикативных функций для каждой территориальной фазы (природной, социальной, экономической и их подфаз) проанализировано взаимодействие территориальных фаз друг с другом. Для центральной экологической зоны оз. Байкал исследовано влияние фазовых взаимодействий на формирование межфазных границ (границ природоохраненных зон).

Подготовлена электронная картографо-информационная основа для Центральной экологической зоны Байкальской природной территории в пределах Иркутской области, совмещающая материалы, полученные при выполнении Институтом географии СО РАН проектов по ландшафтному планированию Байкальской природной территории и комплексному обследованию территорий локальных проектов по обоснованию хозяйственной деятельности, а также лесоустроительные материалы. В совокупность материалов, привлекаемых для выявления динамических состояний иерархических физико-географических структур, включены растровые и векторизованные слои и формируемые классификационные тематические базы данных.

Создана система территориального мониторинга, представляющая собой пакет программных средств, предназначенных для накопления, упорядочивания, хранения, преобразования и использования разнообразной географической, экологической, экономической и иной информации о территории. Пакет включает разработанное средствами Delphi 5 приложение Windows (Windows Application), предназначенное для работы в средах линейки Windows 9X и Windows XP. Для решения названных задач разработаны специальные форматы записи данных, позволяющие в рамках единого подхода работать с количественными непрерывными и дискретными переменными, балльными и качественными оценками, текстовыми и графическими описаниями, с явным учетом их точности и достоверности. Накапливаемые материалы упорядочиваются в пространстве и времени и могут произвольно группироваться в тематические блоки для информационного обеспечения тех или иных проблем. Разработаны и включены в «Систему» специальные алгоритмические и программные средства поиска и описания взаимосвязей между переменными, позволяющие в полуавтоматическом режиме создавать и использовать динамические модели для прогноза временных рядов, накапливаемых в базах данных. Предусмотрена возможность имитации воздействий и предсказания (при наличии прогностических связей в системе) их вероятных последствий. «Система территориального мониторинга» позволяет также создавать и использовать базы ссылок (метаданных) на источники информации о территории. Встроенная электронная карта и координатная привязка информации в базах данных позволяет в рамках пакета эффективно использовать элементы ГИС-технологий для визуализации накопленных в информационной системе сведений. Пакет содержит множество вспомогательных программ, обеспечивающих удобство и надежность ввода новой информации, формирования и выдачи выборок данных и результатов моделирования, формирования отчетов. Предусмотрена возможность актуализации баз данных пользователей пакета через Интернет. Возможности пакета отлажены на примере

модельной территории – бассейне реки Голоустной, расположенного в Иркутском районе Иркутской области.

Завершены исследования по обоснованию организации природного парка «Утулик – Бабха» и природного парка г. Ангарска.

**Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН** на протяжении ряда лет изучает гидрохимические характеристики поверхностного стока озера Байкал (1997-2003 гг.)

Река Ангара является единственным каналом поверхностного стока оз. Байкал, где «замыкаются» потоки более трехсот рек и ручьев его водосборного бассейна. В ходе подекадного мониторинга в истоке р. Ангары за период 1997-2003 гг. получены данные о гидрохимических параметрах воды стока оз. Байкал. Отбор проб производился с глубины 50 м в пластиковые бутылки ёмкостью 1 л. Химический анализ на главные ионы ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ) и  $O_2$ , проводился по стандартным методикам. Получены следующие значения измерявшихся параметров (мг/л):  $K^+$  - 0,93;  $Na^+$  - 3,27;  $Ca^{2+}$  - 15,38;  $Mg^{2+}$  - 3,34;  $Cl^-$  - 0,60;  $SO_4^{2-}$  - 5,86;  $HCO_3^-$  - 65,65;  $O_2$  - 12,46; минерализация - 95,07. Вариации параметров выходят за рамки ошибок аналитических методик. В изменениях временных рядов концентрации отчетливо проявлены сезонные флуктуации ( $O_2$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ , общая минерализация), монотонные тренды ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ), а также признаки более продолжительной периодичности ( $Cl^-$ ). На них сказываются также колебания уровня озера (минерализация,  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ). Некоторые отклонения ( $SO_4^{2-}$ ,  $Hg$ ) сопоставляются с крупными сейсмическими событиями.

**Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН** в 2003 г. продолжал исследования, основная цель которых – комплексное изучение структурно-функциональной организации наземных экосистем Байкальской Сибири, выяснение эколого-физиологических аспектов устойчивости фитоценозов к неблагоприятным природным и антропогенным факторам. Эти работы необходимы для оценки биосферного значения экосистем крупного региона, включающего участок всемирного наследия – оз. Байкал, его биологического разнообразия, для определения современной экологической ситуации и прогнозирования ее развития при разных сценарных ситуациях. Они служат основой для оптимизации систем мониторинга, природопользования и охраны природы.

В сохранении стабильности экосистемы Байкала важная роль принадлежит лесам, в которых формируется до 80% стока воды, поступающей в озеро. На их состояние влияет обширный комплекс негативных факторов, среди которых значительное место принадлежит действию атмосферных промышленных выбросов. Исследованиями института показано, что наиболее сильное воздействие на состояние лесов Байкальской природной территории (БПТ) оказывают Иркутский, Ангарский, Шелеховский, Усольский, Южно-Байкальский, Улан-Удэнский, Нижнеселенгинский и Гусиноозерский промышленные узлы (рис.2.6.1).

В средней и южной частях региона загрязнение и угнетение лесов охватывает значительные площади – соответственно, около 12,0 и 10,5 млн.га. Широкое распространение этого явления приводит к дестабилизации климато- и водорегулирующих, водоохраных, противоэрозионных, санитарно-гигиенических, рекреационных и других экологически значимых функций лесов региона. Наиболее сильному техногенному воздействию подвержены древостои, произрастающие в западной и юго-западной части региона, где сосредоточены крупные промышленные центры Предбайкалья. Выбросы здесь распространяются на площади около 3 млн. га. Еще около 8 млн. га лесопокрытой территории подвергается загрязнению в результате внутри- и межрегионального переноса эмиссий. На загрязняемой территории сильное ослабление лесов отмечается на площади около 0,5 млн. га, среднее – около 1,9 млн. га, слабое – более 8 млн. га.

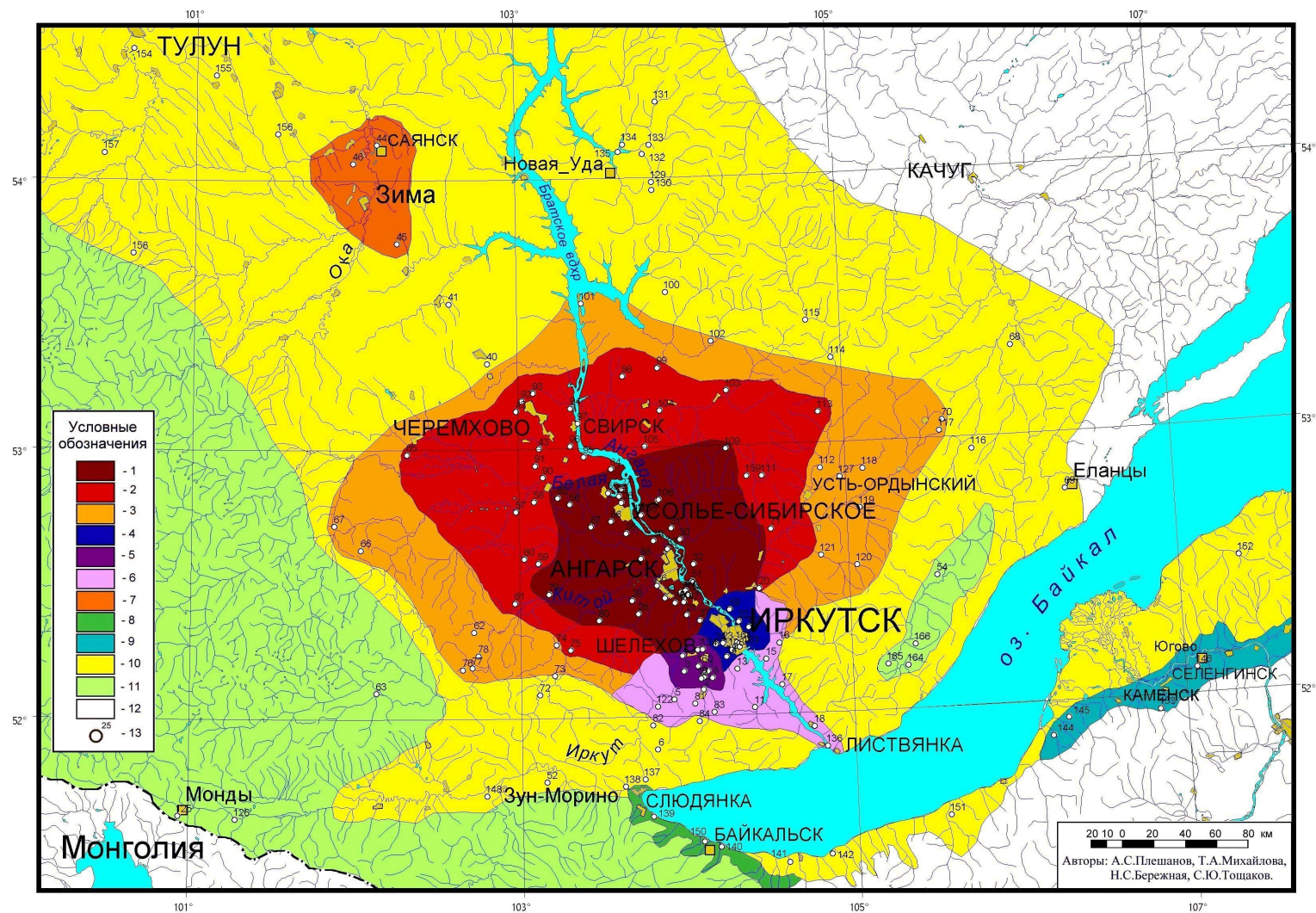


Рис. 2.6.1. Карта полей загрязнения юго-западной части Байкальской природной территории.

Поля загрязнения: 1 – ангарско-усольско-черемховское сильное, 2 – ангарско-усольско-черемховское среднее, 3 – ангарско-усольско-черемховское слабое, 4 – иркутское, 5 – шелеховское, 6 – иркутско-шелеховское, 7 – саяно-зиминское, 8 – южнобайкальское, 9 – нижнеселенгинское, 10 – трансрегиональное, 11 – фоновые территории, 12 – необследованные территории; 13 – пробные площади.

На южном и юго-восточном побережье озера негативное воздействие на лесные экосистемы оказывают эмиссии Южно-Байкальского, и Нижнеселенгинского промышленных узлов, определенное влияние на состояние древостоев имеет и трансрегиональный перенос промышленных эмиссий по долинам крупных рек - Ангары и Селенги. Уровень загрязнения лесов здесь несколько ниже, чем в Предбайкалье, однако в ряде районов пресс атмосферного загрязнения значительно усиливается выраженным действием таких сопутствующих факторов, как засуха, массовое размножение насекомых-ксилофагов, высокая активность грибных заболеваний.

С 2001 г. начато также обследование водосборного бассейна оз. Байкал (в пределах территории Республики Бурятия). Результаты показали, что загрязнение и ослабление лесов промышленными выбросами на водосборной территории имеет сложный мозаичный характер и локализовано в узких речных долинах и межгорных котловинах. Так, распространение загрязнения и ослабления лесов наиболее явно выражено по долинам крупных рек - Селенга и Уда - на расстоянии до 100 км от промышленных центров (Улан-Удэ, Селенгинск, Гусиноозерск). У древостоев, произрастающих на вершинах хребтов Хамар-Дабан, Улан-Бургасы, Цаган-Дабан, Худанского, Боргойского, Заганского, Хамбинского, уровень загрязнения промышленными токсикантами ниже, чем у насаждений в Гусиноозерской котловине и долинах рек Селенга, Хилок, Тугнуй, Илька и др. Возрастание техногенной нагрузки на леса на водосборной территории в основном тяготеет к крупным промышленным узлам. В окрестностях городов Улан-Удэ и Гусиноозерск обнаруживается наиболее высокий уровень загрязнения древостоев соединениями серы и металлов, о чем свидетельствует повышение их концентрации в хвое сосны в 2-3 раза по сравнению с региональными фоновыми значениями.

Самый низкий уровень загрязнения и ослабления лесов выявлен в горных южных и западных районах Бурятии. Например, лесные насаждения, произрастающие в верховьях рек Джиды и Темника, характеризуются низкими концентрациями токсикантов и не имеют признаков физиологического ослабления. Показано также, что на северо-востоке Бурятии в Баргузинской долине, древостои не имеют признаков ослабления техногенными выбросами.

В целом результаты обследований состояния лесов в пределах БПТ свидетельствуют о широком распространении загрязнения и ослабления насаждений. Воздействию аэропромвыбросов подвержены лесные экосистемы не только зоны атмосферного влияния БПТ, но и водосборной территории в пределах Республики Бурятия.

**Творческим коллективом ученых** Иркутского филиала Института лазерной физики СО РАН, СИФИБР СО РАН, ИИХ им. А.Е.Фаворского СО РАН при поддержке междисциплинарного интеграционного проекта № 102 СО РАН «Комплексное определение стрессовой нагрузки на растительные и грибные организмы в лесной экосистеме под воздействием атмосферных техногенных поллютантов» в 2003г. выполнялась работа по определению бенз(а)пирена и фтора в лесных экосистемах Южного Байкала.

Для определения содержания бенз(а)пирена (БП) и фтора обследованы лесные почвы верхних горизонтов (0-10 см), древесина сосны и березы, а также их кора, хвоя и листья в период на разном расстоянии от алюминиевого завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ» Шелеховского района в направлении оз. Байкала и действия преобладающих северо-западных ветров: ИрКАЗ (1,5 км), Олха (3,5 км), Орленок (20 км), р. Половинная (30 км). Исследуемые вещества определяли методами низкотемпературной люминесценции и ионселективным («Межвузовская региональная лаборатория экологических исследований Иркутского государственного университета», № РОСС RU.0001.510099).

Лесные почвы близлежащих к оз. Байкал р. Половинная и ст. Орленок содержали БП и фтор на уровне 1-5 фоновых концентраций (1,8 мкг/кг и 1,3 мг/кг соответственно).

Наибольшие отклонения были у БП. В районе пос. Олха и вблизи завода почвы загрязнены БП до 5-20, фтором – 5-13 ПДК (20 мкг/кг и 10 мг/кг соответственно). Распределение соединений по профилю почвы отличалось резким снижением содержания БП в слоях 5-20 см по сравнению с верхним горизонтом. Водорастворимым соединениям фтора характерна миграция с поверхностных в более глубокие слои в среднем до 50 % относительного верхнего горизонта. Между содержанием БП и фтора в верхних горизонтах почвы проявлялась прямая статистически достоверная линейная связь.

Древесина сосны и березы во всех анализируемых объектах содержала БП в диапазоне фоновых концентраций его в растениях – 0,7-5,0 мкг/кг. При этом большее содержание канцерогена отмечается в сосне по сравнению с березой, в районе завода. Накопление фтора в древесине березы зависело от места отбора – наибольшие концентрации были вблизи завода и пос. Олха (20-260 мг/кг). Специфического накопления фтора тканями сосны не проявилось (6-15 мг/кг).

Кора сосны и березы, аналогично почвам и древесине деревьев, наибольшие количества БП и фтора содержала в объектах, отобранных вблизи завода и пос. Олха. Отмеченные закономерности для древесины сохранялись в случае коры деревьев. Отличия заключались в абсолютном содержании веществ, которые наибольшими были в коре – 0,6 -22 мкг/кг для БП и 2,5-1500 мг/кг для фтора.

Хвоя сосны и листья березы характеризовались уже отмеченными тенденциями загрязнения – фоновым уровнем содержания канцерогена и фтора в удаленных на 20-30 км пунктах опробования и закономерным увеличением его в хвое, листьях деревьев, отобранных ближе к источнику загрязнения.

Полученные результаты определения БП и фтора в почве и в органах древесных растений Прибайкалья выявили степень и зону загрязнения объектов лесных экосистем. Они хорошо коррелируют с наблюдаемыми отклонениями биохимических процессов в древесине и ее разной степени биотрансформации дереворазрушающими грибами.