

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО ПРОЕКТАМ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО РАН

Приоритетное направление 7.9. Динамика и охрана подземных и поверхностных вод. Ледники. Проблемы водообеспечения страны.

Программа 7.9.1. Изучение гидрологических и экологических процессов в водных объектах Сибири и разработка научных основ водопользования и охраны водных ресурсов (с учетом антропогенных факторов и изменений климата) (координаторы: ак. О.Ф. Васильев, ак. М.А. Грачев).

Проект 7.9.1.4. Гидрологические и экологические процессы в реках, озерах и водохранилищах, разработка научных основ использования и охраны водных ресурсов Сибири (научн. рук. ак. О.Ф. Васильев, д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров; отв. исп. к.б.н., доц. В.В. Кириллов, к.т.н., доц. А.А. Атавин).

Блок 1. Разработать математические модели гидродетермических и русловых процессов в водных объектах для различных природно-климатических условий

Продолжено совершенствование нестационарных плановых компьютерных (2DH) моделей ледотермических и русловых процессов в водоемах и водотоках. Базовым блоком таких комплексных моделей является гидродинамический блок, описывающий кинематику течения в областях со сложной морфометрией. В отчетный период выполнена модификация компьютерной плановой модели течений в водоемах и водотоках для многопроцессорных вычислительных систем, обеспечивающая уменьшение времени расчета практически пропорционально количеству процессоров. На рисунке 2.1.1 представлены результаты модельных расчетов течения в Новосибирском водохранилище для расходов 2000 м³/с в р. Обь и 50 м³/с в р. Бердь.

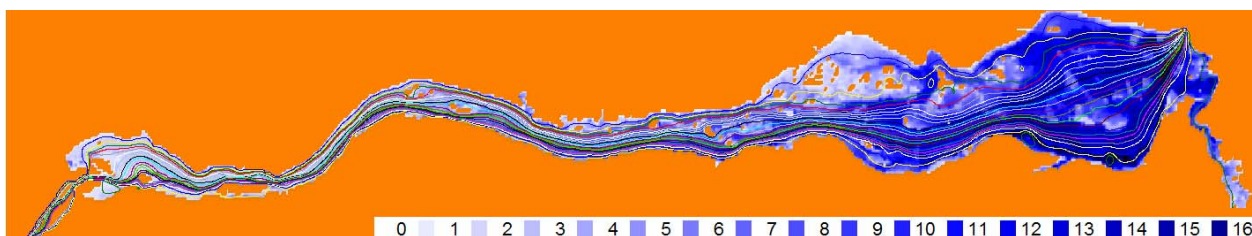


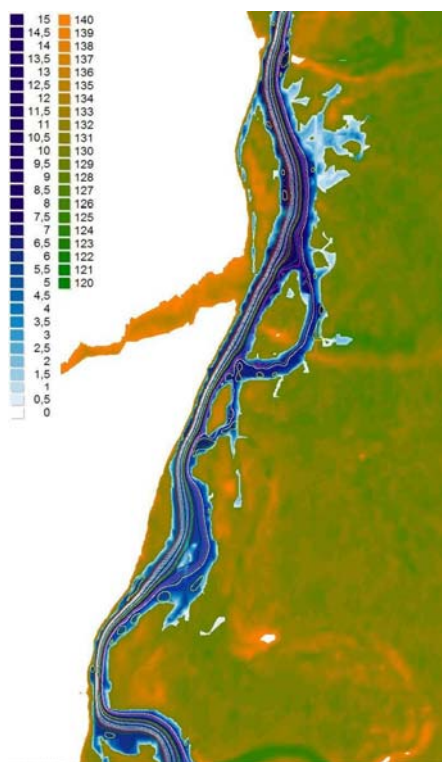
Рис. 2.1.1. Линии уровня и глубины стационарного течения в крупном водоеме

В результате усовершенствования численного алгоритма время расчета стационарного течения в водоеме со сложной морфологией на пространственной сетке 1000x150 составляет 3 часа на двухпроцессорной системе с частотой 3 ГГц.

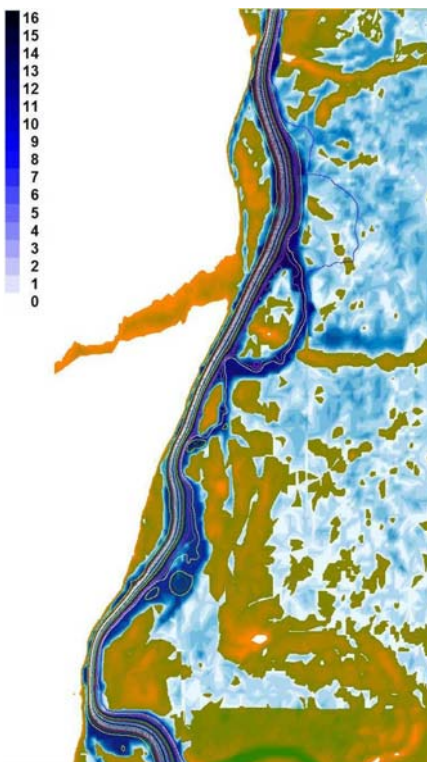
При создании компьютерных моделей затопления прибрежных территорий одной из важнейших задач является создание цифровой карты рельефа (ЦМР) поймы. Сбор подробных данных для решения данной проблемы зачастую является весьма продолжительным и дорогостоящим процессом. Для создания приближенных компьютерных моделей наводнений предложено использовать открытую информацию об уровне поверхности земли с помощью системы Google Earth. Программные продукты, предоставляемые Google, ориентированы на пользователя, которому не нужны большие массивы информации, такие как ЦМР. Разработана компьютерная программа, с помощью которой была получена ЦМР около г. Барнаула на участке размером 15,55км x 9,33км с шагом 10м.

Для апробации предложенного алгоритма построена компьютерная модель процесса затопления п. Затон у г. Барнаула. На ее основе рассчитано поле течения на участке р. Оби

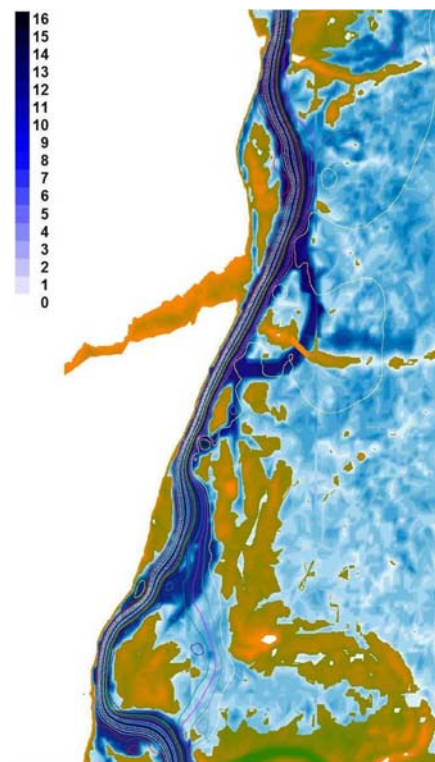
от водозабора №2 до железнодорожного моста при двух расходах - 920 м³/с и 3000 м³/с. Результаты показывают качественно правильные результаты – наличие зоны тиховода около водозабора №2 (в настоящее время в этом месте появился побочень), значительные площади затопления поймы по правому берегу р. Оби в районе п. Затон при расходе 3000 м³/с. Картины течения при обоих расходах представлены на рисунках 2.1.2 и 2.1.3. Модель использована для анализа влияния строительства нового автомобильного моста через р. Обь на процесс затопления. Для этого выполнены расчеты при расходе 3000 м³/с для измененного рельефа русла и речной долины – с учетом перекрытия правого рукава р. Обь. В этом случае рассчитанный уровень водной поверхности увеличился примерно на 0,7 м и существенно увеличилась площадь затопления правобережной поймы (см. рисунки 2.1.3-4).



• Рис. 2.1.2. Глубины и линии тока течения р. Обь около г. Барнаула для расхода 920 м³/с до строительства автомобильного моста через р. Обь



• Рис. 2.1.3. Глубины и линии тока течения р. Обь около г. Барнаул а для расхода 3000 м³/с до строительства автомобильного моста через р. Обь



• Рис. 2.1.4. Глубины и линии тока течения р. Обь около г. Барнаула для расхода 3000 м³/с после строительства автомобильного моста через р. Обь

Разработана методика компьютерного моделирования русловых процессов на участках рек большой протяженности (1) и сложной конфигурации (2). Для случая 1 компьютерная модель основывается на комбинированном применении одномерной математической модели течения и приближенных методов построения плановой картины русловых деформаций. Для описания гидравлического режима потока используется система уравнений нестационарного течения в открытом русле в одномерном приближении. Плановая структура потока рассчитывается с применением метода плоских сечений, предполагающего разбиение потока на заданное количество струй с одинаковым расходом. Для расчета русловых переформирований гидравлическая модель дополняется уравнениями, описывающими транспорт наносов, их баланс и деформации отметок дна в пределах отдельных струй. В случае (2) для описания руслового потока в морфологически сложном русле используется усовершенствованная плановая 2DH-модель течения (см. выше). По данной 2DH-модели русловых процессов на основе гидрологических и батиметрических данных для условий летне-осенней межени (расход воды 1320 м³/с) выполнен численный расчет участка р. Обь в районе водозабора № 2. Результаты расчетов, представленные на рисунке 2.1.5, показали, что построенная компьютерная модель правильно отражает наблюдаемые гидравлические эффекты, в частности, положение динамической оси потока, наличие зоны тиховода около ковша водозабора, интенсивный размыв правого берега выше водозабора и аккумуляцию материала на пляже, образование водоворотных зон.

Выполнены работы по усовершенствованию комплекса одномерных горизонтальных (1DH) моделей и реализующих их численных алгоритмов для описания гидроледотермических процессов в водоемах и водотоках. Усовершенствована модель шугообразования корректного расчета объемов шугового материала в ситуациях смены похолодания на потепление в осенне-зимний период. Это важно для правильного описания процесса замерзания протяженных незарегулированных участков рек. Для этого разработана математическая модель образования и транспорта шугового материала без пространственного выделения фазовых областей. Транспортируемый ледовый материал предполагается состоящим из внутриводного льда и поверхностной шуги; сформулированы межфазные потоки тепла и массы. Модель учитывает таяние внутриводного льда и шугового материала на речных участках с положительной температурой воды (рис. 2.1.6).

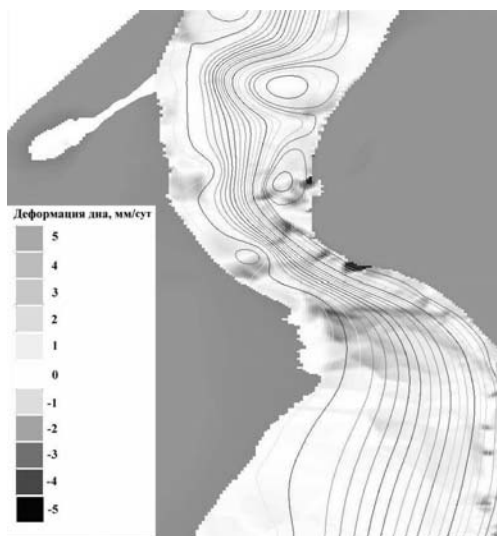


Рис. 2.15. Результаты математического моделирования участка р. Обь в районе

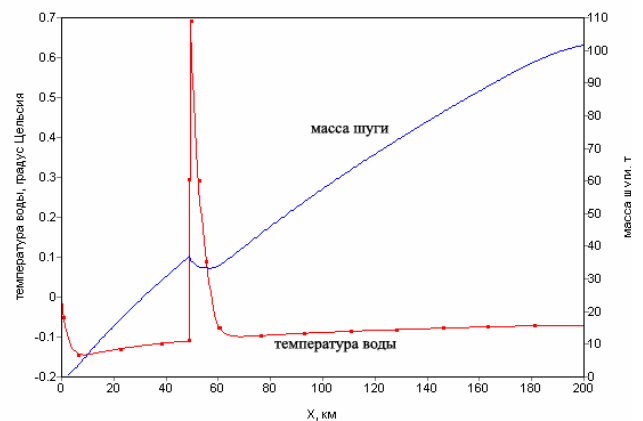


Рис. 2.1.6. Распределение поверхностной шуги и температуры воды по длине русла при

водозабора №2 (расход воды 1320 м³/с):
линии тока и скорости деформации дна

наличии притока теплой воды

Для верификации комплексной 1ДН-модели замерзания реки проведены работы по планированию режима попусков из Новосибирского водохранилища в нижний бьеф в зимний период года. Цель эксперимента – натурное исследование влияния подпора воды на участке нижнего бьефа от положения кромки ледяного покрова на участке нижнего бьефа и сопоставление полученных данных с результатами численного 1ДН-моделирования ледотермических процессов в нижнем бьефе Новосибирского гидроузла. По гидроледотермической 1ДН-модели сделан численный анализ связи уровней водной поверхности в створе НФС-5 (в районе основного водозабора г. Новосибирска) при наличии льда с гидрологическими и метеорологическими факторами. Установлен ряд особенностей численного решения, выявление которых экспериментальным путем может подтвердить адекватность математической модели.

Дальнейшее развитие математических моделей гидроледотермических процессов в водоемах и водотоках связано с разработкой и численной реализацией математической 2ДН-модели гидравлического режима реки с учетом наличия ледяного покрова. Влияние покрова льда на гидродинамику водного потока учитывается в виде дополнительного давления на поверхность воды и сил сопротивления на границе раздела «вода-лед». В данном случае для численного решения задачи использована явная двухшаговая численная схема, основанная на приближенном решении задачи о распаде разрыва в форме Лакса-Фридрикса.

В 2009 г. продолжены натурные гидрологические исследования на Верхней Оби с целью сбора взаимосогласованной информации для калибровки и верификации разрабатываемых математических моделей течений, русловых и ледотермических процессов. В период летне-осенней межени получены с использованием современных средств гидрологических и геодезических измерений фактические данные об основных гидравлических параметрах потока (глубинах, скоростях течения, отметках уровня и расходах воды) в различных режимах течения: свободное русло (участки р. Обь у г. Барнаула, п. Малышево и г. Камень-на-Оби), режим подпора (Новосибирское водохранилище), зарегулированный сток (нижний бьеф Новосибирского гидроузла – т. плотины до Речного вокзала); данные о трехмерной структуре поля скорости течения в различных гидравлических условиях с высоким пространственным разрешением (4 – 8 м по горизонтали, 0.25 м по вертикали) (рис. 2.1.7).

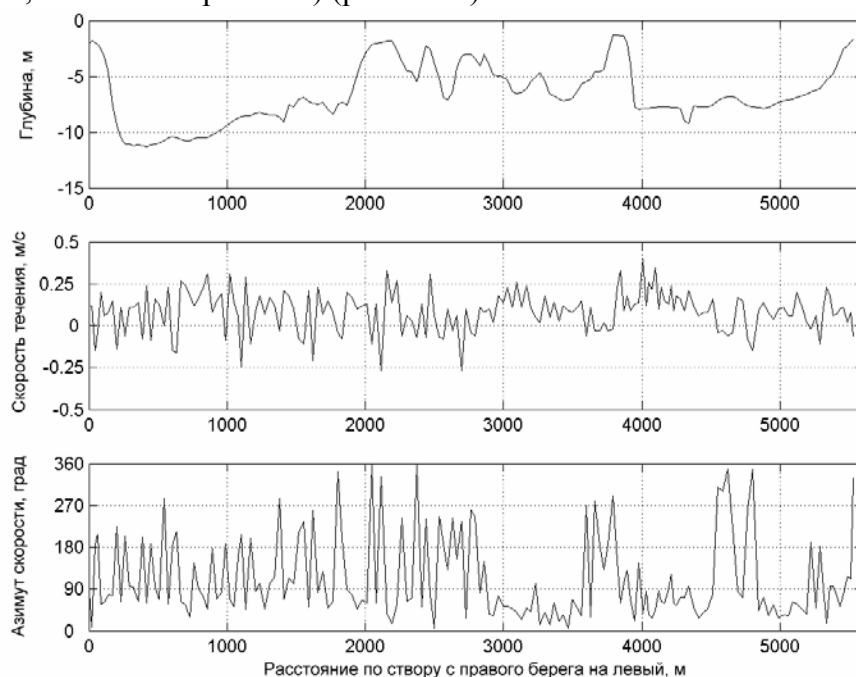


Рис. 2.1.7. Профиль дна, осредненная по глубине скорость течения и азимут вектора осредненной скорости (угол по часовой стрелке между направлением на север и вектором) в средней части Новосибирского водохранилища на участке Завьялово - Красный Яр. Расход воды 2415 м³/с. 25 июня 2009 г., 05:52 - 06:39 (время местное декретное летнее).

Блок 2. Выявить взаимосвязи гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических процессов на разнородных участках акватории Новосибирского водохранилища

В 2007-2009 гг. были продолжены многолетние комплексные (междисциплинарные) гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования Новосибирского водохранилища. Это позволило оценить современное экологическое состояние и охарактеризовать многолетнюю динамику и эволюцию экосистемы крупного равнинного руслового водохранилища сезонного регулирования в условиях юга Западной Сибири.

В настоящее время Новосибирское водохранилище – мезотрофный водоем, качество воды которого удовлетворяет требованиям для поверхностных источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения с наличием участков, характеризующихся локальными и, лишь в отдельные сезоны (периоды) года, ухудшением химического состава по содержанию органических веществ, включая фенолы и нефтепродукты. Анализ ретроспективных данных и результатов комплексных (междисциплинарных) исследований в 2007-2009 гг. позволяет заключить, что экосистема Новосибирского водохранилища через 50 лет после его наполнения находится в стадии стабилизации

Экосистема является полной по составу и видовому богатству биологических сообществ, уровень развития которых при наличии межгодовых колебаний связан с особенностями водности года, соответствует мезотрофному уровню и обеспечивает формирование химического состава воды и донных отложений, соответствующих по «Критериям МПР» водоемам с отсутствием признаков «экологического неблагополучия».

Но существуют предпосылки экологического риска вторичного биологического загрязнения в результате гиперразвития фитопланктона и зоопланктона, гибели длиннопериодических гидробионтов – моллюсков и рыб в результате неблагоприятного сочетания природных факторов (маловодный период, гельминтоз) и антропогенного воздействия (поступление загрязняющих веществ, изменение режима регулирования).

Полученные результаты позволили охарактеризовать сезонную динамику экологических характеристик и зонировать водохранилище по пространственной неоднородности состава и количества фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, зооперифитона, макрофитов и рыб в сопоставлении с пространственно-временной неоднородностью морфометрических и гидрологических характеристик.

Период 2007-2009 гг. характеризовался для Верхней Оби в основном средней водностью, за исключением маловодного 2008 года. Анализ динамики среднемесячных коэффициентов водообмена за 2007-2009 гг. показывает, что незначительные отклонения от среднемноголетних значений наблюдались в мае (на 0,20 меньше) и в июне (на 0,22 больше). В остальные месяцы коэффициенты водообмена оставались близкими к среднемноголетним значениям. В связи с указанными гидрологическими характеристиками водохранилища, результаты исследований гидрохимического и гидробиологического режимов и оценки качества его воды в эти три года можно отнести к среднемноголетним показателям по его водному режиму.

На примере Новосибирского водохранилища была решена задача дистанционного оптического зондирования (ДОЗ) внутренних водоемов. Для расчета концентраций

хлорофилла, как маркера уровня развития фитопланктона, использована информация, полученная с помощью спектрометра MERIS/Envisat, имеющего 15 спектральных каналов с разрешением 300 м, с интерпретации MERIS-данных на основе двух алгоритмов, разработанных для озер бореального и эвтрофного типов, основанных на нейросетевых (НС) моделях с обратными связями.

Сравнение спутниковых данных с результатами натурных исследований на Новосибирском водохранилище выявило хорошее согласие результатов «эвтрофного» MERIS-моделирования (рис. 2.1.8) и измеренных концентраций в диапазоне 1-33 мг/м³ на отдельных участка водохранилища: Крутихинском мелководье в верховье (рис. 2.1.9), основной части акватории и подверженном эвтрофированию заливе р. Мильтюш. Доля объясненной вариации в уравнениях линейной и полиномиальной (второй степени) регрессии составила 73-95 %.

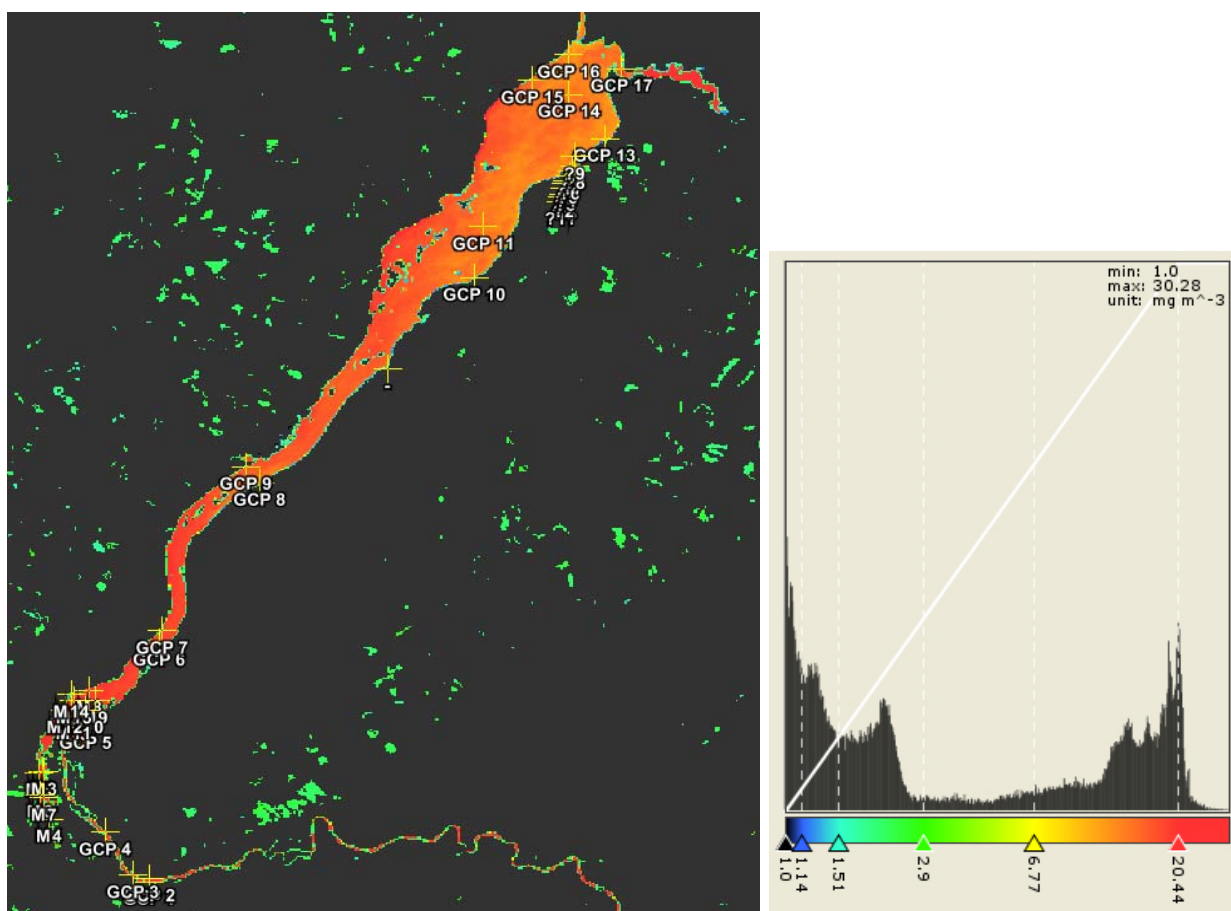


Рис. 2.1.8.. Результат «эвтрофного» MERIS-моделирования концентраций хлорофилла (данные от 08.08.08).

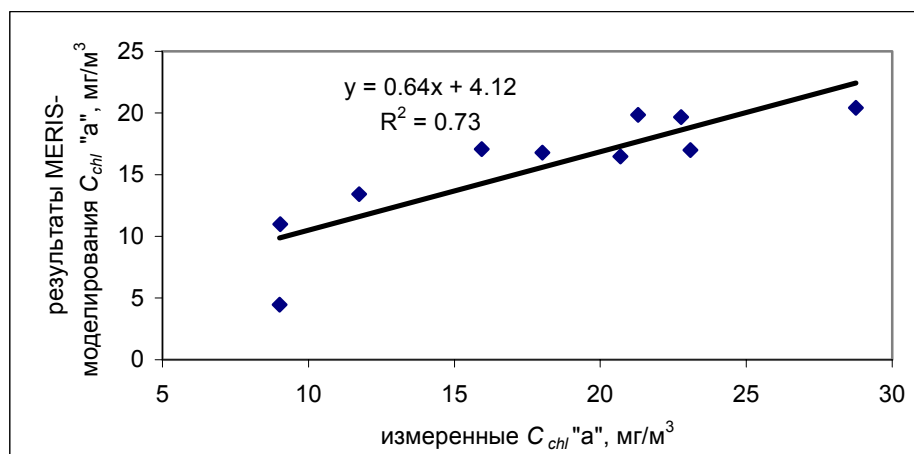


Рис. 2.1.9. Зависимость между полученными с использованием «эвтрофного» MERIS-моделирования и измеренными концентрациями хлорофилла на Крутихинском мелководье (июль-август 2008 г.).

Проведение исследований видового и ценотического разнообразия и продукционных характеристик макрофитов, а также особенностей зарастания Новосибирского водохранилища актуально в связи с необходимостью оценки влияния зарастающих зон водохранилища на качество воды и состояние его экосистемы.

По особенностям распределения глубин в водохранилище выделяют наиболее глубоководную приплотинную или озеровидную зону, верхнюю мелководную или речную зону и переходную от глубоководной к мелководной среднюю суженную зону.

По интенсивности зарастания Новосибирское водохранилище относится к слабо зарастающим водоемам. Основные ценозообразователи в растительных группировках - тростник южный, рогоз узколистный, болотноцветник щитолистный, рдесты – стеблеобъемлющий и блестящий.

По характеру зарастания на Новосибирском водохранилище можно выделить три типа участков: сплошного зарастания, фрагментарного зарастания и незарастающие участки.

Незарастающие участки преобладают как в средней, так и в нижней приплотинной зоне. Большие глубины и волнение в лимнионе препятствуют закреплению растительности. Растительность здесь встречается только в речных заливах – Бердском, Бурмистровском, Караканском и других.

Фрагментарное зарастание характерно для речных заливов, Ирменского плеса и верхней речной зоны. Вдоль берегов на мелководьях доминируют тростник южный, рогоз узколистный, в подводном ярусе – роголистник и рдесты стеблеобъемлющий и блестящий.

Сплошное зарастание встречается на некоторых участках верхней мелководной части водохранилища. Зарастаемость верхней части по предварительной оценке – не менее 30%. По типу зарастания он характеризуется диффузным сложением растительного покрова с макро- и микрозоачичным чередованием фитоценозов. Однако на общем фоне прослеживаются два основных типа микрокомбинаций сообществ макрофитов. Первый тип представляет собой следующий ряд ценозов, сменяющих друг друга по мере увеличения глубин: рогоз узколистный-болотноцветник щитолистный-рдест блестящий, второй – упрощенный ряд: сусак зонтичный-рдест стеблеобъемлющий

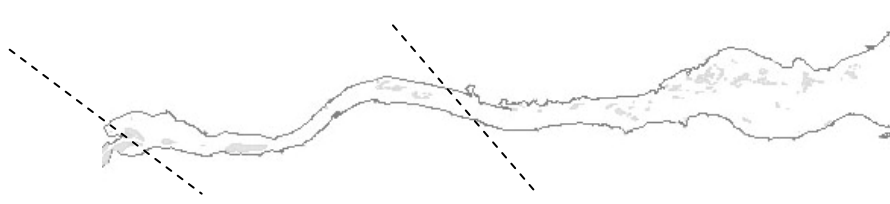
По сравнению с данными Л. В. Березиной (1976), за последние 35 лет произошло увеличение видового богатства водной флоры Новосибирского водохранилища с 22 до 36 видов, а ценотического богатства водной и прибрежно-водной растительности – с 12 до 44 синтаксонов ранга ассоциации. Однако доминантный состав водной и прибрежно-водной растительности сформировался за первые 10 лет существования водохранилища и с тех пор существенных изменений не претерпел.

Значения сапробного индекса на всех исследованных участках водохранилища находились в пределах 1,7-1,8, что позволяет отнести воду этих участков к классу мезо-сапробных умеренно загрязненных вод.

Качество воды р. Обь выше г. Камень-на-Оби и нижнего участка водохранилища (разрез с. Сосновка–с. Лениское) по реакции тест-культур протококковых водорослей сценедесмуса, низших ракообразных цериодафний и дафний нарушены. По реакции хлореллы в течение всего периода исследования вода середины разреза нижнего участка водохранилища и в 2007 г. вода р. Обь выше г. Камень-на-Оби и у с. Лениское классифицирована как «слаботоксичная», в остальных пунктах исследования – «нетоксичная».

Вода р. Обь выше г. Камень-на-Оби более токсична, по сравнению с водой нижнего участка водохранилища, что подтверждает гипотезу о роли внутриводоемных процессов в самоочищении воды водохранилища. Сравнение данных по биотестированию воды на водорослях сценедесмуса и биоиндикации по пигментным характеристикам фитопланктона (по хлорофиллу «а») показывает их согласованность, что может свидетельствовать о наличии одних и тех же факторов, оказывающих влияние на развитие водорослей в водоеме и стимулирующих рост клеток тест-культуры водорослей сценедесмуса в экспериментах.

Таблица 2.1.1. Особенности зарастания различных зон водохранилища



• Зо ны	• 1. Речная	• 2. Пере ходная	• 3. Озеро видная (прип лотинная)
• Пре облада ющие	• песок, серый ил	• заил енный песок	• серый ил

ун
ты
в
зо
не
ра
ст
ит
ел
ьн
ос
ти

- | | | | |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Характе р за раст ан ия
• Основн ые це но зо об ра зо ва те ли | <ul style="list-style-type: none">• Преобладае т фрагментар ное, на отдельных участках сплошное
• Сусак зонтичный• Тростник южный• Рогоз узколистны й• Рдест блестящий• Телорез алоэвидный | <ul style="list-style-type: none">• Не зарас тает, в речн ых зали ва – фраг мент арно е
• Трост ник южн ый• Рого з узко лист ный• Боло тноц ветн ик щито лист ный• Рдест блестящий• Рдест блестящий• Рдест стеб леоб ъемл ющи й | <ul style="list-style-type: none">• Не зарас тает, в речн ых зали в ах – фраг мента рное
• Трост ник южн ый• Рогоз узкол истн ый• Болот ноцве тник щито листн ый• Рдест блестящий• Рдест стебл еобье млю щий• |
|---|---|---|---|

- И
нд
ек
с
са
пр
об
но
ст
и
- 1,7-1,8
- Рого
лист
ник
погр
ужен
ный
- 1,7-
1,8
- 1,7

Водные вытяжки донных отложений р. Обь выше г. Камень-на-Оби менее токсичны, по сравнению с водными вытяжками донных отложений нижнего участка водохранилища, что может свидетельствовать об аккумуляции загрязняющих веществ в донных отложениях нижнего участка водохранилища. Результаты токсикологического анализа воды и водных вытяжек донных отложений согласуются с результатами гидрохимического анализа воды и с биоиндикацией по показателям зообентоса.

Блок 3. Оценить влияние основных гидрохимических факторов на формирование качества речных вод в районах крупных населенных пунктов

Для изучения распределения веществ между донными отложениями и водным потоком была разработана методика пробоотбора, включающая отбор проб донных отложений с помощью водолазной техники и проведение всех операций по отделению проб поровой воды и определению в ней pH и Eh в инертной атмосфере (атмосфера аргона).

Изучение распределения биогенных элементов в системе поровой раствор донных отложений – водный поток (на примере Верхней Оби и Новосибирского водохранилища) показало, что донные отложения, находящиеся в восстановительных условиях и в реке, и в водохранилище, являются мощным источником поступления биогенных элементов (NH_4^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- , Mn и Fe) в водную толщу. По сравнению с поровыми водами с окислительными условиями, в которых содержание биогенных элементов статистически значимо не отличается от их содержания в воде, поступление биогенных веществ в воду за сутки с площади донных отложений в 1 м^2 с восстановительными условиями может составить: 15 мг, 9 мг, 7 мг, 2,5 мг и 0,2 мг соответственно для NH_4^+ , Mn, NO_3^- , PO_4^{3-} , и Fe.

Блок 4. Оценить влияние ландшафтных условий на состав и структуру экосистем рек бассейна Телецкого озера

Выполнена типизация малых рек бассейна Телецкого озера по таксономической структуре макрофитов и макрозообентоса, количеству фитопланктона. Показано, что изменения таксономической структуры и уровня развития биоценозов обусловлены ландшафтно-географическими особенностями водосборов.

В реках с верхней частью водосбора в пределах древнеледниковых гольцово-альпийских высокогорий со значительным падением на всем протяжении

формируются ультраолиготрофные сообщества с преобладанием обитателей горных потоков – истинных химаробионтов (диабезин, глоссоматид и гептагениид) в бентосном населении. Численность фитопланктона в летний период в таких реках не превышает 50 мг/м³, концентрация хлорофилла «а» менее 1 мг/м³. Макрофиты представлены макроводорослями и водными мохообразными. Рыбы встречаются преимущественно в нижнем течении рек и представлены бореальным предгорным комплексом видов. К рекам данного типа относятся восточные притоки озера рр. Чири, Челюш, Кокши, Б. Корбу.

В реках с водосборной площадью, целиком расположенной в таежно-черневом низкогорье (высоты не более 1000 м), формируются альфа-олиготрофные сообщества с преобладанием эуритробионтов (ортокладиин и эфемереллид) в бентосном населении. Численность фитопланктона в реках данного типа повышается и достигает 100 мг/м³. Таксономический состав макрофитов схож с реками предыдущего типа и также представлен макроводорослями и водными мохообразными. К рекам данного типа относятся р. Чеченек и р. Ыдып.

Реки с верховьями водосборов в пределах горно-таежно-темнохвойного среднегорья характеризуются наличием заболоченных участков и незначительным падением высот. В них формируются бета-олиготрофные сообщества с преобладанием в бентосном населении ритро-потамобионтов (хириномин и брахицентрид). Численность фитопланктона летом может достигать 300 мг/м³, концентрация хлорофилла «а» составляет 1-3 мг/м³. В составе макрофитов преобладают макроводоросли и гидрофиты (Potamogetonetea) речных перекатов и стремнин. В ихтиоценозах наряду с бореальными предгорными появляются равнинные и арктические виды. К рекам данного типа относятся рр. Кыга, Камга, Колдор, Самыш, Ойор, Тевенек.

Телецкое озеро - глубоководный водоем тектонического происхождения, расположенный на юге Западной Сибири. Длина озера - 77,8 км, средняя ширина - 2,9 км, максимальная глубина – 323 м. Озеро характеризуется резким нарастанием глубин (исключение составляют северо-западное и южное мелководья), низкой температурой и небольшим уровнем минерализации воды. По морфометрическим признакам акваторию Телецкого озера принято подразделять на широтную и меридиональную части. Широтная часть, включающая в себя Камгинский залив и северо-западное мелководье, характеризуется илистыми и галечниковыми грунтами, наличием зарослей макрофитов. Меридиональная часть озера включает наиболее глубоководную зону и песчано-галечниковое южное мелководье. Глубоководная часть характеризуется резким увеличением глубин, илистым дном и скалистыми берегами. Литораль озера (участки с глубиной до 10 м) занимают 177,8 км² (7,8% площади дна), сублитораль (10-40 м) - 45,6 км² (18,8 %), профундаль (более 40 м) – 177,8 км² (73,4 %).

Анализ ретроспективных данных и результатов исследований зообентоса в летние периоды 1999-2004 гг. показал, что донную фауну Телецкого озера (381 таксон) в основном формируют виды, широко распространенные на севере Голарктики, доля эндемичных и Алтае-Саянских видов не превышает 3%. Максимальные значения таксономического разнообразия (356 таксонов), численности и биомассы беспозвоночных отмечены в литорали озера (0-10 м). В литорали Телецкого озера по количественным показателям доминируют представители сем. Chironomidae, кл. Oligochaeta, сем. Gammaridae и отр. Trichoptera. Распределение животных в литорали озера крайне неравномерно. Наибольшие средние значения численности и биомассы зообентоса наблюдаются в сформировавшихся зарослях макрофитов широтной части озера: 3,1 тыс. экз./м² и 12,8 г/м². Численность (2,0 тыс. экз./м²) и биомасса (2,8 г/м²) зообентоса незаросшей литорали широтной части были значительно ниже. На меридиональном участке литорали зообентос развит слабее – 1,7 тыс. экз./м² и 1,4 г/м², при этом на скалах и песчаных пляжах, подверженных сильному прибою, зообентос часто отсутствует. Количество зообентоса в сублиторали озера составляет 1,0 тыс. экз./м² и 2,7 г/м²;

доминируют виды из сем. Tubificidae и п/сем. Chironominae. С увеличением глубины в составе донного сообщества увеличивается доля малощетинковых червей, а разнообразие и количественные показатели понижаются. Минимальные значения численности и биомассы зообентоса (в среднем 0,6 тыс. экз./м² и 1,1 г/м²) отмечены в профундали озера; доминируют в этой зоне грунтоядные черви из сем. Tubificidae и сем. Nartotaxidae. Сезонное и пространственное распределение зообентоса наиболее выровнено в профундали озера, что обусловлено единообразием условий существования и специфическим глубоководным сообществом долгоживущих олигохет.

Общая масса зообентоса Телецкого озера, рассчитанная с использованием ГИС-технологий и с учетом относительной площади литорали, сублиторали и профундали, составила 360 т, из которых 73% образуют малощетинковые черви. Профундаль содержит 54% общей биомассы зообентоса, сублитораль – 34%, литораль – 12%.

Анализ пространственного распределения фито- и зооценозов озер и рек водосборного бассейна Телецкого озера, сравнение их состава и структуры с таковыми Телецкого озера показало отсутствие их прямой связи. Однако, нахождение в танатоценозах остатков диатомовых водорослей, в основном поступающих из притоков, дает основание для утверждения об информационной значимости диатомовых в донных отложениях для палеоэкологических реконструкций не только самого озера, но и его водосборного бассейна.

Использование сканирующего электронного микроскопа Hitachi 3400N при исследовании планктона Телецкого озера позволило уточнить и дополнить список таксономического состава диатомовых водорослей, в том числе, группы доминантов фитопланктона озера среди мелкоклеточных диатомовых водорослей. Установлено, что состав доминантов среди мелкоклеточных диатомовых водорослей более разнородный, чем это предполагалось ранее – четыре вида вместо двух (рис. 2.1.10). Впервые для озера обнаружен новый вид *Stephanodiscus macarovae*, который входит в эту группу доминантов фитопланктона.

Впервые были получены данные по составу и разнообразию стоматоцист (покоящиеся стадии) золотистых водорослей. Выделена 21 группа их морфотипов, что может свидетельствовать о более разнообразном составе золотистых водорослей в фитопланктоне озера (ранее для озера приводили 29 видов этого отдела). Уточнение данных по диатомовым и золотистым водорослям позволяет использовать их в дальнейшем при палеоиндикации и сравнивать информацию при расшифровке кернов донных отложений с таковой, известной для других глубоких озер мира, в первую очередь – для Байкала, где количество и качественный состав диатомовых водорослей и стоматоцист золотистых проанализировано в разных кернах и на разных глубинах. Выявленная неоднородность в составе мелкоклеточных доминантов фитопланктона Телецкого озера позволяет предположить, что экосистема этого олиготрофного озера находится в устойчивом состоянии. Этому способствует не только большой объем воды в озере, но и разнообразие видов-доминантов, которые имеют разные адаптивные реакции к условиям окружающей среды. Преобладание в фитопланктоне мелкоклеточных форм водорослей является свидетельством того, что экосистема озера имеет больше схожих черт с речной экосистемой, чем с озерной. Именно в речном фитопланктоне наблюдают большее развитие мелкоклеточных форм ввиду ускорения процессов оборота вещества и энергии, в отличие от озер, где развиваются крупные формы, как, например, в фитопланктоне Байкала доминантами планктона являются крупные диатомеи из рода *Aulacoseira*.

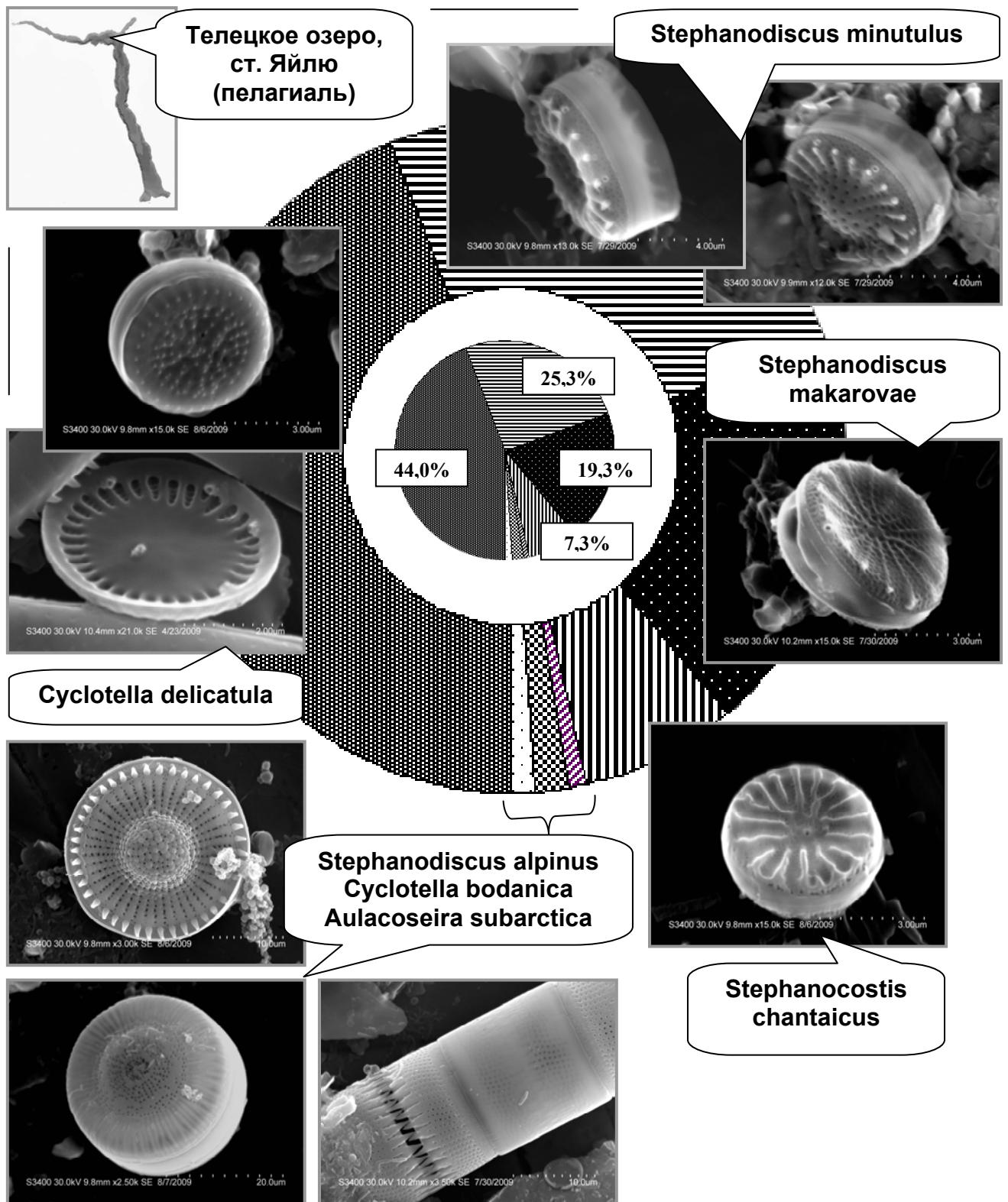


Рис. 2.1.10. Доля доминирующих видов центрических диатомовых водорослей в фитопланктоне Телецкого озера

Приоритетное направление 7.10. Физические и химические процессы в атмосфере и на поверхности Земли. Механизмы формирования и изменения климата, проблемы криосферы.

Программа 7.10.1. Интегрированные исследования природно-климатических изменений и связанных с ними рисков природопользования в Сибири (координатор чл.-к. РАН М.В. Кабанов).

Проект 7.10.1.4. Ландшафтно-водно-экологические исследования, оценка и прогноз рисков в природопользовании Сибири (научн. рук. д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров; отв. исп. д.ф.-м.н., проф. И.А. Суторихин, к.г.н., доц. И.Н. Ротанова).

Блок 1. Определить количественные характеристики сезонных вариаций распределения влаги в атмосфере над территорией Западной Сибири с использованием данных спутникового зондирования

На основании данных, полученных с Европейского спутника ENVISAT (прибор MERIS) в период с апреля 2008 по октябрь 2009 гг. были определены доли территории Западной Сибири ($52-72^\circ$ с.ш., $66-87^\circ$ в.д.), покрытой облаками и свободной от облаков. Усредненная по месяцам доля безоблачных узлов (среднегеометрические значения) представлена на рис. 2.1.11. Выявлена тенденция уменьшения балла облачности летом и увеличения зимой. Средняя доля безоблачных узлов изменяется от 0,05 в январе до 0,55 в июле.

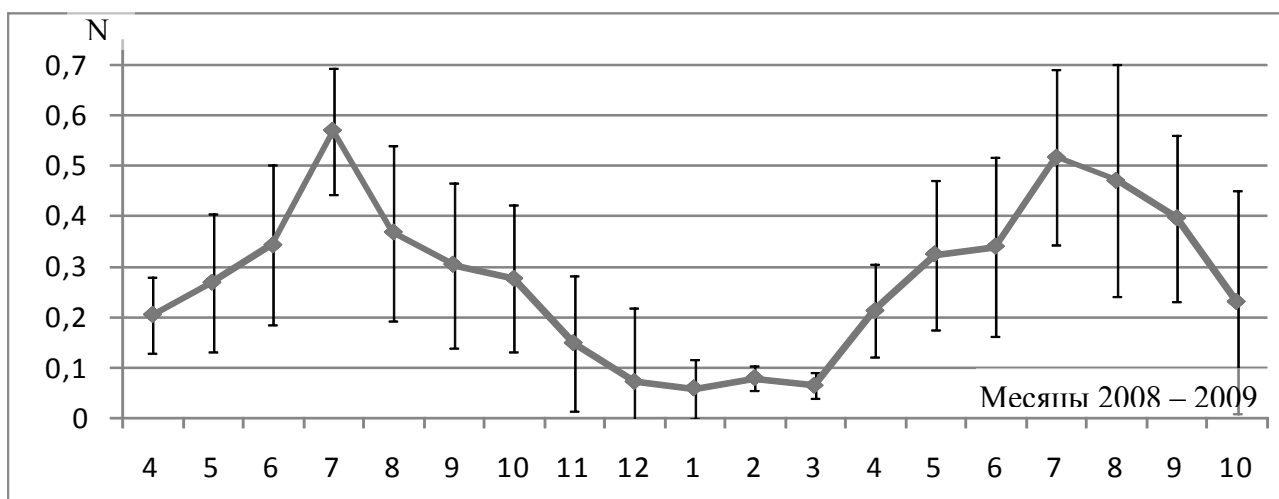


Рис. 2.1.11. Усредненная по месяцам доля территории Западной Сибири, не покрытая облаками

Количественно установлена годовая динамика содержания водяного пара в безоблачной атмосфере над Западной Сибирью (рис. 2.1.12). Хорошо выражен максимум в июле, когда содержание водяного пара в столбе воздуха составляет $\sim 48\text{г/м}^2$ и минимум в зимние месяцы, когда содержание водяного пара $\sim 2-3\text{г/м}^2$, что свидетельствует о существенном его вкладе в перенос влаги в безоблачной атмосфере в теплый период. В холодное время года вклад водяного пара в перенос влаги пренебрежимо мал: процесс преимущественно обусловлен динамикой облаков.

Исследование территориальных особенностей облачности над Западной Сибирью было проведено с условным разделением территории на северную и южную части по 62° с.ш. и на западную и восточную части по $76,5^\circ$ в.д. (рис. 2.1.13). Анализ спутниковых данных показал, что различия в оптических толщах облаков τ между западной и восточной частями незначительны, в то время как между северной и южной частями

наблюдаются отличия в осенний и весенний периоды: среднегеометрические оптические толщи облаков в апреле-мае для северной части превышают таковые для южной в 2 раза. В октябре это различие равно 1,5.

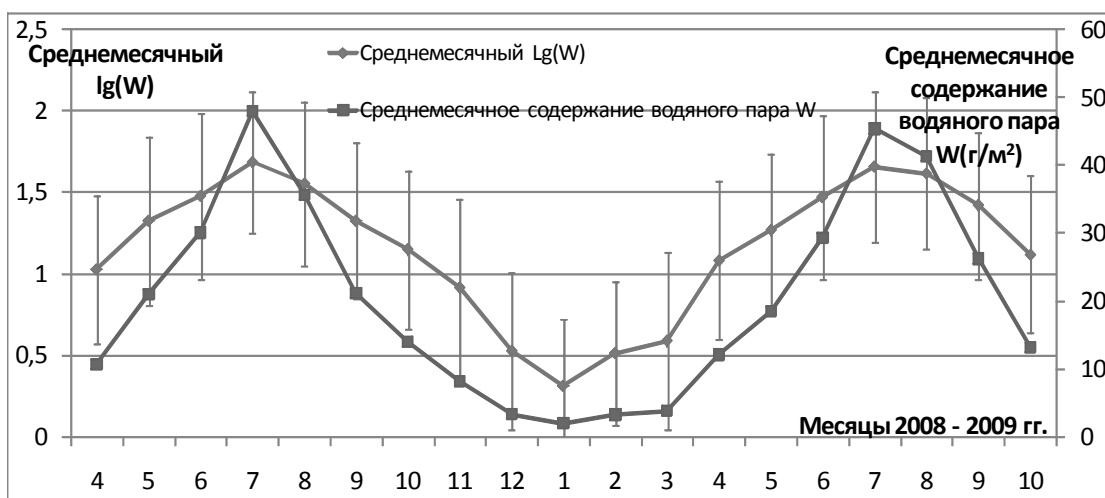


Рис. 2.1.12. Динамика содержания водяного пара (W , $г/м^2$) над Западной Сибирью



Рис. 2.1.13. Территория сканирования Западной Сибири, условно разбитая на северную и южную, западную и восточную части

Для облаков с преобладанием жидкокапельной фракции выполнен расчет содержания воды в столбе атмосферы LWP в $г/м^2$. На рисунке 2.1.14 приведены среднемесячные распределения LWP в июне – сентябре для 2008 и 2009 годов. Обнаружены 3 моды с логонормальными распределениями LWP в каждой из них. Максимумы мод приходятся на значения LWP 90, 180 и 350 $г/м^2$.

На основе экспериментальных данных, полученных с помощью ультразвукового метеорологического комплекса АМК-03 (АМК), для г. Барнаула Алтайского края выполнен расчет результирующих горизонтальных потоков влаги и их зональных и меридиональных составляющих (по методике ГГО) для различных сезонов за период январь-август 2009 г.

Установлено, что величина горизонтальных потоков влаги в течение каждого из рассмотренных сезонов может меняться на порядок (от 3 до 35 $г/м^2с$ в летний (рис. 2.1.15) и весенний сезоны и от 0,5 до 10 $г/м^2с$ в зимний) в зависимости от состояния атмосферы и синоптических процессов. В летний и весенний периоды величина горизонтальных потоков влаги в среднем в 4-6 раз больше, чем в зимний. Наибольшая изменчивость потоков влаги и их направления характерна для летнего сезона. В зимний сезон преобладают меридианальные потоки преимущественно южного направления. Величина

меридианальной компоненты в исследуемый период оказалась в 2-4 раза больше зональной.

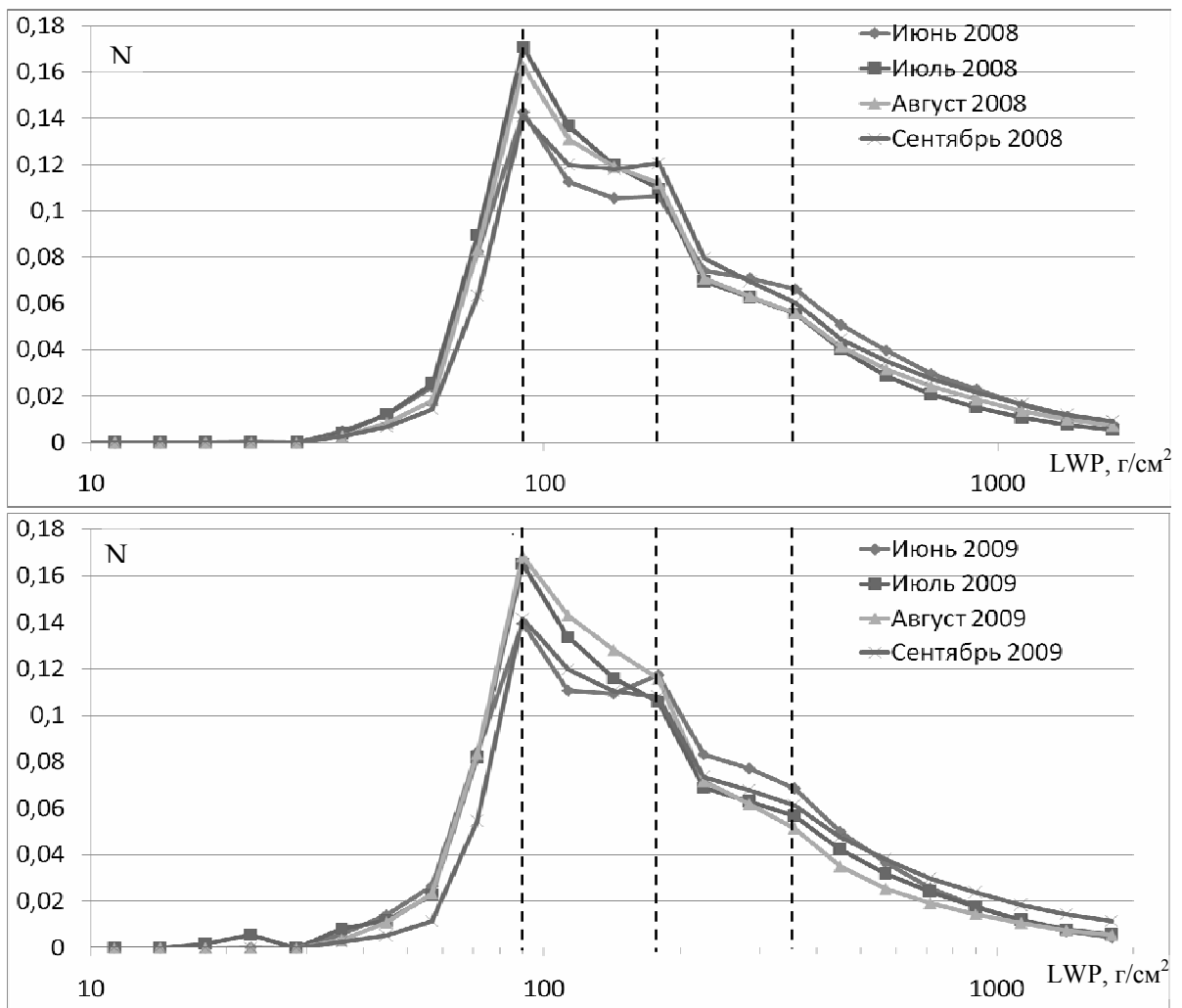


Рис. 2.1.14 Среднемесячные распределения влагосодержания облаков (LWP) над Западной Сибирью по числу случаев в теплые периоды 2008 .и 2009 гг. Пунктиром указаны максимумы мод

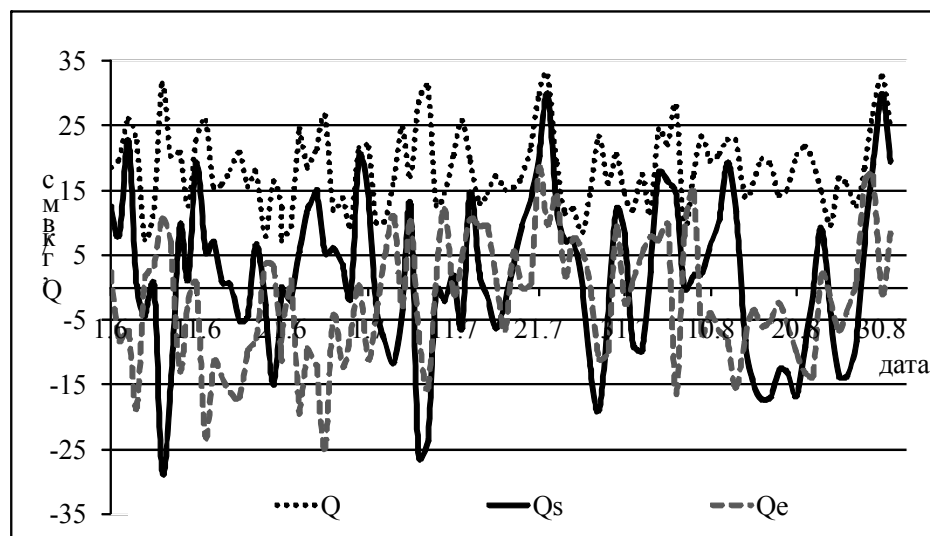
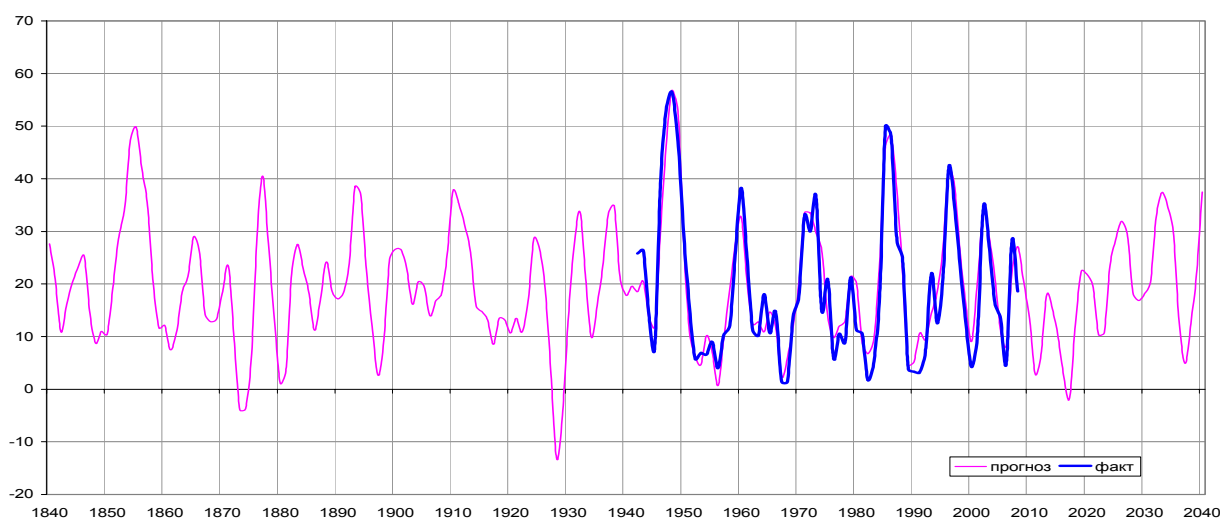


Рис. 2.1.15. Временной ход результирующего (Q) горизонтального потока влаги и его составляющих: зонального(Qe) и меридионального(Qs) в летний сезон

Блок 2. Оценить характеристики стока в бассейнах рек Верхней Оби с использованием ландшафтно-гидрологического подхода и моделей составляющих водного баланса

Бассейн реки Оми. В 2009 г. проведен анализ внутригодовых и межгодовых колебаний атмосферных осадков и теплообеспеченности по реперным метеостанциям Западной Сибири в сопоставлении с характеристиками сезонного и годового стока рек бассейнов Оби и Иртыша. Выполнен ряд сверхдолгосрочных прогнозов, используемых в водохозяйственной и аграрной отраслях. Пример прогнозирования водохозяйственной обстановки в малом бассейне р.Омь приведен на рисунке 2.1.16. Колебания расходов в этой модели выражаются суммами синусоид, которые показывают тенденции траекторий приливных волн над заданным бассейном. Максимумы синусоид соответствуют проявлению узлов и воронок приливных волн, циклональному характеру погоды и повышенному стоку, а минимумы синусоид связаны с гребнями приливных волн, антициклонами и дефицитом осадков.



Циклические компоненты модели в годах:

2,78	6,00	7,81	11,86	18,6	45,0
5,45	6,81	9,30	13,10	29,5	

Рис. 2.1.16. Модель среднегодовых расходов р. Омь у Куйбышева (1840-2040 гг.), м³/с

В структуре исходного гидрологического ряда выделяется серия циклических компонент. Каждой из этих компонент дается астрогеофизическое обоснование.

Аппроксимированные таким образом значения стока р. Оми за 1942-2008 годы экстраполированы в прошлое до 1840 года и в будущее на 2009-2040 годы. В ретроспективном «прогнозе» можно видеть падение расчетных расходов реки в область отрицательных значений, характеризующие исключительно засушливые условия и маловодья, особенно в середине 1920-х годов, что и отмечалось в действительности. Достоверность модели речного стока проверяется и по крупным всплескам увлажнения на юге Западной Сибири, отмеченным в исторических хрониках, вплоть до лет «великой смоки», то есть сильных осадков в середине 1850 годов.

Бассейн реки Бурлы. На основе ретроспективных материалов наблюдений за осадками, температурой воздуха и поверхностным стоком разработана имитационная модель расчета составляющих водного баланса бассейна реки Бурлы с учетом влияния

озер и займищ расположенных на водосборе. Проверка модели проводилась по наблюдениям в створе Бурла-Бурла (табл. 2.1.2)

Таблица 2.1.2. Фактический и рассчитанный слой стока по посту Бурла – Бурла, мм

Балансовый год	Водность	Y _{измеренный}	Y _{расчетный}
1954-55	Маловодный	0,057	0,0001
1955-56	Маловодный	0,036	0,0001
1956-57	Многоводный	17,54	16,50
1957-58	Средний	2,009	7,392
1958-59	Средний	1,596	2,023
1959-60	Многоводный	22,61	21,99

Измеренные значения поверхностного стока и параметры, полученные в результате расчетов, имеют высокую степень соответствия. Исключение составляет интервал 1957-1958 гг. Согласно оценке стока по створу Бурла-Бурла с помощью графика связи постов Хабары и Бурла, в 1957-1958 балансовом году сток должен достигать существенно больших значений. Так, средние месячные расходы воды по посту Бурла-Бурла в мае и июне 1958 г. должны быть не 2,09 и 1,14 м³/сек соответственно, а порядка 10 м³/сек. В этом случае наблюденный слой стока за 1957-58 балансовый год должен быть около 7 мм.

Разработанную модель можно использовать для прогноза поверхностного стока и оценки уровня стояния озер, как в естественном состоянии, так и с учетом водоподачи по стоящемуся Бурлинскому каналу.

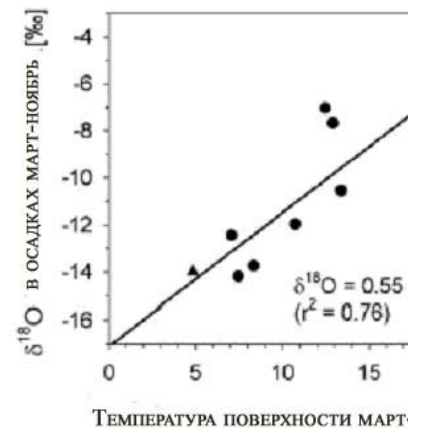
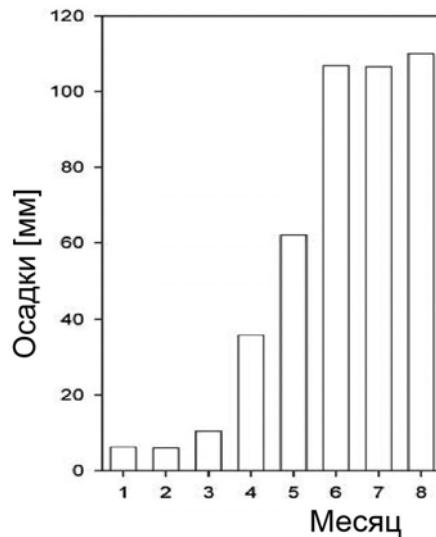
Блок 3. Провести гляциохимическое изучение фирновых кернов горно-ледниковых бассейнов Алтая для оценки климатических изменений

Реконструкция палеотемператур на Алтае по изменению $\delta^{18}\text{O}$ в ледовом керне седловины г. Белуха выполнена с привлечением данных, полученных в режиме реального времени по сети IAEA GNIP [IAEA/WMO, 2004; Rozanski et al., 1993]. Ежемесячные данные для 1990-х годов были получены в общей сложности для девяти станций Центральной Азии, (70° - 120° в.д. и 35° - 60° с.ш.), не испытывающих на себе значительного влияние муссонной циркуляции и позволяющих реконструировать $T_{\text{поверх}}$ (температура поверхности) по данным $\delta^{18}\text{O}$ в осадках [Araguás-Araguás et al., 1998; Tian et al., 2001, World Meteorological Organization, 2004].

По данным близ лежащей к ледниковому массиву Белуха метеостанции Ак-кем основное осадконакопление в леднике приходится на период с марта по ноябрь (рис. 2.1.17). Соотношения средних значений $\delta^{18}\text{O}$ в осадках и средних значений $T_{\text{поверх}}$ (с марта по ноябрь) по девяти станциям Центральной Азии сети IAEA GNIP представлены на рис. 2.1.18. Как видно из рисунка значения $\delta^{18}\text{O}$ хорошо коррелируют с $T_{\text{поверх}}$ и эта связь имеет вид: $\delta^{18}\text{O} = (0,55 \pm 0,26) T_{\text{поверх}} - (16,9 \pm 3,2) \text{‰}$.

Значение наклона $(0,55 \pm 0,26) \text{‰}/^{\circ}\text{C}$ хорошо согласуется с данными, полученными по результатам исследований в высокогорных районах Центральной Азии, например, на Тянь-Шане ($\delta^{18}\text{O} = (0.60 T_{\text{поверх}} - 5.6) \text{‰}$ [Aizen et al., 1996]), а также на большей части северного Тибета ($\delta^{18}\text{O} = (0.60 T_{\text{поверх}} - 12) \text{‰}$ [Yao and Thompson, 1992; Lin et al., 1995]). Поэтому значение наклона, равное $(0,55 \pm 0,26) \text{‰}/^{\circ}\text{C}$, целесообразно использовать для определения температурных отклонений по данным $\delta^{18}\text{O}$ в ледовом керне седловины г. Белуха.

Глобальная формула [Кренке, Ходаков, 1966] с уточнением [Кренке, 1982]: $A=1,33(T_{\text{лет}}+9,66)^{2,85}$ [Кренке, 1982], где A – таяние на высоте границы питания (абляция), $T_{\text{лет}}$ – средняя многолетняя температура воздуха за летний период на высоте границы питания, была использована для проверки правильности расчета средних летних температур на ледниковой поверхности с учетом среднего многолетнего таяния на высоте фирновой границы (граница питания ледников Алтая).



• Рис. 2.1.17. Среднемесячное количество осадков за 1990-2000 гг. по метеостанции Ак-Кем (близлежащая к г. Белуха)

• Рис. 2.1.18. Соотношения средних значений $\delta^{18}\text{O}$ в осадках и средних значений $T_{\text{поверх}}$ по данным станций Центральной Азии

В результате был построен профиль изменений $\delta^{18}\text{O}$ в ледовом керне седловины г. Белуха (рис. 2.1.19), характеризующийся последовательными высокочастотными изменениями, отражающими сезонные колебания температуры. Реконструкции температуры по линии регрессии $0,55 \pm 0,26\text{‰}/^\circ\text{C}$ позволяет нанести шкалу отклонений температуры (правая шкала). Нулевое значение установлено в соответствии со средним значением $\delta^{18}\text{O}$ в керне ледника равным $13,1\text{‰}$.

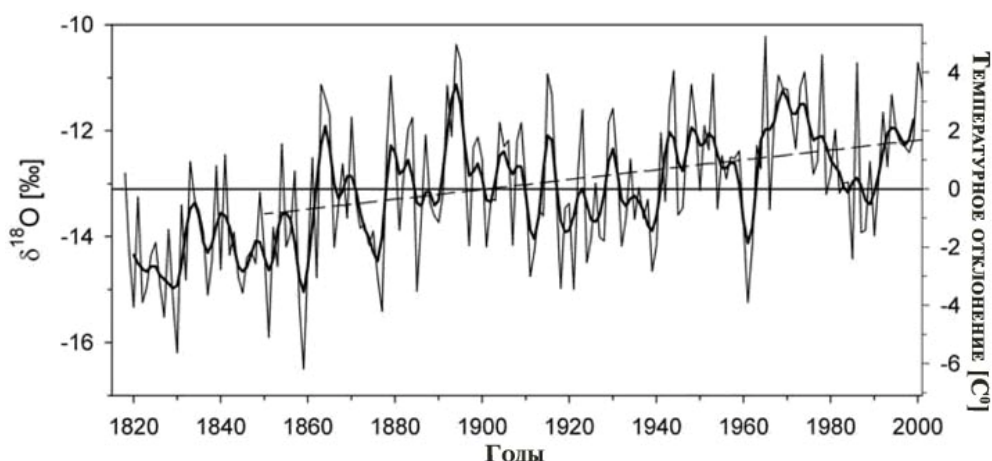


Рис. 2.1.19. Профиль изменения значений $\delta^{18}\text{O}$ (март-ноябрь) (тонкая линия) и усредненных за пять лет (толстая линия) в керне ледника Белуха. Прерывистая линия – линия тренда. Шкала температурного отклонения (справа) принята из расчета, что наклон $\delta^{18}\text{O}-T_{\text{поверх}}$ составляет $0,55\text{‰}/^\circ\text{C}$, за ноль принято значение $\delta^{18}\text{O}$, равное $-13,1\text{‰}$

В целом, профиль показывает первоначальный 40-летний период относительно холодных температур до середины 19 века, и резкое потепление с 1860-х гг. до настоящего времени. Линейный тренд восстановленных палеотемператур по $\delta^{18}\text{O}$ показывает устойчивое потепление на Алтае на $2,5 \pm 1,7 \text{ }^\circ\text{C}$ за последние 150 лет и на $1,6 \pm 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ за последнее столетие. Это значительно выше среднего значения, полученного за последнее столетие для Северного полушария $0,6 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ [МГЭИК, 2007].

Блок 4. Оценить влияние биогеохимических параметров наземных экосистем на сопряжённые водные объекты

Выявлено локальное загрязнение почв, растений, донных отложений и поверхностных вод горно-долинных ландшафтов Алтая (бассейны рек Катунь, Бия, Чарыш, Сема, Песчаная, оз. Телецкое) хлорорганическими пестицидами (ХОП) (рис. 2.1.20).

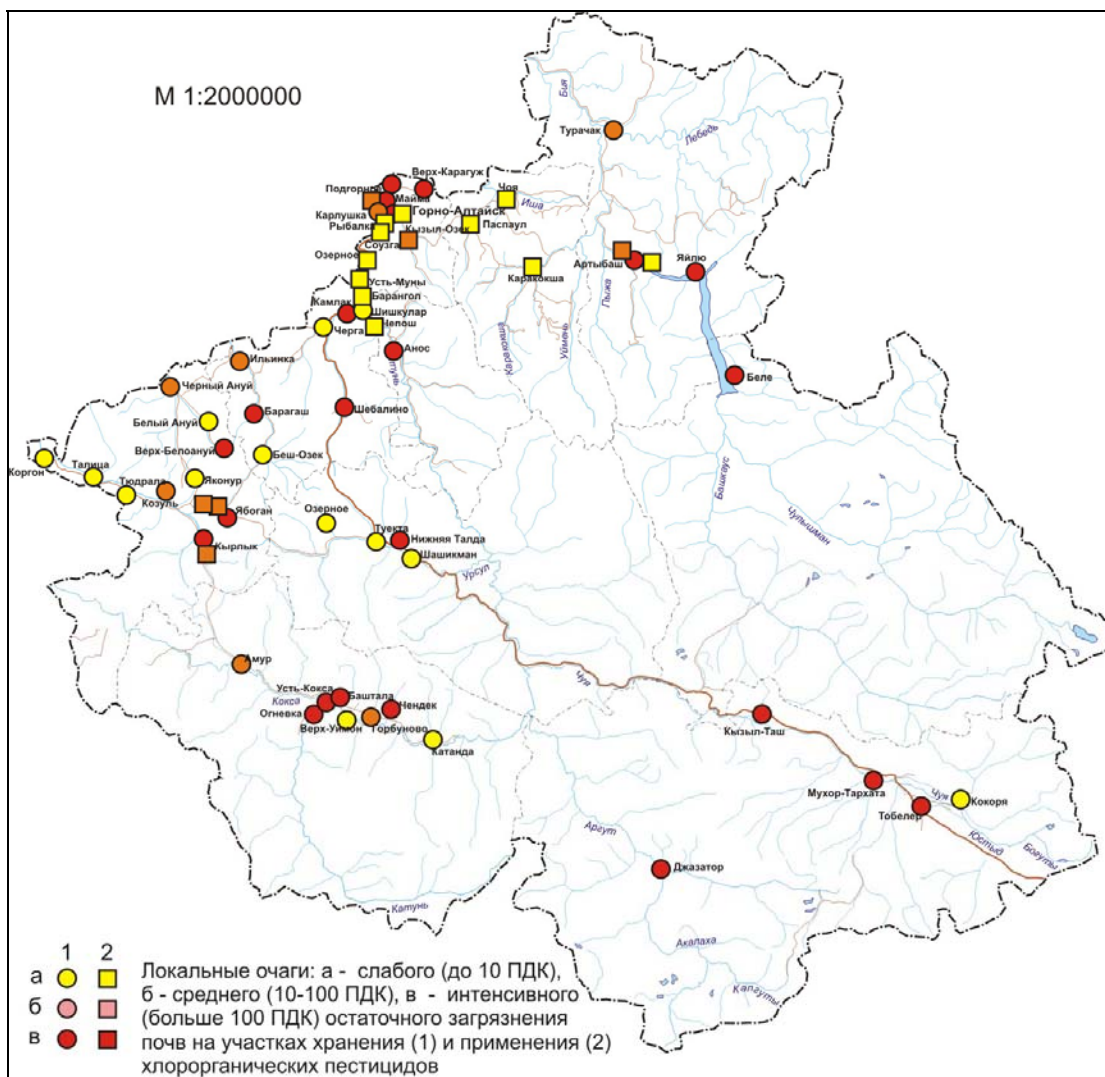


Рис. 2.1.20. Картосхема загрязнения ХОП территории Алтая

Максимальное содержание ДДТ обнаружено в почвах и растениях биогеоценозов, геохимически связанных с Телецким озером (13687 и 838 мг/кг соответственно). Высокий уровень концентрации ДДТ найден в донных отложениях Телецкого озера, что обусловлено миграцией хлорорганических пестицидов из загрязнённых почв в сопряжённые компоненты аквальных ландшафтов. Уровень содержания ДДТ в растениях тесно связан с его содержанием в почвах (рис. 2.1.21).

Промывной режим горно-лесных бурых почв обуславливает ярко выраженную внутривертикальную миграцию ДДТ (до 2,5 м). Латеральная миграция привела к увеличению площади загрязнения, имеющей эллипсовидную форму. По убыванию уровня загрязнения ДДТ компоненты ландшафтов представлены в следующий ряд: почвы – почвообразующие породы – растения – донные отложения – поверхностные воды – грунтовые воды.

Почвенный покров в прибрежной 500 м зоне Телецкого озера представляет линейный очаг загрязнения и является серьезным фактором риска при рекреационном освоении.



Рис. 2.1.21. Распределение ДДТ в сопряженных пробах почв и растений загрязненных экосистем

Предложена и апробирована схема мониторинга горных экосистем с аномальным уровнем загрязнения ХОП.

Установлено, что наибольшая часть металлов в реках Алтая транспортируется со взвешенным веществом воды, что позволяет предположить смыв материала с почв водосборов основным источником поступления этих элементов в реки провинций. Поскольку речные взвеси формируются за счет тонких продуктов денудации почвенного покрова, более значимый вклад в поступление взвешенных форм металлов в поверхностные воды вносят более зрелые, подверженные эрозии, сформированные почвы с высоким содержанием вторичных глинистых минералов, органического вещества, выветрелого переработанного материала (водосборы западных притоков оз. Телецкое), чем примитивные грубодисперсные литогенные почвенные образования (водосборы восточных притоков оз. Телецкое, начинающихся на гольцах с большими абсолютными высотами (2020-2500 м), имеющих преимущественно ледниковое питание) (рис. 2.1.22).

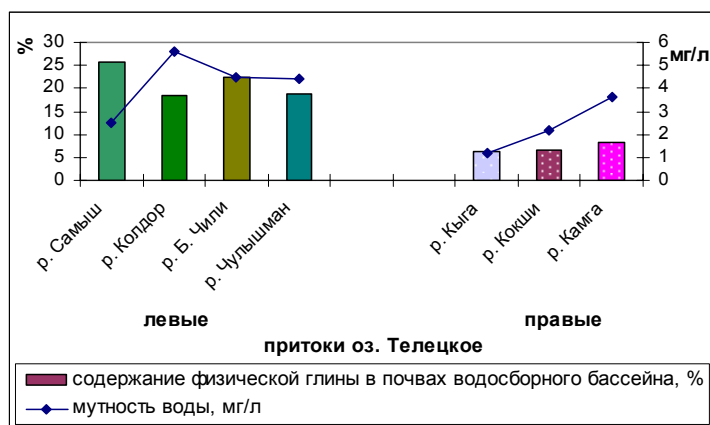


Рис. 2.1.22. Содержание физической глины в почвах водосборных бассейнов лево- и правобережных притоков оз. Телецкое и мутность их вод

Наиболее активное выветривание горных пород, более интенсивное преобразование первичных и образование вторичных (глинистых) минералов и гуминовых кислот происходит в почвах левобережных водосборных бассейнов притоков Телецкого озера. Поэтому твердый сток элементов (доля их взвешенных форм от общего содержания) здесь существенно выше, чем доля взвешенных форм металлов в водах восточных притоков (для Cd, Cr, Cu, Fe, Mn – достоверно) (рис. 2.1.23).

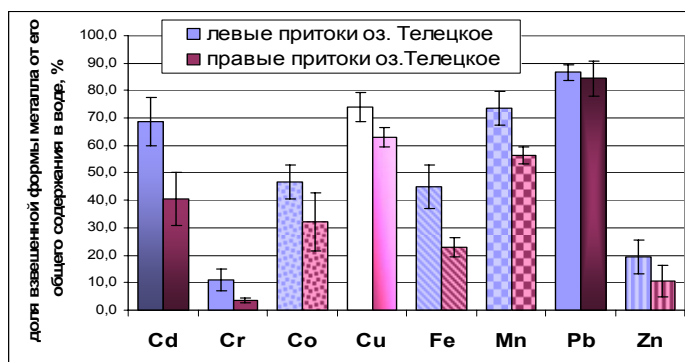


Рис. 2.1.23. Доля взвешенной формы металлов от их общего содержания в водах притоков оз. Телецкое

Выявлено, что буферная способность почв и закрепление типоморфных элементов на сорбционном барьере играют более существенную роль в формировании химического состава поверхностных вод Северо-Восточного и Восточного Алтая, чем в целом ландшафтно-геохимическая обстановка территории. Так, почвы левобережной части бассейна оз. Телецкое – зрелые, горно-лесные в сочетании с заболоченными –

обладают бóльшим запасом водорастворимого железа (1564 ± 387 мкг/л), чем каменистые слаборазвитые почвы истоков правобережных притоков (997 ± 257 мкг/л). Однако, в силу большей сорбционной способности первых, железо прочно фиксируется в составе микроагрегатов и мигрирует преимущественно в форме взвеси, а не в форме растворимых соединений. Более высокой степенью выщелачиваемости железа характеризуются почвы водосборных бассейнов правобережья, сформированные на крутых склонах – низкое содержание сорбирующих веществ в них благоприятствует выносу растворимых форм элементов.

Оценка вклада почвенного стока в формирование состава поверхностных вод.

Предложена методика, позволяющая оценить вклад почвенного стока в формирование микроэлементного состава воды Телецкого озера на основе данных по содержанию водорастворимой формы тяжелых металлов в почвах, количеству атмосферных осадков и величины площади водосбора. Выявлено, что поступление тяжелых металлов из почв водосбора за период активных биогеохимических процессов (апрель-октябрь) сопоставимо с их выносом за этот же период со стоком реки Бии (табл. 2.1.3).

Таблица 2.1.3. Поступление тяжелых металлов в водорастворимой форме в Телецкое озеро из почв водосборного бассейна за период активных биогеохимических процессов и вынос из озера, кг

Элемент	Поступление	Вынос со стоком р. Бии	Элемент	Поступление	Вынос со стоком р. Бии
Cd	$9,17 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^2$	Mn	$7,7 \cdot 10^5$	$5,6 \cdot 10^5$
Cr	$1,68 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^4$	Ni	$5,9 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^5$
Co	$2,2 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	Pb	$1,1 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$
Cu	$5,3 \cdot 10^3$	$5,6 \cdot 10^3$	Zn	$2,6 \cdot 10^4$	$5,6 \cdot 10^3$
Fe	$1,1 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^7$	V	$5,8 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^3$

^{137}Cs в высокогорных почвах Северо-Западного Алтая. Выявлены закономерности внутрипрофильного и пространственного распределения ^{137}Cs в высокогорных почвах Северо-Западного Алтая (рис. 2.1.24).

В профиле исследованных почв, несмотря на условия промывного режима, ненасыщенности поглощающего комплекса и слабокислой реакции почвенного раствора, основное количество ^{137}Cs обнаружено в верхнем дерновом горизонте (0-10 см), и лишь незначительно нуклид мигрирует по толще почвенного профиля. В горно-тундровых почвах высокогорий, формирующихся в условиях переувлажнения и недостатка тепла, выявлены аномальные концентрации ^{137}Cs (106-323 Бк/кг), превышающие в несколько раз фоновые значения. Ведущими факторами, контролирующими поведение ^{137}Cs в профиле, являются физико-химические свойства почв, тип почвообразования и положение почвы в геохимическом ландшафте.

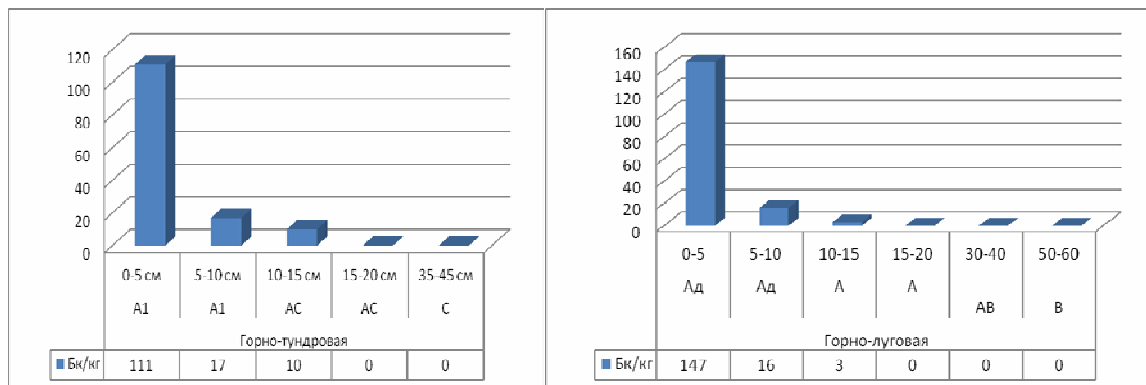


Рис. 2.1.24. Внутрипрофильное распределение ^{137}Cs в почвах

Распределение плотности загрязнения радионуклида в ненарушенном почвенном покрове исследованного региона неравномерное, что обусловлено пестротой исходного выпадения осадков и последующим перераспределением ^{137}Cs в ландшафтно-геохимических системах.

Исследование влияния добычи золота на загрязнение поверхностных и подземных вод. Выявлено отсутствие влияния открытого способа разработки золотоносных кор выветривания месторождения Мурзинское-1 и комплекса кучного выщелачивания золота (Северо-Западный Алтай) на уровень содержания сопутствующих элементов (Hg, Pb, Co, Zn, Mn, Fe, Cu) в поверхностных и подземных водах.

Локальное загрязнение вод, аккумулирующихся в ложе карьера, наблюдается в весенне-летний период. Так, содержание тяжелых металлов (мкг/л) достигает: Ni – 22; Co – 40; Cu – 330; Zn – 220; Mn – 2570, что превышает уровень концентрации рассматриваемых элементов в поверхностных водах незагрязненных степных экосистем.

Наиболее активно эрозионные процессы проявляются во время активного таяния снега, что обуславливает поступление в сопряженные с карьером водотоки тонкодисперсных фракций, обогащенных тяжелыми металлами.

Анализ концентрации тяжелых металлов в р. Ложенке, дренирующей водосборную поверхность Мурзинского карьера, месторождения и комплекса кучного выщелачивания золота, не выявил содержаний, превышающих санитарно-гигиенические нормативы (за исключением марганца и железа) (табл. 2.1.4).

Возможно, дальнейшая эксплуатация карьера и выемка значительных объемов коры выветривания, откачка карьерных вод могут привести к существенному загрязнению тяжелыми металлами вод сопряженных с карьером водотоков.

Разработка карьера до глубины 30-40 м не привела к нарушению водоносных горизонтов, из которых происходит разгрузка уникальных золото- и серебросодержащих родниковых вод (Лисицинский ключ, с. Акимовка) (табл. 2.1.5).

Подземные воды техногенных ландшафтов (наблюдательные скважины) в значительной мере загрязнены марганцем, железом и цинком, что обусловлено, прежде всего, приуроченностью рассматриваемых водоносных горизонтов к природной геохимической провинции и вряд ли связано с функционированием карьера.

Таблица 2.1.4. Концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах (р. Ложенка, бассейн Чарыша), сопряженных с Мурзинским карьером, мкг/л

Дата отбора	Hg	Pb	Co	Zn	Mn	Fe	Cu
10.2008	0,033	1,6	<1	7	139	688	15
04.2009	<0,02	<1	<1	<3	14	306	<1
05.2009	<0,02	<1	7	<3	19	220	<1
06.2009	<0,02	3	<1	7,7	133	620	<1
07.2009	0,05	2,7	<1	9,0	172	650	11
08.2009	<0,02	<1	<1	<3	80	84	<5
09.2009	<0,02	<1	<1	<3	24	110	<1
10.2009	<0,02	<1	<1	<3	64	180	<1
Северный Алтай [1]		0,8	0,1	23	2,8	239	2,4
Северо-Восточный Алтай [1]		0,5	0,2	16	2,7	255	1,1
р. Обь, Томская область [2]		900		43,7	71,1	370	2,3
ПДК	0,5	30	100	1000	100	300	1000

Таблица 2.1.5. Концентрации тяжелых металлов в подземных водах (Лисицинский ключ) фоновых степных ландшафтов сопредельной территории с Мурзинским карьером, мкг/л

Дата отбора	Hg	Pb	Co	Zn	Mn	Fe	Cu
10.2008	<0,02	<1	<1	<1	<3	37	<1
11.2008	<0,02	<1	27	<1	<3	33	<1
12.2008	<0,02	<1	<1	<1	17	122	<1
01.2009	<0,02	<1	<1	<1	<3	<3	<1
02.2009	<0,02	<1	<1	5	<3	<3	<1
03.2009	<0,02	<1	<1	3	<3	<3	<1
04.2009	<0,02	<1	<1	<1	<3	<3	<1
05.2009	<0,02	<1	<1	<1	<3	33	<1
06.2009	<0,02	<1	<1	2,7	<3	54	<1
07.2009	<0,02	<1	<1	<1	<3	11	<1
08.2009	<0,02	<1	<1	<1	<3	<3	<1
09.2009	<0,02	<1	<1	<1	<3	<3	<1
10.2009	<0,02	<1	<1	<1	<3	<3	<1
Среднее содержание в подземных водах, мкг/л [3]	<0,0007	0,002	0,0006	0,028	0,0317	0,482	0,0048

Блок 5. Выполнить ландшафтно-картографический анализ пространственно-временного распределения элементов влагооборота, водно-ресурсной и водно-экологической обстановки

В условиях недостаточной гидрометеорологической, тепло- и воднобалансовой изученности Западной Сибири количественная оценка элементов влаго- и теплообмена в системе «атмосфера-подстилающая поверхность» может быть реализована на основе использования ландшафтно-картографического анализа с применением ГИС-технологий с привлечением стандартной гидрометеорологической информации Росгидромета и материалов, характеризующих особенности строения земной поверхности.

Для реализации данного тезиса проведено картографическое моделирование пространственно-временного распределения элементов влагооборота в бассейнах притоков первого порядка Обь-Иртышского бассейна. Используются среднесезонные данные 238 гидрометеостанций. Определены интервалы шкал показателей водного баланса для наиболее информативного отражения различий значений в бассейнах рек: для общего увлажнения (K_x) и испарения (Z) – 20 мм, для максимально возможного испарения (Z_m) и стока (Y) – 30 мм. Это позволяет анализировать распределение показателей в корреляции с природными комплексами регионального и топологического уровней.

Получено внутриводосборное распределение водно-балансовых показателей для притоков первого порядка. Определены амплитуды колебаний показателей водного баланса в бассейнах. Построены поля гидрометрического стока, что позволяет определять путем интерполяции значения стока в малоизученных бассейнах. Выявлены и проанализированы особенности распределения показателей водного баланса в бассейнах притоков Оби и на провинциальном уровне.

Ландшафтно-картографический анализ распределения элементов влагооборота проведен по 86 речным бассейнам Западной Сибири, большая часть из которых расположена в таежной, лесотундровой и тундровой зонах, где сеть метеостанций разрежена, а территория малоизученна. Максимальный временной ряд метеоданных ограничивается 1881 г., на большинстве метеостанций – в пределах 50 лет.

Преимущественно равнинный характер рельефа Западной Сибири обуславливает выраженное широтное распределение годовых сумм атмосферных осадков (рис. 2.1.25) составляющих 310-320 мм/год в южных степных районах Алтайского края, возрастая до 650-680 мм/год на южных склонах Сибирских увалов и уменьшаясь до 510-550 мм/год – в лесотундровой и тундровой зонах (рис. 2.1.26).

Установлено также, что южнее 59° с. ш. в междуречье Оби и Иртыша годовые суммы KX зависят от высоты местности. При этом плювиометрические градиенты KX изменяются от 26 до 42 мм/100м высоты.

Общее представление о временной изменчивости годовых сумм атмосферных осадков на исследуемой территории получено с помощью интегрально-разностных кривых, составленных для метеостанций с длинными рядами наблюдений.

Внутригодовое распределение KX на всей исследуемой территории в целом достаточно однообразно. Максимум месячных сумм осадков практически повсеместно приходится на июль, минимум – на февраль.

Влияние строения деятельной поверхности участка суши или речного бассейна на величину и территориальное распределение наиболее заметно в зимний период, что подтверждает величина запасов воды в снежном покрове в поле и в лесу. Анализ материалов наблюдений Росгидромета показал: средние из максимальных запасов воды в

снеге в лесу в среднем в 1,5 раза выше таковых в поле. При этом выражен зональный характер.

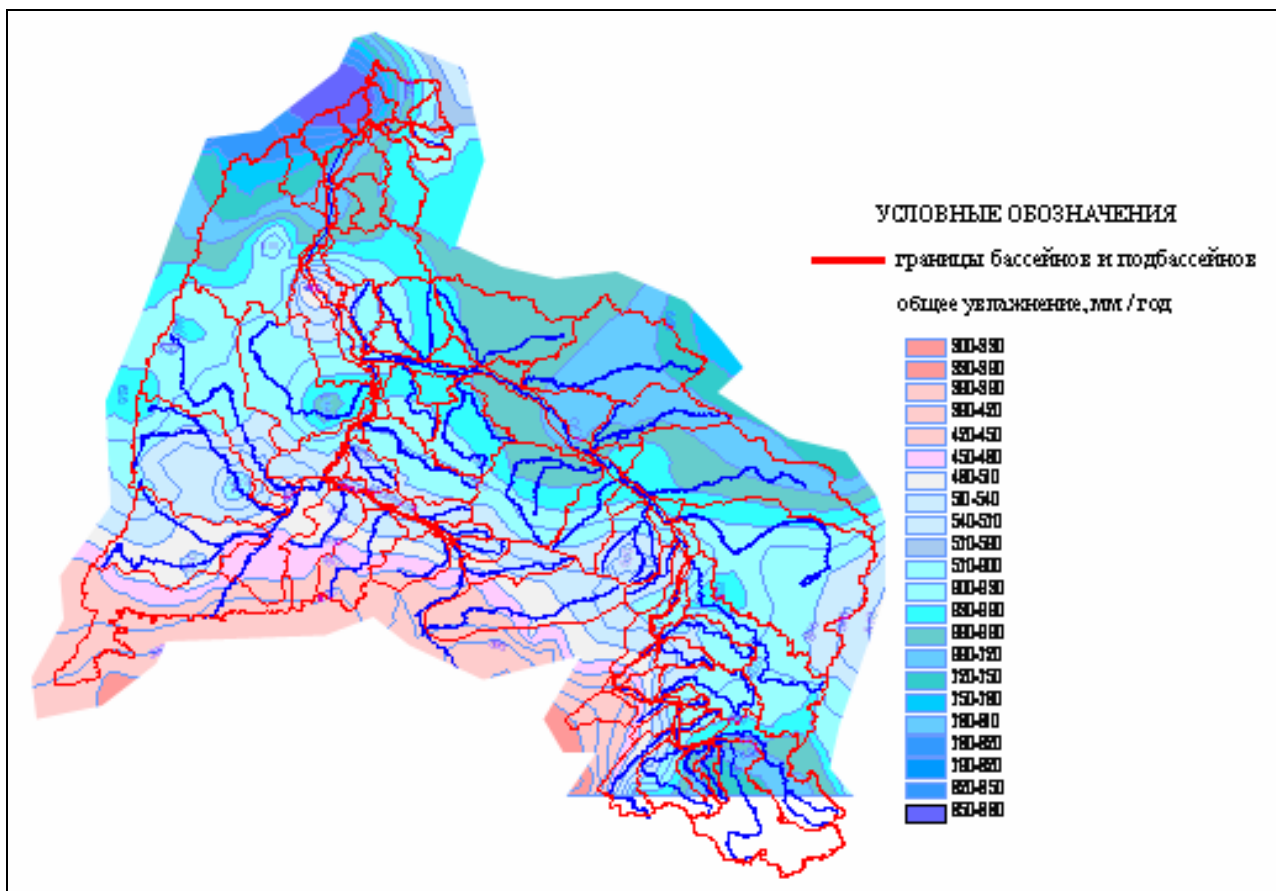


Рис. 2.1.25. Внутрибассейновое распределение величины общего увлажнения на территории Западной Сибири

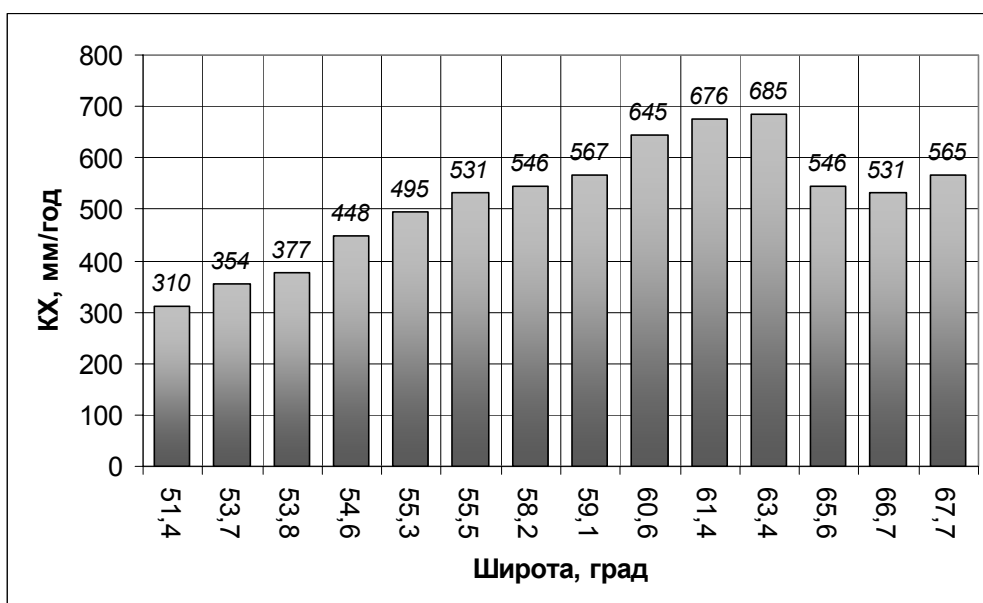


Рис. 2.1.26. Изменение годовых сумм осадков КХ по широте

Указанные различия связаны с ветровым переносом снега, и, как показали исследования, перенос снега и его трансформация происходят (могут произойти) при скорости ветра $\geq 2,41$ м/с. При сформировавшемся на территории Западной Сибири

ветровом режиме наибольшие значения коэффициента трансформации снежного покрова на открытых участках характерны степным и лесостепным районам, а также тундровой и лесотундровой зонам.

Таким образом, величина и пространственно-временные особенности формирования ресурсов влаги на изучаемой территории определяются, главным образом, внутриконтинентальным положением региона и равнинным характером его рельефа. В целом на исследуемой территории происходит возрастание годовых сумм осадков с юга на север и с запада на восток соответственно на 14,1 и 3,8 мм/год/град.

Анализ различий условий и особенностей формирования стока в бассейнах (условия увлажнения, высота местности и уклон речного бассейна), расположенных в разных природно-климатических условиях, показал, что преимущественно равнинный характер поверхности речных бассейнов не позволяет найти сколько-нибудь надежные связи увлажнения с высотой и уклоном.

Для горных речных бассейнов сопредельных территорий (Урал, Кузнецкий Алатау) влияние особенностей строения речного бассейна на формирование стока более очевидно. Для группы избыточно увлажненных бассейнов установлена тенденция уменьшения параметра с высотой. Генетически это связано, вероятно, с большим увлажнением бассейна при меньших потерях влаги на начальной стадии формирования стока.

Достоверность полученных результатов оценивалась сравнением рассчитанных и измеренных значений стока речных бассейнов.

Результаты анализа распределения элементов влагооборота по речным бассейнам создали предпосылки как для установления локальных (речные бассейны), так и зональных особенностей формирования структуры влагооборота в разных природно-климатических зонах исследуемой территории. Зональные особенности формирования структуры влагооборота иллюстрируются составленными на их основе картами изолиний коэффициентов испарения.

Территориальное распределение и величина испарения и стока является следствием интегрального взаимодействия и трансформации ресурсов влаги и тепла в процессе теплообмена в системе «деятельная поверхность-приземный слой атмосферы». Выраженный широтный характер распределения изолиний соответствуют аналогичным особенностям распределения ресурсов влаги и тепла.

Обусловленность структуры влагооборота преимущественно климатическим звеном подтверждается также и рассмотрением относительных величин влагооборота на речных бассейнах, расположенных в разных природно-климатических зонах. В частности, на избыточно увлажненных речных бассейнах, расположенных в таежной и лесотундровой зонах, коэффициенты стока существенно выше, а коэффициенты испарения соответственно меньше. Наоборот, на речных бассейнах, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, коэффициенты испарения существенно выше и максимальны на водосборах степной зоны (р. Кулунда).

Воднобалансовые расчеты за конкретные годы и последующий анализ показали, что амплитуда колебаний годовых сумм испарения в разных природных зонах изменяется в значительных пределах, а отличия экстремальных значений испарения от их средних годовых сумм составляют от 100 до 160 мм/год. Таким образом, временная изменчивость годовых сумм суммарного испарения минимальна в зоне достаточного увлажнения и максимальна в зонах весьма избыточного и весьма недостаточного увлажнения.

Детальное исследование взаимообусловленности временной изменчивости иных элементов влагооборота – предмет дальнейших и более детальных исследований.

Приоритетное направление 7.10. Физические и химические процессы в атмосфере и на поверхности Земли. Механизмы формирования и изменения климата, проблемы криосферы.

Программа 7.10.1. Интегрированные исследования природно-климатических изменений и связанных с ними рисков природопользования в Сибири (координатор чл.-к. РАН М.В. Кабанов).

Проект 7.10.1.5. Региональное природопользование в Сибири с учетом ландшафтной дифференциации территории и экологических ограничений (научн. рук. д.б.н., проф. А.В. Пузанов, д.г.н., доц. Б.А. Красноярова).

Блок 1. Создать ландшафтно-индикационный банк данных на провинциально-зональном уровне дифференциации Западной Сибири для управления природопользованием

Создан ландшафтно-индикационный банк данных, характеризующий природные условия физико-географических провинций степной и лесостепной зональных областей юга Западной Сибири, основанный на анализе опубликованных текстовых и картографических материалов, данных климатических ежегодников и материалов собственных полевых исследований. Основные фрагменты ландшафтно-индикационных таблиц приведены для Тобол-Убаганской степной провинции (табл. 2.1.6-8).

Провинциальный уровень ландшафтного анализа природопользования в горах не достаточен. В этой связи решены следующие задачи:

- Предложен алгоритм выделения субрегиональных (внутри провинциальных) природно-хозяйственных систем (ПХС) в горных территориях. Алгоритм основан на выявлении характеристик ландшафтной структуры, которые определяют направления, возможности и приоритеты хозяйственного освоения, т.е. являются своеобразными центрами тяготения (ЦТ) для группы соседних ландшафтов.
- Предложена модель структуры ПХС, включающая организующие, обеспечивающие и ординационные подсистемы.
- В соответствии с предложенным подходом в пределах Русского Алтая (Республика Алтай и горная часть Алтайского края) выделено и охарактеризовано 40 субрегиональных ПХС.
- С позиций предпосылок и ограничений для целей аграрного природопользования ПХС Русского Алтая оценены по 7 ландшафтными показателям (позиционный фактор, преобладающий ландшафтный рисунок и его сложность, структура внутривинциальных ландшафтных сопряжений, ландшафтное разнообразие, дробность ландшафтной структуры, гипертрофированные природные факторы, сложность вертикальной структуры ландшафтов в максимум сезонного развития).
- Выполнена интегральная оценка (совокупный ландшафтный потенциал для сельского хозяйства), позволившая выделить 5 категорий ПХС: с очень низким (непригодны), низким, средним, выше среднего и высоким потенциалом (рис. 2.1.27).

Таблица 2.1.6. Рельеф физико-географических провинций юга Западной Сибири

Зональная область	Провинция	Ведущая геоморфологическая структура (геоморфологическая область)	Макрорельеф провинции			Характер современных тектонических движений	Ведущие экзогенные процессы	
			Общая характеристика	Густота расчленения. км/кв. км	Глубина расчленения, м			Преобладающие углы наклона поверхности, °
1	2	3	4	5	6	7	8	
Степная	1. Тобол-Убаганская	Зауральское плато	<p>Плоская поверхность провинции слабо наклонена к востоку и расчленена немногочисленными глубокими и достаточно разработанными долинами р. Тобол и притоков (рр. Тогузак, Аят, Убаган, Уй, Кочердык и др.), которые в приуральской части нередко вскрывают породы складчатого фундамента.</p> <p>Междуречья на западе провинции имеют абсолютные высоты до 250 м и понижаются к востоку до 110-150 м. Для плакоров запада провинции весьма характерным является наличие многочисленных суффозионных котловин глубиной до 2-2,5 м, занятых пересыхающими озерами и лиманными лугами со снеговым питанием.</p> <p>В центральной части, дренируемой р. Тоболом, количество котловин уменьшается. Средняя заозеренность провинции в целом не превышает 4%, особенно незначительна заозеренность северной (Российской) части провинции (полоса шириной 18-30 км вдоль государственной границы с Республикой Казахстан) за исключением района оз. Бол. и Мал. Донки.</p>	0,1 редко до 0,2-0,4	5-10 редко до 20-50	0,3° редко до 1-3°	Подъем за неоген-четвертичный период до 200 м на юге и 100 м – на севере	Эрозия, суффозионные просадки

Таблица 2.1.7. Основные климатические характеристики физико-географических провинций юга Западной Сибири

Зон. область	Провинция	Годовое количество осадков, мм	Средняя температура, °С		Абсолютный минимум температур воздуха января, °С	Высота снежного покрова, см	Сумма температур выше +5°С, °С	Сумма температур выше +10°С, °С
			Января (-)	Июля (+)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степная	1. Тобол-Убаганская	280-330	17,5-18,5	19,5-20,5	50-52	20-30	2450-2600	2200-2350
	2. Южнопредтургайская	300-330	17,5-18,5	19,0-20,0	51-53	20-25	2400-2550	2100-2300
	3. Североказахстанская	240-360 (220 ю)	16,5-19,0	19,0-22,0	45-54 (до 56 с)	10-25	2400-2700	2150-2500
	4. Теке-Кызылкакская	230-320 (330-350 с)	16,5-19,5	18,0-22,0	45-53 45-48	10-25 (30 с)	2350-2700	20100-2350
	5. Южнобарабинская	290-330	19,0-20,0	18,0-20,0	46-48	15-25	2300-2500	2000-2250
	6. Кулундинская	200-330	17,5-20,0	19,0-22,0	46-50	15-30	2250-2750	2000-2500 (2580 сз)
	7. Южноприалейская	275-475	17,5-20,5	19,0-21,0	47-65	25-30	2250-2650	2050-2400
	8. Предалтайская	360-430	16,5-17,5	19,0-20,5	48-52	25-30	2400-2600	2150-2360
Лесостепная	9. Зауральская	350-400 (300 ю)	16,5-18,0	18,5-20,0	47-50	30-40	2250-2450	1900-2150
	10. Северопредтургайская	330-370	17,5-19,0	18,5-19,0	46-48	25-40	2150-2240	1850-2150
	11. Ишимская	280-400	18,5-20,0	17,0-19,0	46-49	25-40	2100-2300	1800-2150
	12. Западнбарабинская	300-360	19,0-20,0	18,0-19,0	46-49	25-30	2200-2400	1850-2100
	13. Барабинская	280-400	19,0-20,5	18,0-19,0	47-52	20-30	2200-2300	1850-2050
	14. Восточнбарабинская	350-400	19,5-20,5	18,0-18,5	50-53	25-35	2050-2150	1750-1900
	15. Верхнеобская	320-500	17,0-20,0	18,0-19,0	50-53	25-40	2100-2400	1800-2150
	16. Южноприаргинская.	420-450	18,0-18,5	17,5-18,5	55	20-50	1950-2070	1650-1760

окончание таблицы 2.1.7

Провинция	Продолжительность периода с температурой выше..., дней		Продолжительность безморозного периода, дней	ГТК Селянинова за теплый период	Коэффициент увлажнения Сенникова-Сляднева	Вероятность лет с суховеями, %		Число дней с относительной влажностью 30% за V-VIII
	+5 ⁰ С	+10 ⁰ С				средними	интенсивными	
2	10	11	12	13	14	15	16	17
1. Тобол-Убаганская	165-170	135-140	115-120	0,6-0,9	0,5-0,7	80-100	50-80	30-40
2. Южно-предтургайская	170-175	130-140	120-125	0,7-0,8	0,7-0,9	80-100	60-70	20-25
3. Североказахстанская	165-180	130-145	110-130	0,4-1,0	0,3-0,8	80-100	60-100	30-60
4. Теке-Кызылкакская	160-180	125-145	105-130	0,5-1,0	0,3-0,9	80-100	80-100	20-65
5. Южнобарабинская	160-170	125-135	110-120	0,7-1,0	0,45-0,7	80-100	50-80	20-30
6. Кулундинская	160-180	125-150	115-135	0,4-0,8	0,3-0,75	80-100	60-100	25-60
7. Южноприалейская	155-175	125-145	105-130	0,6-1,2	0,4-0,9	80-100	50-90	20-40
8. Предалтайская	–	–	–	–	–	–	–	–
9. Зауральская	165-170	120-130	110-125	0,8-1,2	0,7-1,0	80-100	50-70	20-23
10. Северопредтургайская	160-170	120-135	100-120	0,8-1,2	0,7-1,0	80-100	50-75	12-23
11. Ишимская	150-165	120-130	100-125	1,0-1,3	0,75-1,0	80-100	30-80	8-20
12. Западнобарабинская	155-165	120-130	110-120	1,0-1,3	0,75-1,0	80-100	30-85	10-30
13. Барабинская	155-165	120-135	100-125	0,6-1,2	0,6-1,0	80-100	30-80	13-25
14. Восточнобарабинская	150-155	115-120	95-115	1,0-1,2	1,0-1,1	80-100	35-40	10-12
15. Верхнеобская	155-165	115-130	100-125	0,8-1,4	0,7-1,3	80-100	30-70	10-25
16. Южноприаргинская.	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 2.1.8. Почвенно-растительный покров физико-географических провинций юга Западной Сибири

Зональная область	Провинция	Почвы	Естественная восстановленная растительность	Современное состояние	Рекомендации
1	2	3	4	5	6
Степная	1. Тобол-Убаганская	<p>Более 50% – черноземы южные, преимущественно обычные, а также карбонатные и солонцеватые. Широко представлены и обыкновенные обычные черноземы, редко солонцеватые. В долине реки Тобол развиты луговые и луговые пойменные почвы.</p>	<p>Сочетание степной и бореальной растительность.</p> <p>Степная – луговостепные сообщества Обь-Иртышских формаций Заволжско-Казахстанской фратрии. Сравнительно небольшое распространение имеют разнотравно-злаковые с галомезофитным разнотравьем остепненные луга с полынно-бескильницевыми группировками. Только на севере провинции встречаются разнотравно-злаковые луговые степи в сочетании с участками осиново-березовых остепненных лесов. В понижениях – галофитноразнотравные луговые степи с полынно-типчakovыми и бескильницево-полынными группировками. Собственно степные сообщества Северо-Казахстанских формаций представлены доминирующими богаторазнотравно-залесскоковыльными степями. На песчаных и супесчаных почвах господствуют псаммофитные разнотравно-аномальноковыльные и гемипсаммофитные разнотравно-типчакково-тырсовые степи. В Казахстанской части провинции в засушливой степи господствуют разнотравно-типчакково-залесскоковыльные степи.</p> <p>Бореальная – лесостепные сообщества Обь-Иртышских формаций Урало-Сибирской фратрии. Наиболее распространены осиново-березовые и березово-осиновые остепненные злаково-разнотравные, местами в сочетании с разнотравно-злаковыми лугами, колки. По долине р. Тобол встречаются отдельные массивы сосновых и березово-сосновых остепненных кустарничково-травяных и травяных лесов. Весьма характерны различные варианты засоленных лугов, среди которых галофитнозлаковые луга – ячменевые, лисохвостные, пырейные, бескильницевые в сочетании с галофитноразнотравными. В южной части провинции доминируют галофитнозлаковые луга в сочетании с открытыми группировками из галофитного разнотравья и полукустарничков.</p>	<p>Сокращение площадей колючих лесов как элементов природно-экологического каркаса с противоэрозионной и противодефляционной ролью.</p> <p>Деградация защитных лесополос, которые нуждаются в реконструкции.</p> <p>Сохранившиеся фрагменты естественной степной и луговой растительности находятся на различных стадиях пастбищной дигрессии.</p> <p>В целом состояние естественного растительного покрова в пределах провинции для развития хозяйства неудовлетворительное.</p>	<p>Запрет рубок, за исключением санитарных</p> <p>Увеличение площадей лесной растительности и лесополос,</p> <p>Введение пастбищесоборотов и восстановление деградированных пастбищ,</p> <p>Повышение продуктивности естественных сенокосов.</p> <p>Планирование обоснованной пастбищной нагрузки.</p>

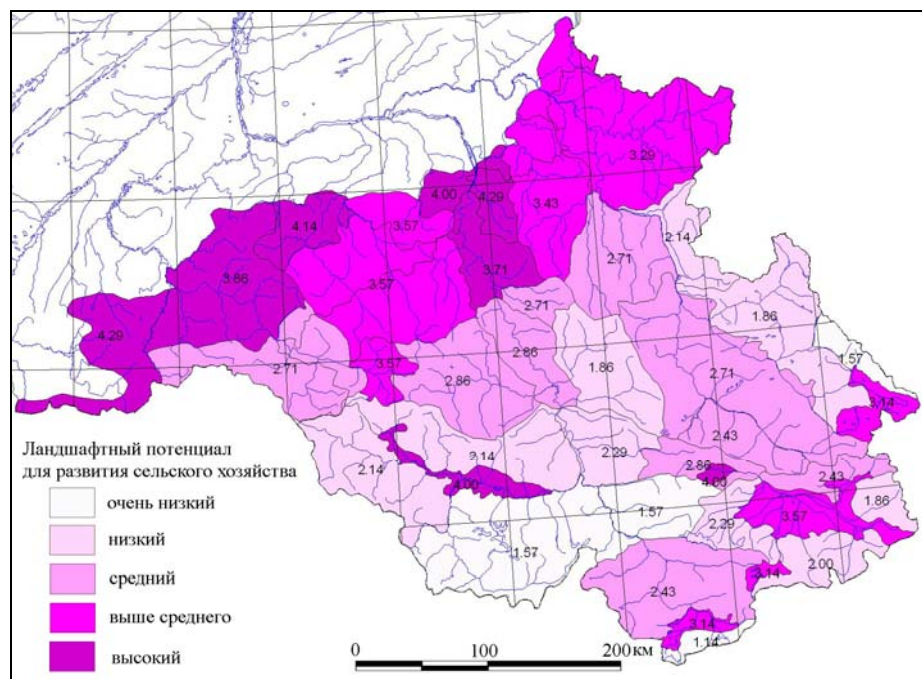


Рис. 2.1.27. Совокупный ландшафтный потенциал ПХС для сельского хозяйства Русского Алтая

Блок 2. Разработать модель стратегического управления устойчивым функционированием природно-хозяйственных систем различного иерархического уровня юга Сибири с учетом экологического императива

Разработана теоретическая модель стратегического управления устойчивым функционированием природно-хозяйственных систем Сибири и её структурно-графическое исполнение (рис. 2.1.28). Согласно модели, *природно-хозяйственная система (ПХС)* понимается как совокупность природных и хозяйственных подсистем, территориально, технологически и экономически взаимосвязанных между собой, совместно использующих и охраняющих природные, производственные и трудовые ресурсы, имеющих общую хозяйственную, социальную и природоохранную инфраструктуру и образующих единое, пропорционально развивающееся целое (типология ПХС приведена на рис. 2.1.29). В основе формирования и функционирования ПХС лежат, прежде всего, природные факторы, однако обязательным условием ее объективного существования является наличие антропогенной составляющей. Для функционирования ПХС в оптимальном (рациональном) режиме показана необходимость управляющего воздействия со стороны человека и/или общества в целом с учетом экологического императива, который в зависимости от функционального назначения имеет гипотетический (ГТС и селитебные ПХС) или категорический (природо-сохраняющие ГТС). Уровень категоричности определяется экологической культурой общества, которая понимается нами как «совокупность материальных и духовных ценностей, созданных в процессе развития взаимоотношений природы и общества и характеризующих такое отношение человека к природному окружению, которое предполагает рациональное, грамотное использование сил и ресурсов природы, а также ответственность за самые отдаленные результаты этого использования» (Красноярова, 1994).

На основе имитационной математической модели агроклиматического потенциала и климатических трендов осуществлен прогноз региональных изменений климата для Сибирского федерального округа до 2020 года. Среднегодовое температуры воздуха повысятся на 4–7 % и осадки на 2 %, что в целом может свидетельствовать об аридизации климата. Агроклиматический потенциал (ожидаемая урожайность зерновых) у семи

субъектов федерации в СФО будет увеличиваться, а у южнее расположенных пяти – уменьшаться из-за падения у последних эффективности землепользования (рис. 2.1.30).

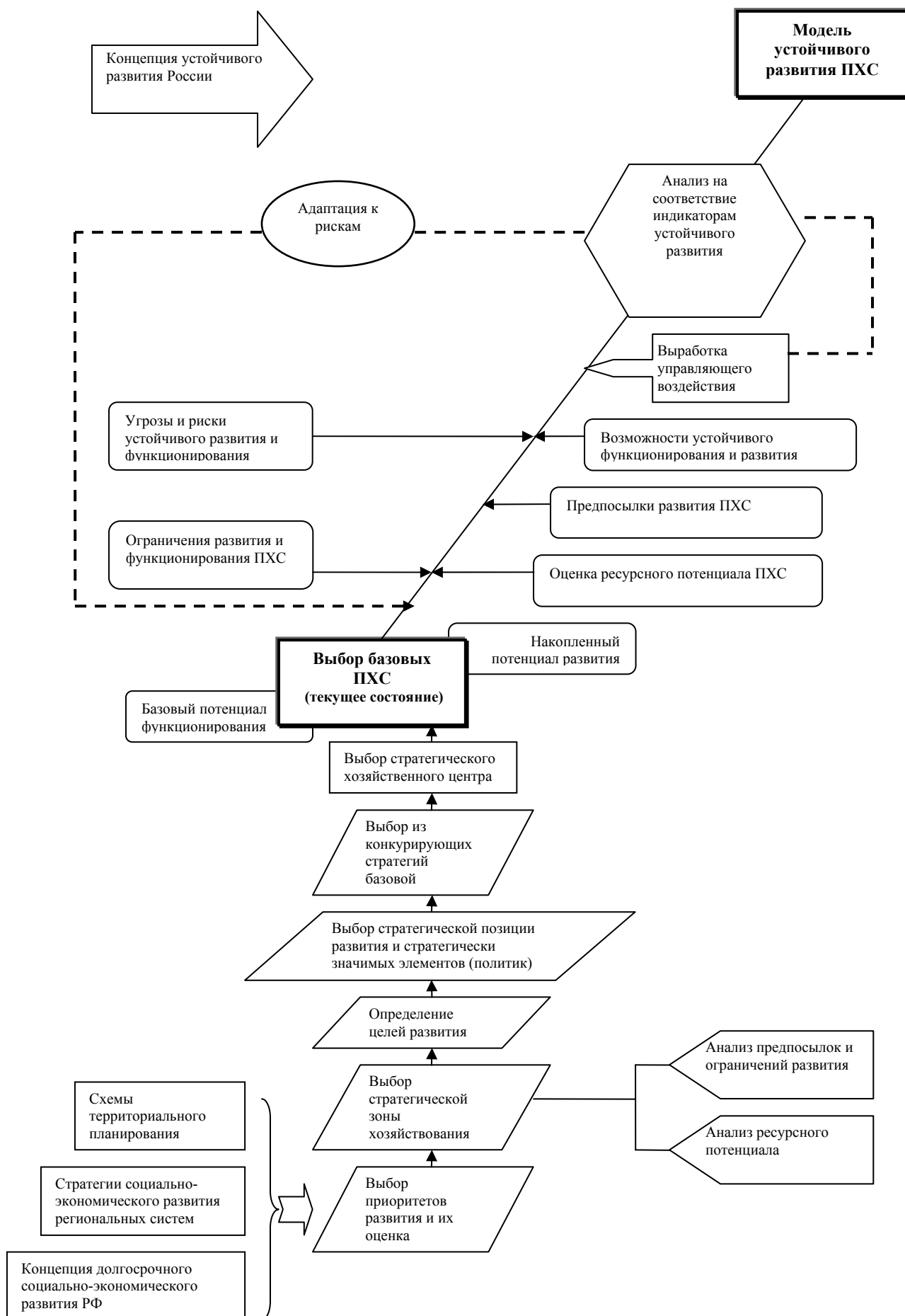


Рис. 2.1.28. Модель стратегического управления устойчивым функционированием природно-хозяйственных систем Сибири

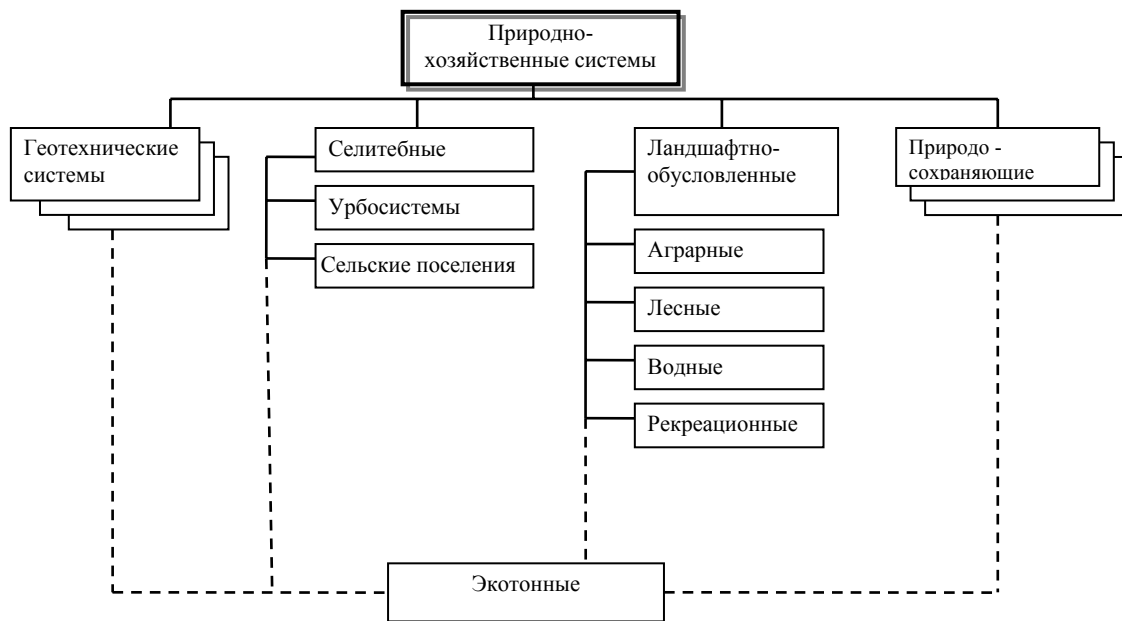


Рис. 2.1.29. Типология природно-хозяйственных систем

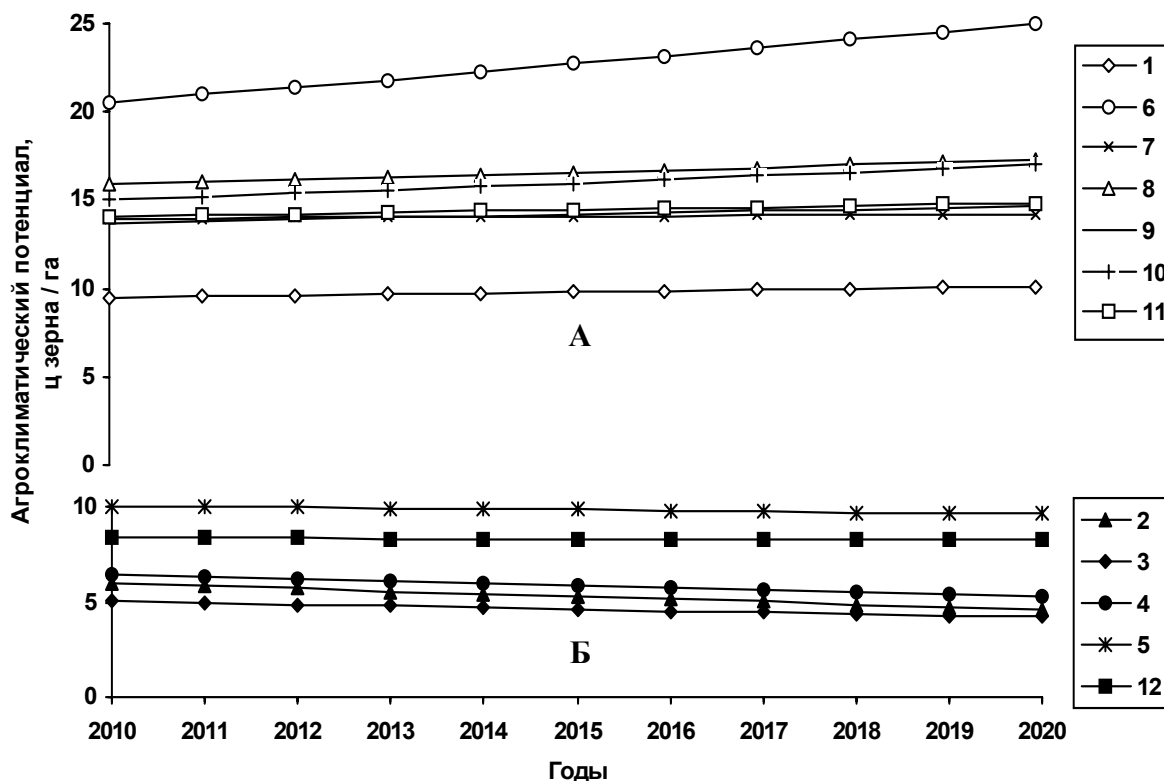


Рис. 2.1.30. Прогноз агроклиматического потенциала для зернопроизводящей зоны Сибирского федерального округа:

А – растущая эффективность землепользования (1 – Республика Алтай, 6 – Красноярский край, 7 – Иркутская, 8 – Кемеровская, 9 – Новосибирская, 10 – Омская, 11 – Томская области). **Б** – снижающаяся эффективность землепользования (2 – Республика Бурятия, 3 – Республика Тыва, 4 – Республика Хакасия, 5 – Алтайский край, 12 – Читинская область).

В целях стабилизации состояния почвенного покрова в условиях аридизации климата необходимо восстановление системы защитных лесных насаждений, 80 % которых в настоящее время находятся в критическом возрасте (рис. 52.1.31). Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что основными древесными породами при создании агролесоландшафтов в Кулундинской степной провинции должны стать хвойные древесные породы (сосна обыкновенная и лиственница сибирская) в связи с высокой степенью их засухоустойчивости и большей длительностью жизненного цикла (по сравнению с традиционными березой и тополем).

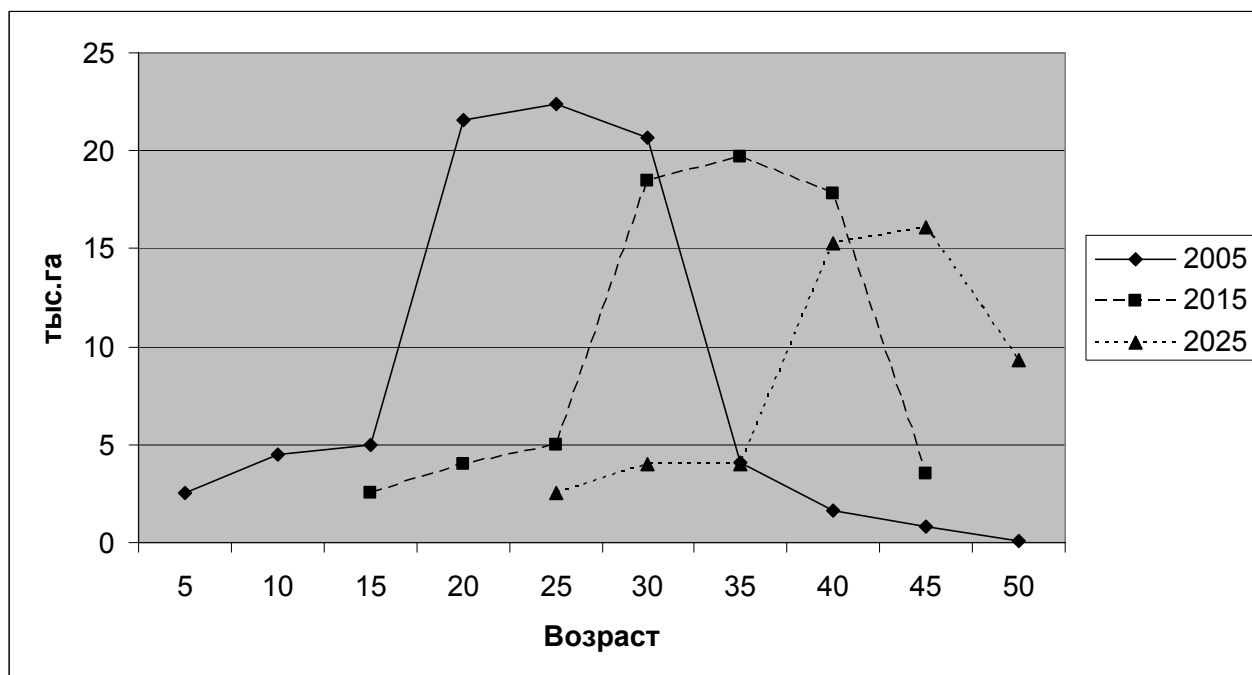
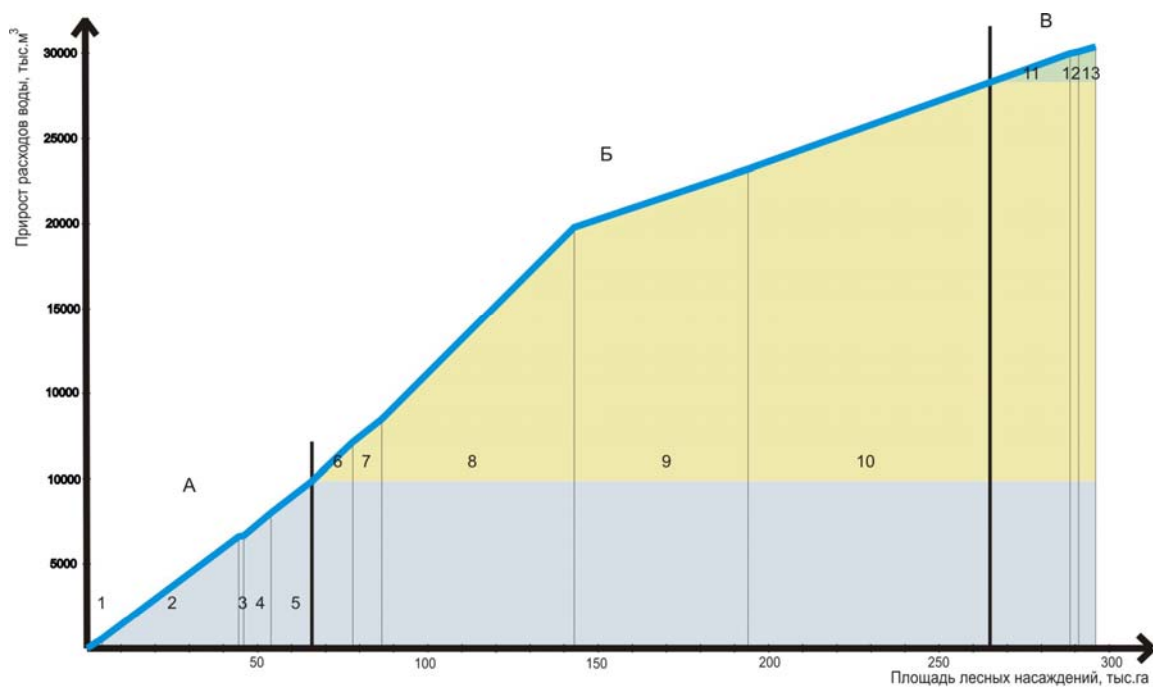


Рис. 2.1.31. Динамика повозрастной структуры лесных насаждений Кулундинской степной провинции

Изучены особенности функционирования природно-хозяйственной системы (ПХС) бассейна р. Алей – одного из наиболее преобразованных бассейнов в Западной Сибири. Состояние ПХС признано нестабильным. Для оптимизации функционирования ПХС бассейна на ландшафтной основе разработана система компенсационных мероприятий, предусматривающая создание лесных насаждений на площади около 300 тыс. га, которые позволят увеличить общую лесистость территории до 20 %. При этом водность реки, по нашим оценкам, возрастет на 3 %, ежегодный прирост расхода воды в р.Алей составит 30,5 млн. м³, что сопоставимо с объемами водозабора г. Рубцовска (который в 2007 г., по данным 2тп-водхоз, составлял 31,0 млн. м³) (рис. 2.1.32). Данная система мероприятий может быть рекомендована и для иных бассейнов, например Томи и других притоков Оби, расположенных в сходных природно-ландшафтных условиях.

Для городов бассейна(их доля в общем водозаборе около 40 %) на основе анализа прогнозных запасов ресурсов поверхностных и подземных вод и с учётом зарегулированности речной системы предложена перспективная структура водопотребления (рис. 2.1.33).



Физико-географическая область	ГОРНАЯ (А)					СТЕПНАЯ ЗОНАЛЬНАЯ (Б)					ЛЕСОСТЕПНАЯ ЗОНАЛЬНАЯ (В)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
№ на рис.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Природные комплексы	Черная тайга	Долуголые ландшафты	Пойма	Полезные лесопосадки	Проч. защит. лесонасаждения	Легочные основные боры	Лесостепные ландшафты (Преддальская равнина)	Пойма	Полезные лесопосадки	Проч. защит. лесонасаждения	Колочные леса на серых лесных почвах	Полезные лесопосадки	Проч. защит. лесонасаждения
Современная лесистость, %	80-90	менее 5	6-7	обеспеченность полей - около 1%		сведены полностью	менее 5	6-7	обеспеченность полей - около 1%		обеспеченность полей - около 1%	обеспеченность полей - около 1%	
Рекомендуемая лесистость	90-100	30-40	30	необходимо - 5%			20	30	необходимо - 5%		необходимо - 5%	необходимо - 5%	
Площадь доп. лесов, тыс. га	4,5	40	1,5	8	12	12 (в т.ч. Склюихинский бор)	8,5	56,5	51	71	23,5	2,5	5
Прирост речного стока с 1 га леса, м³	150	150	70	150	150	200	150	70-200	70	70	70	70	70
Прирост речного стока всего, тыс. м³	675	6000	105	1200	1800	2400	1275	6295	3570	4990	1645	174	350

Рис. 2.1.32. Прирост среднегодовых расходов воды р. Алей в результате создания компенсационной системы лесных насаждений на водосборе

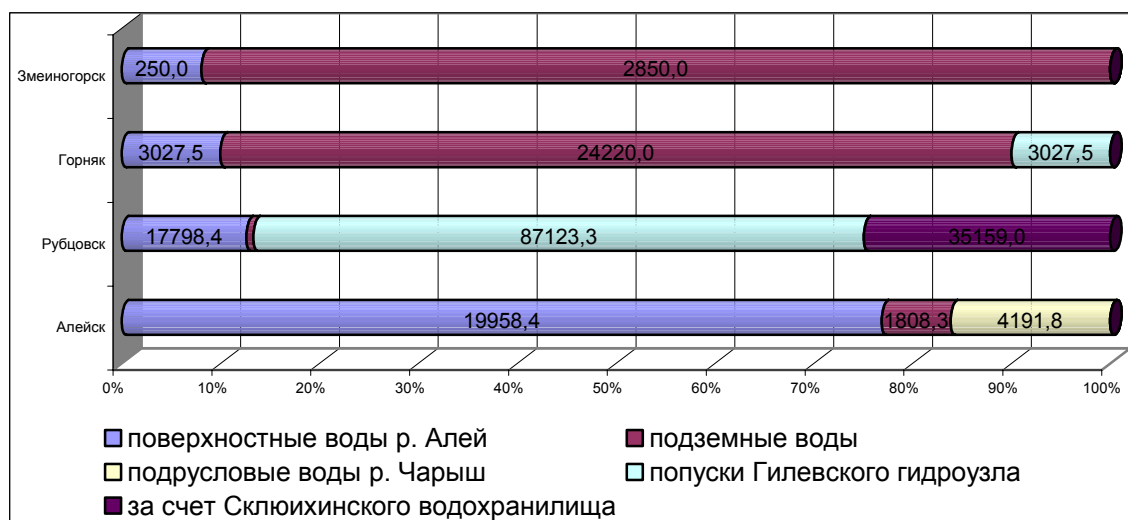


Рис. 2.1.33. Перспективная структура водопотребления городов бассейна р. Алей по источникам водоснабжения (м³/сутки)

Блок 3. Оценить опасность и риски природных и природно-техногенных процессов с учётом ландшафтной дифференциации юга Западной Сибири

Произведена оценка опасности и рисков проявления природных и природно-техногенных процессов горных и равнинных территорий юга Западной Сибири.

Для горной территории разработана оригинальная методика оценки рисков на основе выделения в пределах геодинамически активных территорий с высокой современной тектонической (сейсмической) активностью участков, характеризующихся максимальным проявлением широкого спектра экзогенных процессов.

Для выделения таких участков установлены следующие геодинамические показатели: положение территории относительно ярусов рельефа (низкогорный – НГ, среднегорный – СГ, высокогорный – ВГ); характер и степень тектонической раздробленности (площади, соотношение ширины и длины тектонических блоков); структурное положение относительно узлов пересечений разломных зон субширотного (ЗВ, орографических ступеней) и северо-западного (СЗ) простирания (проявленных в рельефе блокоразделами 7, 8 порядков), где отмечается максимальная интенсивность проявления комплекса склоновых процессов. Наряду с тектоническими показателями предложено учитывать наличие многолетнемерзлых пород и характер их развития (Сп – сплошной, Пр – прерывистый, Ос – островной, Н – отсутствие), определяющий активизацию склоновых процессов и процессов заболачивания.

Значения геодинамических показателей определены по факторным картам единого ГИС-проекта с использованием анализа блоковой структуры, полевых геоморфологических, сейсмогеологических методов (табл. 2.1.9).

Таблица 2.1.9. Геодинамическая опасность и риск горных территорий

Зона риска	Показатели геодинамической опасности						
	высотная ступень	структурное положение	характеристики тектонических блоков	сейсмичность, ОСР-98 (А)	плотность сейсмодетонаций, (1р-4р)	возраст сейсмодетор. (М, Д)	площади развития мерзлоты (Сп, Пр, Ос, Н)
очень высокого	ВГ	ЗВ-СЗ	1S, 1a/l	A-10	1р	М	Сп, Пр
высокого	ВГ	ЗВ-СЗ	1S, 1a/l	A-10	2р, 3р	М	Сп, Пр
	СГ	ЗВ-СЗ	1S, 1a/l	A-9	2р	М	Н
	СГ	–	2S, 2-3a/l	A-9	1р	Д	Ос, Н
среднего	ВГ	–	2-3S, 2-3a/l	A-10	4р	М	Сп
	СГ	ЗВ-СЗ	1S, 1a/l	A-9	4р	Д	Пр, Ос
	СГ	–	2-3S, 2-3a/l	A-10	3р	Д	Ос
	НГ	ЗВ-СЗ	1S, 1a/l	A-8	4р	М, Д	Н
низкого	НГ	–	2-3S, 2-3a/l	A-8,9	4р	Д	Н

Каждый показатель характеризуется числовыми значениями. Площади тектонических блоков ранжированы методом естественных границ: на мелкие (1S, площадью <200 кв. км), средние (2S, 200-700 кв. км) и крупные (3S, >700 кв. км). По

соотношению ширины (a) и длины (l) тектонические блоки разделены на сильно удлинённые ($1a/l, <0,4$); удлинённые ($2a/l, 0,4-0,8$); овалы ($3a/l, 0,8-1,0$). Плотность сейсмодислокаций (первичных и вторичных сейсмогравитационных) определена по данным полевого картирования (ед. /10 кв. км): очень высокая ($1p, >0,14$); высокая ($2p, 0,07-0,14$); средняя ($3p, 0,02-0,07$); низкая ($4p, <0,02$). При этом при характеристике геодинамической активности учтён возраст выявленных сейсмодислокаций, как древний (Д), соответствующий позднеплейстоценовому и характеризующий значительную реализацию сейсмического потенциала на конкретной территории, и молодой (М) – голоценовый, для территорий с высоким сейсмическим потенциалом.

На основе выявленных закономерностей составлена карта-схема геодинамических рисков горных территорий юга Западной Сибири, на которой совокупность ареалов значений показателей определяет соответствующий потенциал реализации опасных геодинамических процессов в пределах 4-х зон риска (очень высокого, высокого, среднего и низкого) (рис. 2.1.34).

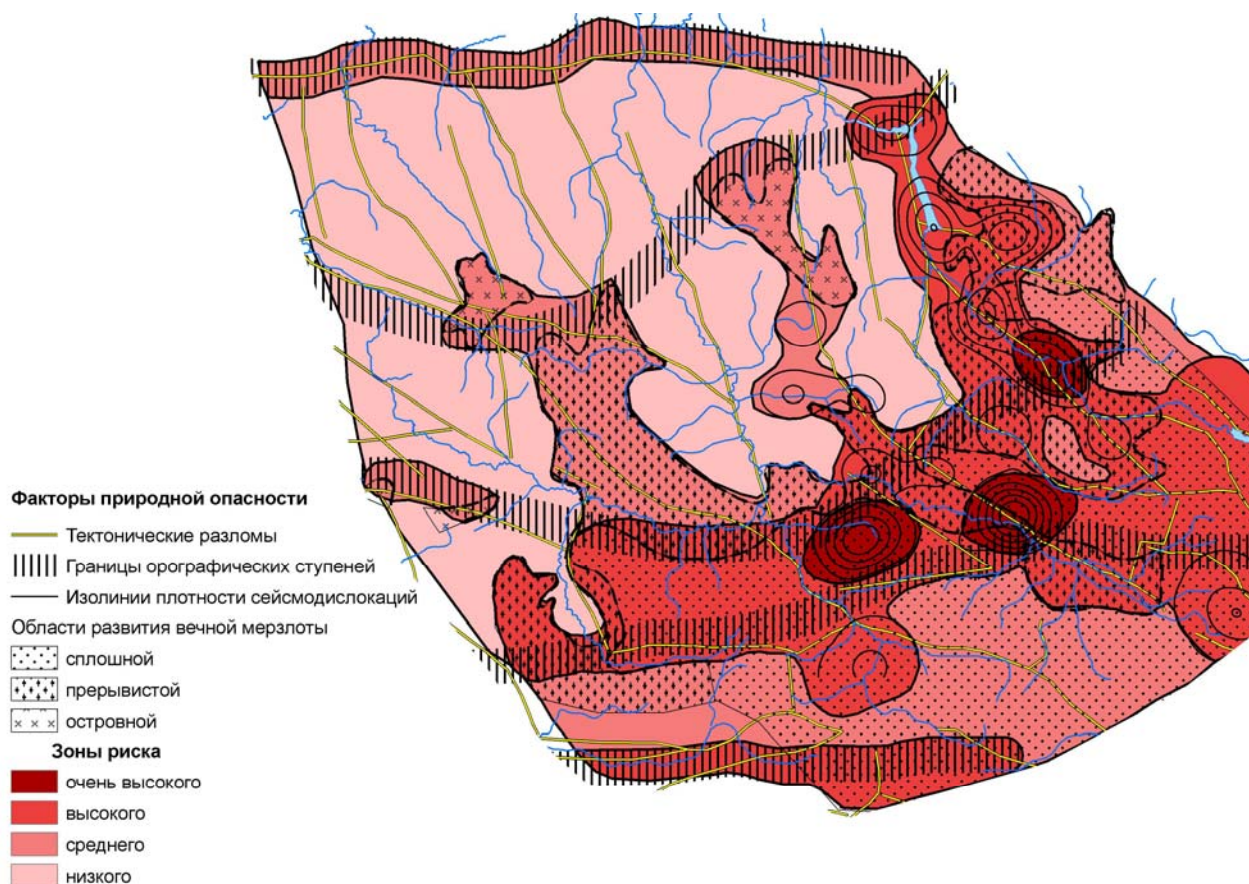


Рис. 2.1.34. Карта-схема геодинамических рисков горных территорий юга Западной Сибири

Установлено, что типы склоновых процессов в пределах зон очень высокого и высокого риска определяются характером ландшафтной структуры территории. В пределах Юго-Восточной Алтайской провинции, например, широкое развитие получили оползневые и осыпные деформации, в пределах Центральной Алтайской провинции – обвалы.

Приоритетное направление 4.5. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Развитие технологий GRID.

Программа 4.5.2. Разработка научных основ распределенной информационно-аналитической системы на основе ГИС и Веб-технологий для междисциплинарных исследований (координатор ак. Ю.И. Шокин).

Проект 4.5.2.8. Информационно-аналитическая система «Вода и экология Сибири» (научн. рук. д.ф.-м.н., проф. И.А. Суторихин; отв. исп. к.г.н., доц. И.Н. Ротанова, с.н.с. О.В. Ловцкая).

Блок 1. Определение методов быстрого доступа к элементам базы данных изображений

Разработан новый метод содержательного поиска естественных объектов в базе данных космических изображений высокого и сверхвысокого разрешения на основе использования характеристик текстурного анализа (рис. 2.1.35).

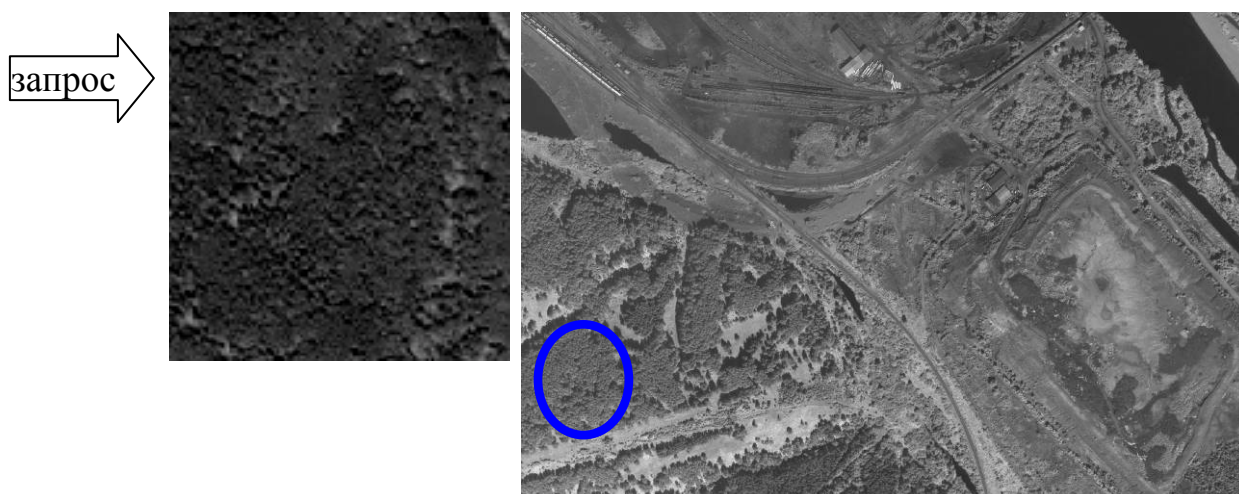


Рис. 2.1.35. Поиск в БДИ в соответствии с запросным текстурным образцом

Метод базируется на вычислении множественных парных взаимодействий отдельных элементов и мер сходства текстурных образцов, близких по содержанию и визуальному восприятию, и использует предположение о том, что два полутоновых образца представляют текстуру одного и того же содержания, если они имеют одинаковые или близкие распределения маргинальных вероятностей сигналов и гистограммы различий сигналов в парах элементов растра, принадлежащих одним и тем же семействам взаимодействующих элементов. Формализованные признаки визуального восприятия являются параметрами марковской гиббсовской модели, что позволяет в дальнейшем развивать предложенный метод в рамках байесовского подхода нахождения максимально-правдоподобных оценок визуального поиска по заданному образцу (рис. 2.1.36)

Создана эффективная модель эскиза текстуры образцов однородных естественных объектов, представляемых снимками высокого и сверхвысокого разрешения.

В основу создания модели положена гипотеза Марра, согласно которой зрительное восприятие на этапе предварительной обработки проходит этап формирования первоначального эскиза, когда результат визуального восприятия связан, преимущественно:

- с обнаружением изменений яркости,
- с представлением и анализом локальных геометрических структур изображения.

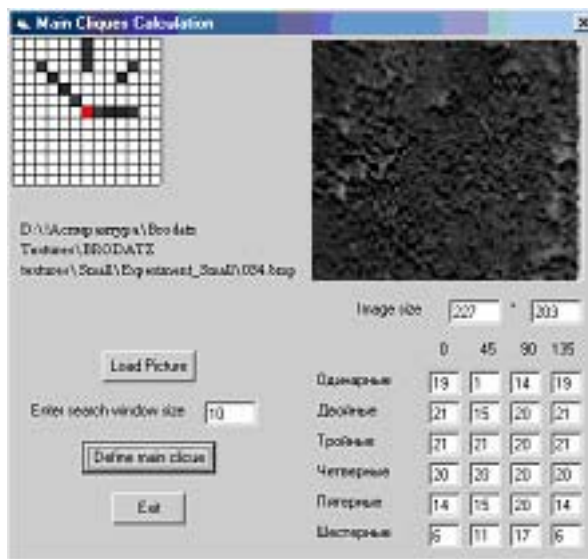

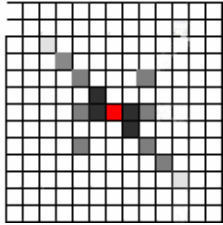
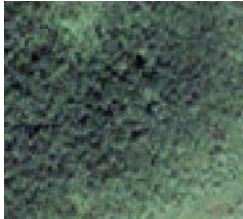
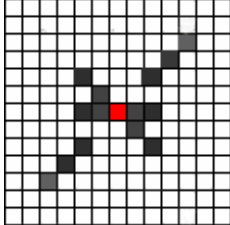

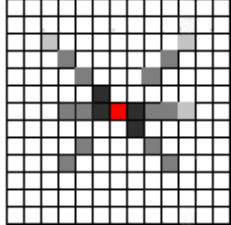

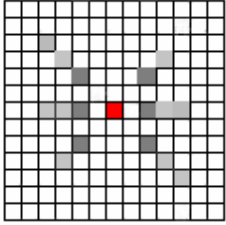


Рис. 2.1.36. Определение количественных характеристик визуального восприятия текстурного образца

В основу оценок вероятностного самоподобия однородных образцов в эскизном моделировании текстур было положено предположение о том, что все возможные комбинации сигналов в парных кликах рассматриваются с различными вероятностями появления на текстурном образце. То есть если некоторая клика входит в эскиз текстурного образца, то соответствующая ей вероятность пары сигналов имеет значение, отличающееся от нулевого (рис. 2.1.37).

Образцы объектов (QuickBird (2,4 м))	Значимые структуры в окне поиска 13x13	Текстурный образцы (QuickBird (2,4 м))	Значимые структуры в окне поиска 13x13
 посадки леса		 болото	
 редкий лес с песком		 вода	

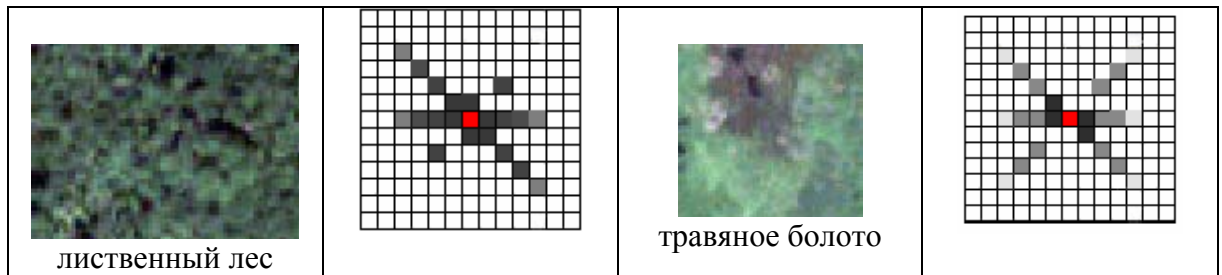


Рис. 2.1.36. Примеры эскизов однородных образцов

Блок 2. Определение подходов к решению задач предметных областей. Создание методологических основ картографического моделирования элементов водного баланса

Определен подход к решению предметно-ориентированных задач в условиях недостаточной обеспеченности исходной информацией, основанный на:

- использовании единой атрибутивной и картографической базы данных;
- разработке методик комплексной оценки с привлечением дополнительной информации;
- картографическом моделировании предметной области.

Подход реализован в водно-экологической и эколого-климатической предметных областях (рис. 2.1.37, 2.1.38)

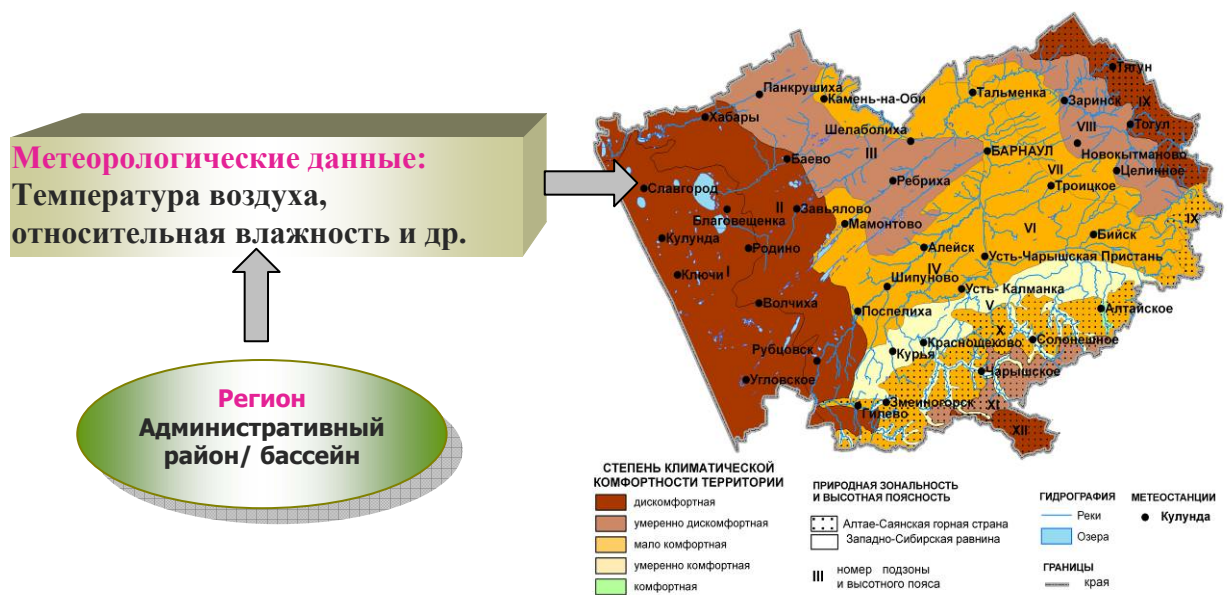


Рис. 2.1.37. Эколого-климатическая информационно-аналитическая система

Картографическая информация

Физико-географические слои
Социально-экономические слои
Мониторинг окружающей среды
Водоотведение сточных вод

Атрибутивная информация

Данные прямых наблюдений (данные мониторинга качества поверхностных вод по постам ОГСН)
Косвенные данные (данные по водоотведению, данные по внесению удобрений, данные по загрязнению снежного покрова, ...)

Частные оценки водно-экологической обстановки территории

Оценка качества
поверхностных вод

Оценка условий
самоочищения
поверхностных вод

Оценка уровня антропогенной
нагрузки на водные объекты и их
водосборные бассейны

**Комплексная оценка
водно-экологической
обстановки территории**

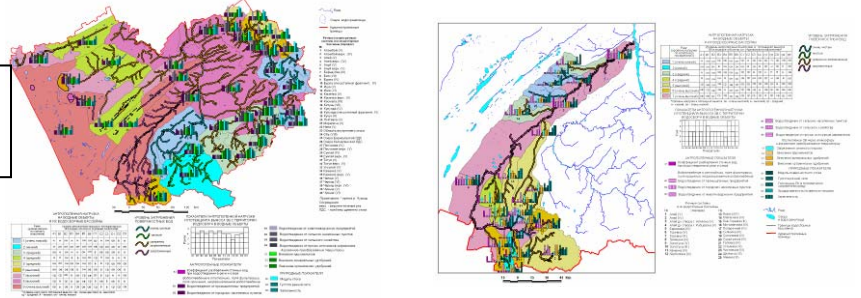


Рис. 2.1.37. Водно-экологическая информационно-аналитическая система

Созданы методологические основы картографического моделирования элементов водного баланса:

- Определен перечень обязательных показателей и система уравнений расчета водного баланса в условиях недостаточности гидрологических данных (рис. 2.1.38)
- Выполнен анализ вариантов расчета элементов водного баланса, различающихся по методам учета ресурсов пресных вод, для применения при построении карт водного баланса;
- Выполнен анализ однородности расчетных рядов и оценка их репрезентативности (по количеству и соотношению маловодных и многоводных циклов, уровню ошибок в оценке основных гидрологических характеристик и другим факторам);
- Разработан подход приведения коротких рядов наблюдений к многолетнему периоду на основе корреляционных связей между среднегодовыми расходами воды в исходном речном бассейне и речном бассейне-аналоге с более продолжительными многолетними наблюдениями.

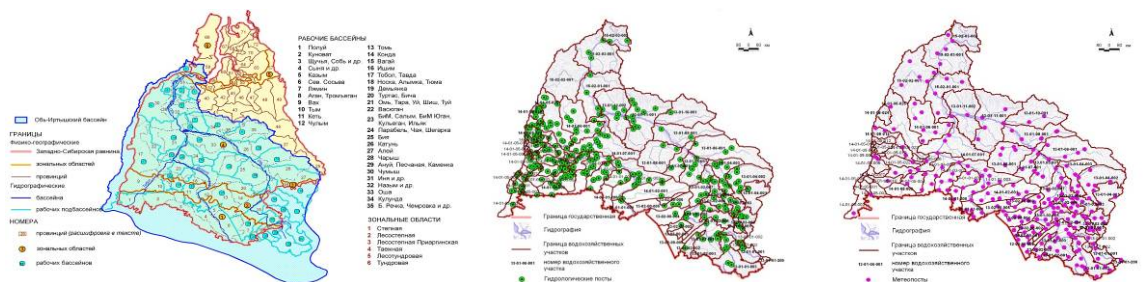


Рис. 2.1.38. Источники информации для расчета водного баланса

Блок 3. Разработка методов интеграции междисциплинарных данных и результатов исследований, базирующихся на пространственных характеристиках и признаках

Предложен бассейновый подход к интеграции междисциплинарных данных и результатов исследований, базирующихся на пространственных характеристиках и признаках. Разработана структура информационно-картографического обеспечения ГИАС «Вода и

экология Сибири» на примере Обь-Иртышского бассейна. На рис. 2.1.39. представлено дерево каталогов проекта WES–“WaterEcologicalSystem”. Для каждого бассейна крупной реки предусмотрено 7 основных каталогов:

- атрибутивные данные – (AT_DB),
- картографические данные – (MP_DB),
- данные дистанционного зондирования – (RS_DB),
- документальные данные (фото, мультимедийные данные, текстовые описания в произвольной форме) – (DOC_DB),
- проекты – (Projects),
- отчеты – (REP_DB),
- разное (данные, не попадающие ни в один из перечисленных каталогов) – (OTHER_DB).

Внутренняя структура каталогов является открытой и зависит от обеспеченности исходными данными и типов решаемых задач.

Картографическая база данных представлена разномасштабными топографическими и тематическими картами в зависимости требуемой точности данных. Каталог картографических материалов разбит по масштабам 1:25000, 1:100000, 1:200000, 1:1000000 на соответствующие подкаталоги 25, 100, 200 и 1000 соответственно. В каталоге Other собраны тематические и модельные карты разных масштабов с соответствующей ссылкой в базе метаданных на источник.

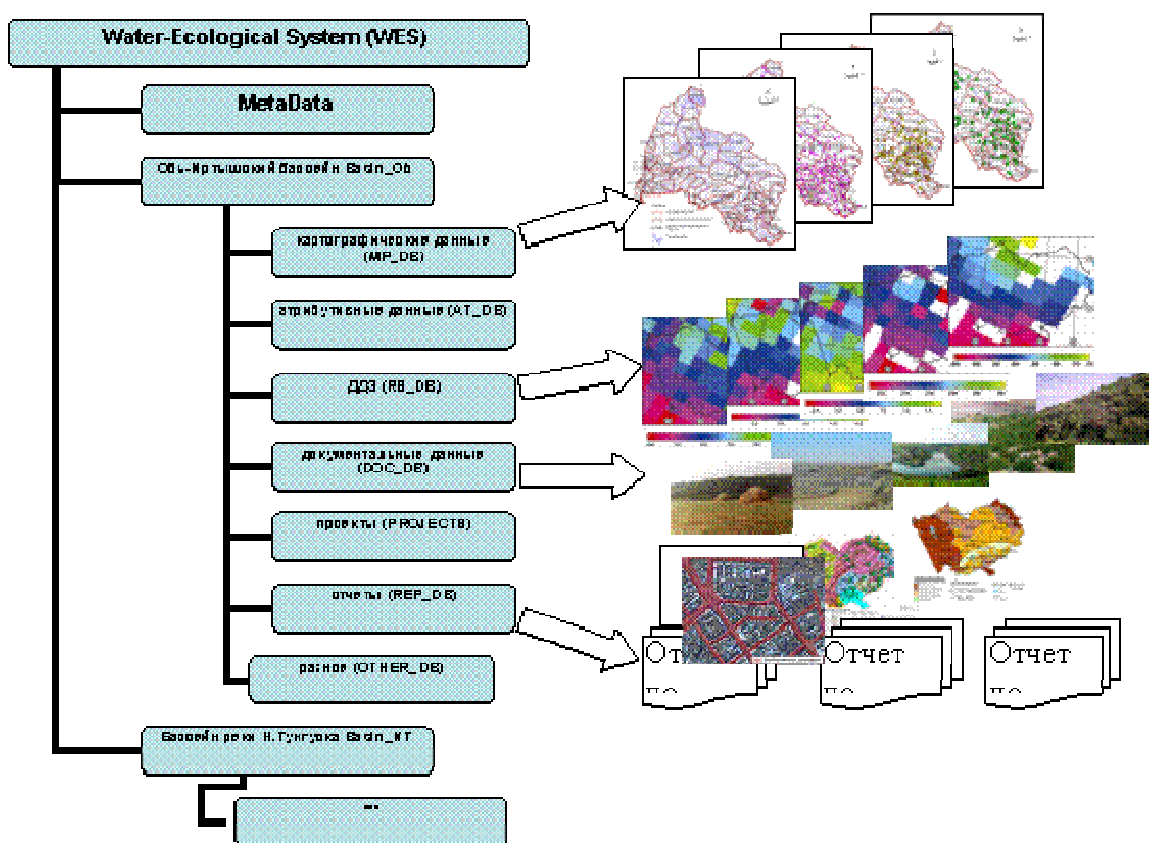


Рис. 2.1.39. Организация данных ГИАС “Вода-Экология Сибири”

В зависимости от способов представления пространственной информации каждый масштабный каталог может содержать растровые (сканированные и привязанные карты (Raster), модельные (Grid, Tin)) и векторные (Vector) данные.

Разработано стандартизированные описание атрибутивной и картографической информации для формирования метазаписей.

Для разработки стандартизированных описаний использованы принципы системности, формализации и унификации информации при создании распределенных информационно-экспертных систем на основе ГИС для междисциплинарных исследований.

Описание атрибутивной и картографической информации и формирование метазаписей было выполнено в соответствии с Государственным стандартом на содержание пространственных данных ГОСТ Р 52573–2006 «Географическая информация. Метаданные».

На базе стандарта определена его «проекция» на предметную область – ГИАС «Вода и экология Сибири» и получен предметный профиль, ориентированный на разрабатываемую систему. Для создания базы метаданных по распределенной картографической базе использован Мастер Метаданных ESRI ArcCatalog.

В рамках проекта созданы тематические ГИС и базы данных, отражающих экологическую ситуацию Сибири

Разработано методическое, техническое и информационное обеспечение для региональной системы экологического мониторинга. Использование данной системы позволяет визуализировать зону распространения акустических волн, создаваемых автотранспортом, на примагистральных территориях и в зоне жилой застройки индустриальных центров. На рисунке 2.1.40 показаны зоны акустического дискомфорта г. Барнаула.



Рис. 2.1.40. Зоны акустического дискомфорта г. Барнаула

Создана база данных концентраций ряда химических элементов в аэрозоле, загрязняющем снеговой покров на территории водосборного бассейна Верхней Оби (~450×500км). Установлено повторяющееся из года в год (2002-2008 гг.) распределение наблюдаемых этих элементов. Коэффициенты корреляции во всех случаях равны 0,98. Отмечено существенное отличие (иногда в десятки раз) среднегеометрических концентраций от кларков в земной коре (таблица 2.1.10), о чем свидетельствуют данные приводимой ниже таблицы.

Таблица 2.1.10. Среднегеометрические концентрации элементов для Алтайского края, окраин городов Кемеровской области и кларки земной коры (мг/кг)

Элемент	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Br	Pb
Алтайский край	110	563	1 027	244	223	3 050	119	135	110	74

Кемеровская область		510 6 011	12 990 634	9 360 69 349 598	1 147 751 321
Кларки коры	земной	450 24 000	33 900 6 200 900	50 800 100 50	1,6 16

Данные таблицы использованы в оценке антропогенного загрязнения территории водосборного бассейна Верхней Оби отдельными элементами. На рис. 2.1.41 представлена карта бассейна с изолиниями суммарных концентраций загрязнителей снежного покрова с учетом розы ветров.

Создана база пространственно временных данных о количестве влаги в атмосфере и температуре воздуха над территорией Алтайского края были получены при обработке результатов спутниковых (Aqua) измерений зондирующим комплексом AIRS. Все приборы комплекса осуществляют синхронное сканирование поверхности Земли и атмосферы в надирном варианте наблюдения в направлении, перпендикулярном вектору скорости спутника.

Высокое спектральное разрешение AIRS ($\lambda / \Delta \lambda \sim 1200$) позволяет восстанавливать значения температуры, влажности и другие параметры атмосферы в слоях воздуха на различной высоте. На рисунках 2.1.42-2.1.43 приведены результаты обработки по вычислительному пакету AIRS/AMSU/HSB первичной информации по полученной с AIRS для территории Алтайского края 31.05.08.

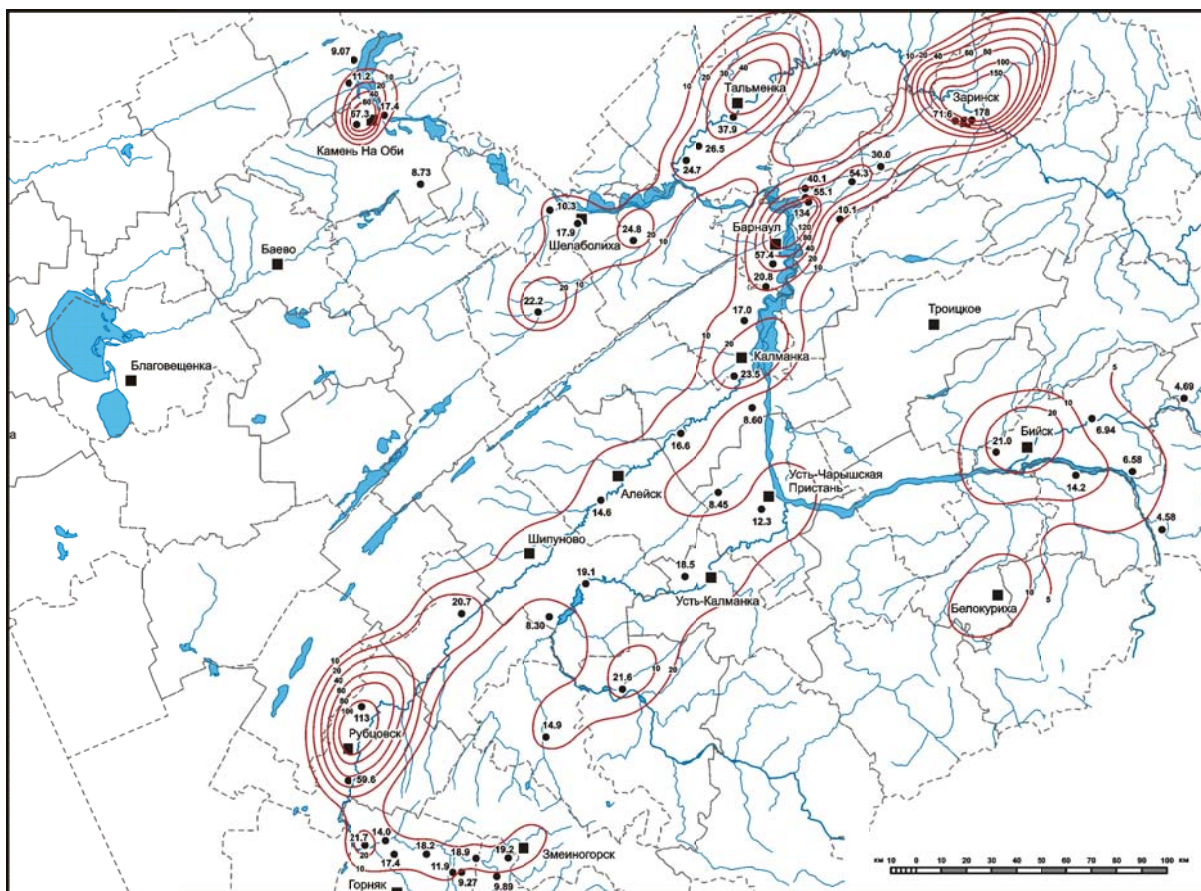
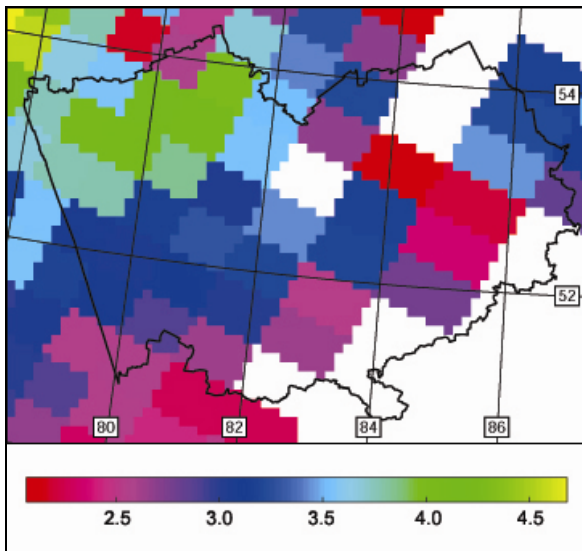
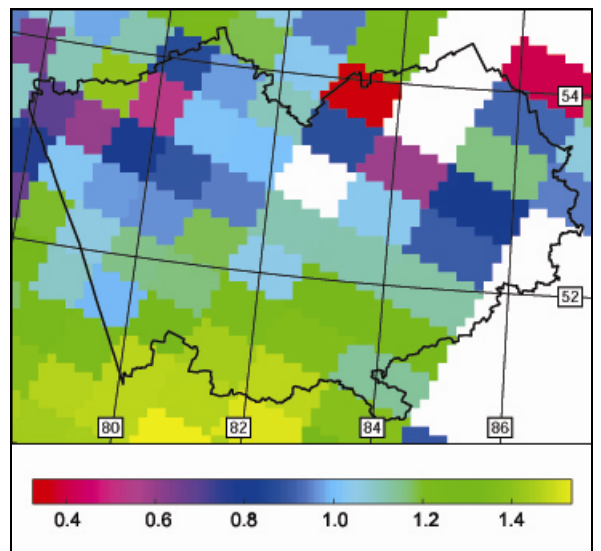


Рис. 2.1.41. Распределение ($\text{г}/\text{м}^2$) суммарных загрязнителей снежного покрова по территории водосборного бассейна верхней Оби

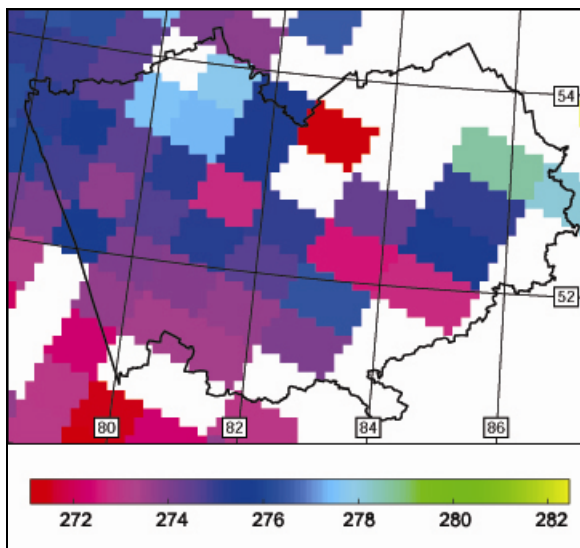


а)

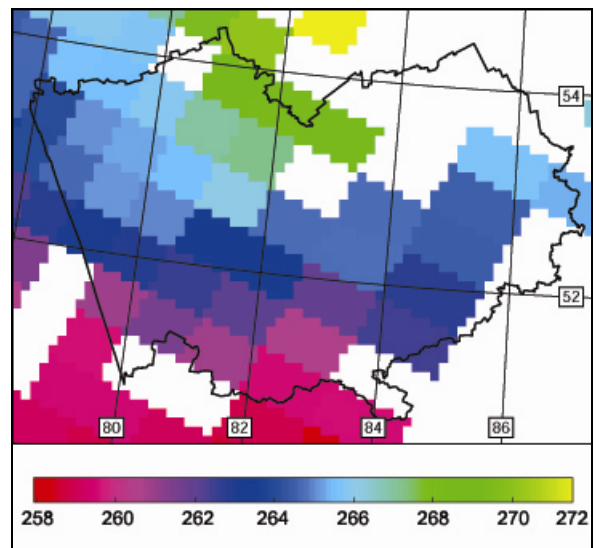


б)

Рис. 2.1.42. Пространственное распределение содержания влаги в воздухе (H_2O , г/кг) на уровнях 1000мБар (а) и 700мБар (б). 31 мая 2008г.



а)



б)

Рис. 2.1.43. Пространственное распределение температуры воздуха на уровнях 1000мБар (а) и 700 мБар (б). 31 мая 2008г.

ГИС “Оценка экологических последствий размещения предприятий по глубокой переработке угля и его отходов (рис. 2.1.44).

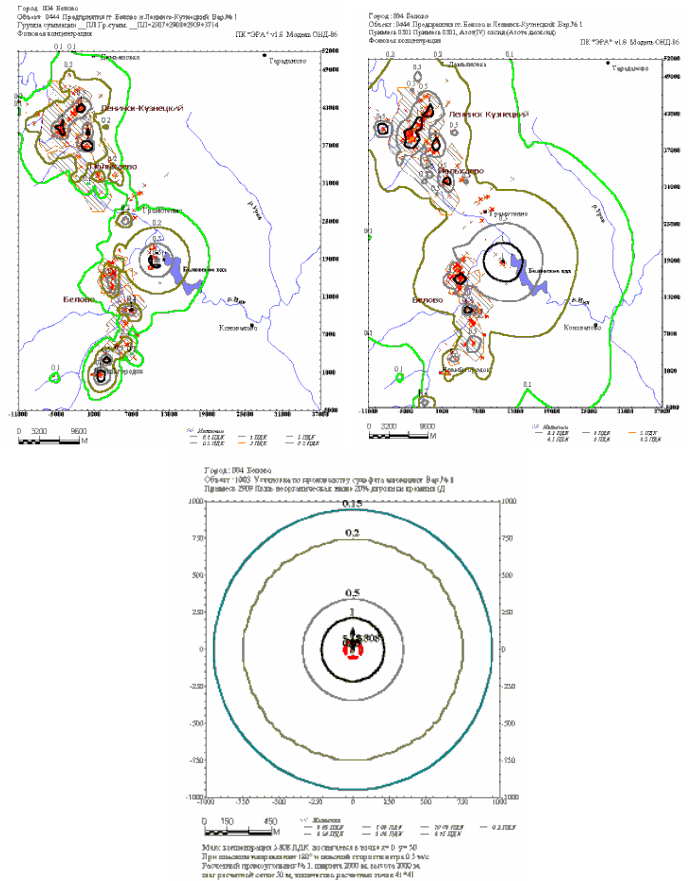
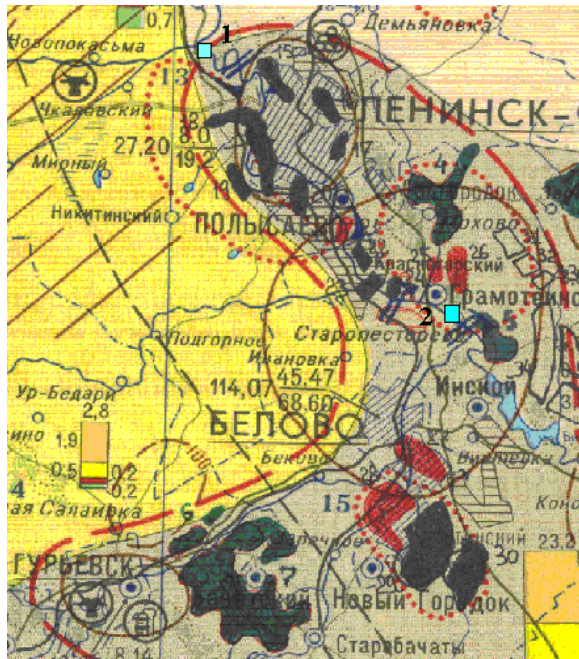


Рис. 2.1.44. Зоны влияния установок по переработке угля и золо-шлаковых отходов

Результаты работы по проекту отражены на сайте ИВЭП СО РАН <http://iwep.asu.ru> (рис. 2.1.45)



Вода и экология Сибири

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Главная
События
Новости Конференции
Информационный блок
Предметная область "Вода" Гидрогеология Гидрология Экология
Предметная область "Гео" Природный потенциал Ресурсы Экология
Данные ДЗЗ Другая геоинформация
Аналитический блок
находится в разработке
Контакты
ИВЭП СО РАН ИУУ СО РАН ИПХЭТ СО РАН ТФ ИНГТ СО РАН

Главная

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ПРОГРАММА 4.5.2
"Разработка научных основ распределенной информационно-аналитической системы
на основе ГИС и Веб-технологий для междисциплинарных исследований"**

План научных исследований на 2007 год (в формате PDF, 279kb)

**БЛОК 4.5.2.8
Информационно-аналитическая система "Вода и экология Сибири"**

Основная цель проекта - создание интегрированной распределенной проблемно-ориентированной информационно-аналитической системы при проведении междисциплинарных исследований для создания проблемно-ориентированных и предметно-ориентированных баз данных геоинформационной направленности, разработкой новых методов и моделей, базирующихся на результатах натурных наблюдений и на эмпирических данных; в том числе, создание методов и технологий обработки данных дистанционного зондирования; разработкой методов интеграции междисциплинарных данных и результатов исследований, базирующихся на пространственных характеристиках и признаках.

В работе по проекту предполагается объединить усилия специалистов по гидрогеологии, географии, гидрологии, биологии, геохимии, химии и экологии, включая промышленную экологию, проводивших многолетние исследования на территории Сибири для создания единой базы данных естественно-научных информационных ресурсов. С другой стороны, будут привлечены имеющиеся программные средства и ведущие специалисты в области физико-математических методов, программирования, дистанционного зондирования, информатики и геоинформатики для отработки методов интеграции междисциплинарных данных.

Территориально информационно-аналитическая система будет охватывать, в первую очередь, наиболее освоенный и "проблемный" регион юга Западной Сибири с возможностью информационного наполнения для всей территории Сибири.

Структурно проектируемая информационно-аналитическая система (ИАС) будет представлять собой трехмерную модель, включающую базу данных, специальную программную поддержку и аналитический блок.

Аналитическая часть ИАС базируется на многомерной базе данных, содержащей проблемно-ориентированную информацию. Информация извлекается из распределенного сетевого хранилища данных.

Аналитический блок ИАС включает методы, алгоритмы и программы, ориентированные на предметные области.

В рамках проекта планируется рассмотрение двух предметных областей, условно называемых: "Вода" и "Гео". Предметная область "Вода" включает разделы: гидрогеология (условия), гидрология (ресурсы) и экология (качество). Предметная область "Гео" включает разделы: условия (природный потенциал), ресурсы (характеристика), экология (качество) применительно к территориальным объектам.

Предполагается построение пространственно-распределенной системы с разными уровнями интеграции: Сибирь, административная единица (регион), геосистема, речной бассейн.

Предметная область "Вода" включает разделы: гидрогеология (условия), гидрология (ресурсы) и экология (качество).

Предметная область "Гео" включает разделы: условия (природный потенциал), ресурсы (характеристика), экология (качество) применительно к территориальным объектам.

Рис. 2.1.45. Главная страница сайта проекта ГИАС "Вода и экология Сибири"

**Инициативный проект Исследование физико-химических свойств воды
в природных и биологических средах**
(научн. рук. д.г.н., проф. Ю.И. Винокуров; отв. исп. д.т.н. А.Н. Романов)

Блок 1. Исследование физических свойств и структуры воды, водно-солевых растворов, биологических жидкостей

В условиях нарастающего антропогенного и техногенного прессинга на природные водные источники проблема обеспечения населения качественной водой приобретает национальный статус. К основным факторам, определяющим низкое качество питьевой воды, относятся неравномерность обеспечения территории качественными источниками водоснабжения, стойкая тенденция ухудшения качества воды в традиционных источниках питьевого водоснабжения, вторичное загрязнение воды на очистных сооружениях и в водопроводной сети, влияние условий доставки питьевой воды на ее качество и др.

В результате выполнения проекта получены следующие основные результаты:

1. Проведен сравнительный физико-химический анализ качества водопроводной воды в Алтайском крае и поставляемой на рынок Алтайского края бутилированной воды.
2. Исследовано влияние нанобактерий на структуру, физико-химические свойства и качество питьевой воды.

В плане изучения свойств биологических жидкостей сделано следующее:

3. Исследованы электрофизические свойства биологических жидкостей человека. Установлено, что частотные и концентрационные зависимости диэлектрических параметров асцитической и плевральной жидкостей, а также сыворотки крови зависят от нозологии, что позволяет разработать новые способы ранней диагностики заболеваний.

4. Разработан диэлектрический способ оценки функционального состояния человеческого организма и обнаружения патологических изменений, основанный на экспериментально установленном различии в микроволновом диапазоне диэлектрических характеристик потовой жидкости, отобранной с разных участков человеческого тела. Степень изменения функционального состояния человеческого организма может быть оценена в результате измерений величин ε' , ε'' и анализа временных трендов $\varepsilon'(\tau)$ и $\varepsilon''(\tau)$, изменение которых во времени может быть обусловлено изменением массовой концентрации и компонентного состава растворенных веществ, содержащихся в потовой жидкости. В этом случае производные по времени будут указывать направленность происходящих в человеческом организме процессов:

1. $\frac{\partial \varepsilon'(S)}{\partial \tau} \approx \frac{\partial \varepsilon''(S)}{\partial \tau} \approx 0$ – функциональных изменений и патологий не наблюдается;

2. $\frac{\partial \varepsilon'(S)}{\partial \tau} > 0, \frac{\partial \varepsilon'(S)}{\partial \tau} < 0, \frac{\partial \varepsilon''(S)}{\partial \tau} > 0, \frac{\partial \varepsilon''(S)}{\partial \tau} < 0$ – наблюдаются функциональные изменения в человеческом организме или патологии.

По результатам исследований подана заявка на изобретение:

Романов А.Н. Заявка на изобретение № 2009110591/20(014399) "Способ и устройство индивидуального пользования для структурирования и биологической активации питьевой воды".

Блок 2. Исследование взаимодействия воды с наноматериалами и разработка электрофизических методов оценки влияния наноматериалов на экологическое состояние природной среды и здоровье человека

Изучение свойств наноматериалов в ИВЭП СО РАН проводили на аппаратурном комплексе для измерения диэлектрических параметров жидкостей и дисперсных материалов в диапазоне, от 300 МГц до 5.6 ГГц. В ходе работ исследовали диэлектрические свойства системы "вода + наночастицы". В дециметровом диапазоне, в котором предполагается проводить измерения диэлектрических параметров, наиболее ярко проявляются различия в диэлектрических свойствах разных фаз воды. Для ряда наноматериалов воздействие на воду и связывание молекул воды электростатическими силами является установленным, однако диэлектрические параметры такой воды, рассматриваемой как наножидкость, не были измерены.

Для осуществления экспериментальных и теоретических работ был создан рабочий коллектив, в состав которого входят сотрудники следующих научных организаций:

- ИВЭП СО РАН,
- Институт неорганической химии СО РАН (Лаборатория физикохимии наноматериалов),
- Томский научный центр СО РАН (Лаборатория структурной макрокинетики),
- ФГУП ФРЦП "Алтай" (Лаборатория наноалмазов),
- НИИ высоких напряжений при Томском политехническом университете,
- Алтайский государственный университет (Химический факультет).

В результате проведенных исследований получены следующие основные результаты:

1. В дециметровом диапазоне измерены диэлектрические свойства образцов наноматериалов – графита с окисленными порами, многостенных углеродных трубок, наноматериалы предоставлены проф. А.В. Окотрубом (Лаборатория физикохимии наноматериалов, ИНХ СО РАН) в рамках проведения совместных научных исследований.

2. Исследованы диэлектрические свойства водных растворов ультрадисперсных алмазов в микроволновом диапазоне. Установлено изменение фазового состава и диэлектрических свойств воды, взаимодействующей с наночастицами. Для оценки влияния массовой концентрации наноалмазов на свойства и структуру воды исследовали суспензию алмазов в воде (марка УДА-В) представляющую собой водную суспензию серого цвета, pH=6,2, с содержанием углерода 93,7%, летучих соединений 1,8%, несоразмерных примесей 4,5%, УДА 10,4%, воды 89,6%.

3. Измерены на частоте сигнала 1.11 ГГц зависимости действительной и мнимой частей КДП от массовой концентрации наночастиц в водной суспензии наноалмазов. Установлено, что с увеличением массовой концентрации действительная и мнимая части комплексной диэлектрической проницаемости изменяются незначительно.

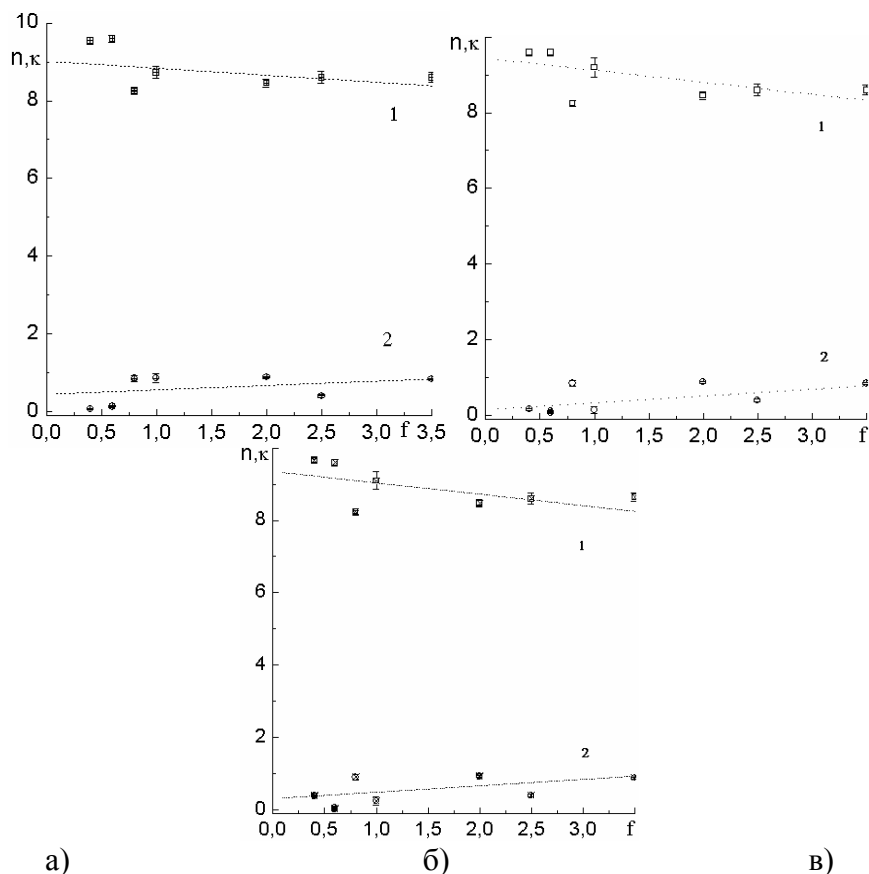
4. Сделан вывод о влиянии наноалмазов на структуру воды, в результате образования гидратных оболочек в суспензии наноалмазов, что ведет к изменению диэлектрических свойств жидкости. При этом наблюдается уменьшение действительной части КДП, может быть связано с появлением некоторого количества водных молекул, взаимодействующих с поверхностью наноалмазов, и рост мнимой части КДП, возможно обусловленный слабой проводимостью.

5. В ходе эксперимента исследовали зависимости показателей преломления и поглощения следующих образцов ультрадисперсных алмазов от частоты: 1) суспензия

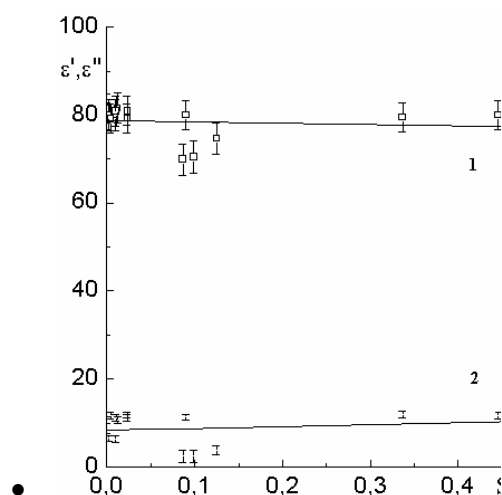
алмазов в воде (УДА-В), водная суспензия серого цвета с содержанием углерода 86%, летучих соединений 11%, несгораемых примесей 3%, содержание в составе углеродных фаз неалмазного углерода 4%, УДА 5%, вода 95%; 2) золь алмазов в деионизованной воде $\rho = 1,033 \text{ г/см}^3$, жидкость с размером агрегатов менее 350 нм, содержанием углерода 90%, летучих соединений 9%, несгораемых примесей < 1%, УДА глубокой очистки 5%, вода деионизованная 95%; 3) золь алмазов в деионизованной воде, жидкость с размером агрегатов 40 нм, содержанием углерода 90%, летучих соединений 9%, несгораемых примесей < 1%, УДА глубокой очистки 0,02%, вода деионизованная 99,98%.

6. В диапазоне от 1 до 5.5 ГГц измерены в микроволновом диапазоне диэлектрические свойства высушенного на воздухе магнитного наноразмерного порошка Fe_3O_4 полученного методом механохимического синтеза из солевых систем (материал изготовлен в Отделе структурной макрокинетики Томского научного центра СО РАН).

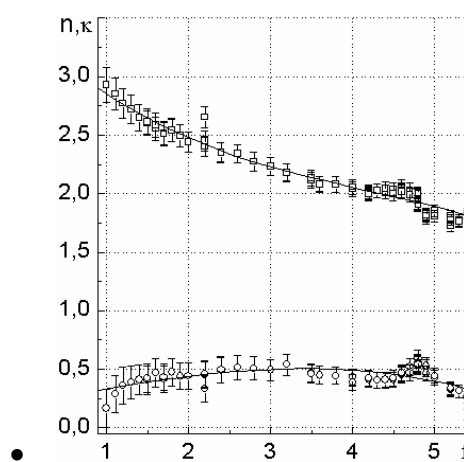
7. Установлено, что показатель преломления уменьшается с увеличением частоты сигнала, а показатель поглощения ведет себя более сложным образом. В диапазоне 1...3 ГГц наблюдается его возрастание (причем скорость возрастания неодинакова на частотах 1...2 и 2...3 ГГц), в интервале от 3 до 4.5 ГГц показатель преломления понижается, на частотах 4.7-4.8 ГГц наблюдается максимум, после которого значение уменьшается.



Зависимости показателей преломления (1) и поглощения (2) от частоты сигнала для водных растворов, содержащих наночастицы: а – водная суспензия алмазов, б – золь алмазов в деионизованной воде, в – золь алмазов в деионизованной воде



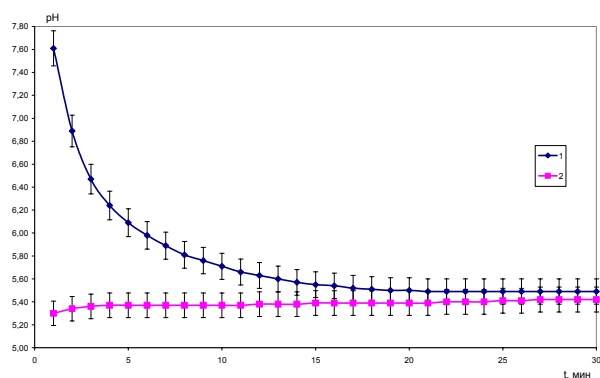
- Зависимости действительной (1) и мнимой (2) частей КДП водной суспензии ультрадисперсных наноалмазов от их массовой доли



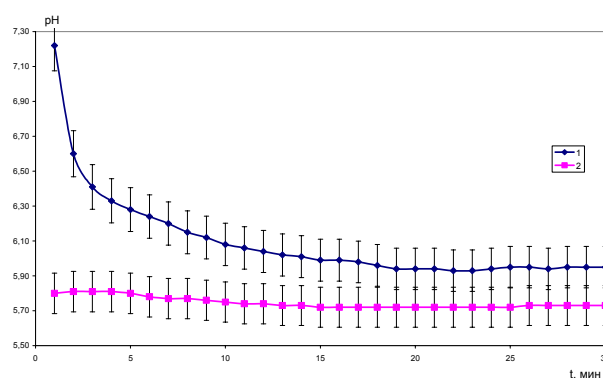
- Зависимость показателей преломления и поглощения магнитного наноразмерного порошка Fe_3O_4 от частоты сигнала (ГГц).

Блок 3. Исследование динамики водородного показателя pH и удельной электропроводности дистиллированной воды после воздействия низкоинтенсивным лазерным излучением и постоянным магнитным полем

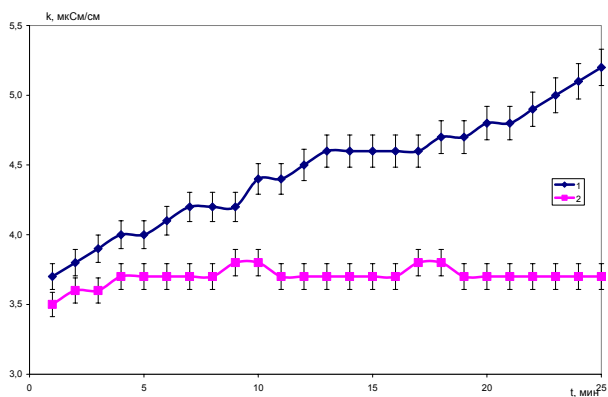
Результаты экспериментов приведены на рисунках 1-4. На рисунках представлены соответствующие зависимости: под номером 1 – для исследуемых образцов воды, подвергающихся воздействию 20 минут, под номером 2 – для контрольных образцов.



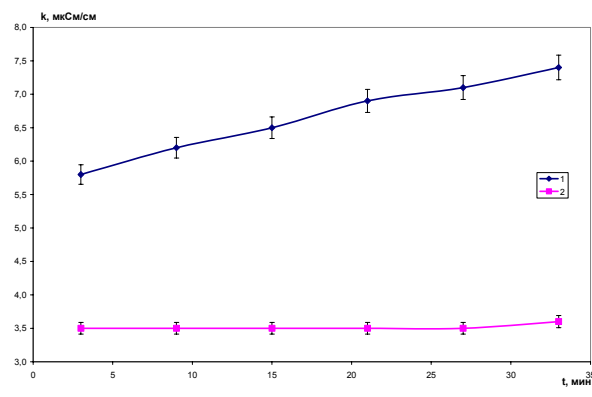
Зависимость водородного показателя воды pH от времени после воздействия ПМП: 1 – исследуемый образец; 2 – контрольный образец



Зависимость водородного показателя воды pH от времени после воздействия лазерного излучения: 1 – исследуемый образец; 2 – контрольный образец



Зависимость удельной электропроводности воды от времени после воздействия ПМП: 1 – исследуемый образец; 2 – контрольный образец



Зависимость удельной электропроводности воды от времени после воздействия лазерного излучения: 1 – исследуемый образец; 2 – контрольный образец

Блок 4. Разработка способов и устройств, повышающих качество питьевой воды

В ходе выполнения проекта разработаны устройства содержащие элементы, позволяющие осуществлять доочистку, структурирование, омагничивание питьевой воды непосредственно перед употреблением. В результате снижается вероятность попадания в организм человека вредных веществ, а также повышается полезность воды за счет ее структурирования и приближения к структуре водных фракций, существующих в биологических жидкостях и тканях человека. Устройства могут быть использованы в пищевой, фармацевтической промышленности, медицине, в домашних условиях, для очистки воды из городского водопровода, в экстремальных условиях, аварийных ситуациях.

Известно, что для человеческого организма более полезной является структурированная вода, что обусловлено существованием в биологических жидкостях и тканях человека водных фракций, аналогичных связанной и рыхлосвязанной фракциям воды. Биологическое действие на организм структурированной воды состоит в том, что каналы мембран клеток пропускают молекулы структурированной воды с повышенной скоростью, так как регулярная структура воды напоминает структуру самой мембраны. Количество и свойства образующихся водных кластеров и пограничной воды, а также повышенная биологическая активность воды, связанная с намагничиванием, протеканием через минералы с высокой удельной поверхностью и другими физическими процессами, являются максимальными также в момент приготовления, совпадающий с употреблением.

По результатам исследований поданы заявки на изобретения:

1. Романов А.Н. Заявка на изобретение № 2009110602/12(014410) "Насадка – фильтр на пластиковую бутылку для доочистки и структурирования питьевой воды".
2. Романов А.Н. Заявка на изобретение № 2009110676/15 на выдачу патента РФ на изобретение "Стакан Романова для доочистки и структурирования питьевой воды".
3. Романов А.Н. Заявка на изобретение № 2009120001 "Диэлектрический способ оценки функционального состояния человеческого организма и обнаружения патологических изменений".