

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

**ОТЧЕТ  
О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНСТИТУТА МОНИТОРИНГА  
КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
за 2007 год**

Утверждаю

Директор института

чл.-корр. РАН

\_\_\_\_\_ М.В.Кабанов

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
I НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА	5
1.1 Важнейшие результаты фундаментальных и прикладных исследований	5
1.2 Научно-организационная деятельность ИМКЭС	11
1.3 Результаты научно-исследовательских работ, выполненных по «базовым» проектам СО РАН	13
1.4 Краткие аннотации научно-исследовательских работ, выполненных по программам РАН, СО РАН и РФФИ	76
II НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА	124
2.1 Деятельность Ученого совета	124
2.2 Кадры	125
2.3 Характеристика Международных научно-технических связей	129
2.4 Итоги научной деятельности	136
2.5 Официальное признание	142
III ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	143
IV ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	145
<u>ПРИЛОЖЕНИЕ</u>	150
Список публикаций	

## ВВЕДЕНИЕ

В отчетном 2007 году были продолжены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с основным научным направлением Института. Полученные научные результаты по «базовым» программам СО РАН, интеграционным проектам РАН и СО РАН, а также по грантам РФФИ представлены в данном отчете. Итоги выполненных фундаментальных исследований в 2007 году и в предыдущие годы позволяют выйти на предложения по ряду инновационных проектов, по которым Институт с учетом своего кадрового состава и развивающейся материально-технической базы готов выступить в роли головной научной организации. С ориентацией на развитие взаимодействия с Техничко-внедренческой зоной в г. Томске к реализации предлагаемых инновационных проектов планируется привлечение других институтов СО РАН, вузов и отраслевых организаций (Росгидромета, Минприроды, МЧС и др.). Ниже приведен перечень инновационных проектов, созревших для их продвижения в 2008 году (по итогам 2007 г.)

**1. Разработка лесовосстановительных технологий для рационального лесопользования (на примере лесного фонда Томской области) и создание опытного лесопитомника для элитного посадочного материала целевого назначения.**

Стартовая основа – ранее выполненные обследования лесного фонда в Томской области по заказу Администрации ТО и Рослесхоза; научно-исследовательский лесопитомник ИМКЭС СО РАН в Курлеке для селекции элитного посадочного материала.

Инновационная основа – научно обоснованные нормативы рационального лесопользования с учетом наблюдаемых природно-климатических изменений, а опытный лесопитомник как необходимое коммерческое звено для перспективного (ресурсосберегающего) лесовосстановления.

**2. Разработка и создание информационно-измерительного комплекса для экологического мониторинга техногенных воздействий при освоении Бакчарского железорудного месторождения.**

Стартовая основа – действующий стационар "Васюганье" ИМКЭС СО РАН (Полынянка Бакчарского района) и многолетние ряды полевых наблюдений при отсутствии техногенных воздействий.

Инновационная основа – продолжение наблюдений на стационаре "Васюганье" (в условиях техногенных воздействий) и организация дополнительных постов наблюдений за процессами развития лесных и болотных экосистем на территории освоения. Предлагаемый комплекс обеспечит принятие своевременных научно обоснованных мер по экологической безопасности при промышленном освоении территории (при реализации проекта "Бакчарская сталь"). В мировой практике отсутствуют примеры столь удачной возможности сопоставить многолетние наблюдения развития экосистем до и после появления техногенных нагрузок и дать обоснованную оценку экологических рисков.

**3. Разработка и создание информационно-измерительной системы для мониторинга и инструментального прогнозирования шквальных рисков (пробные испытания в Томском аэропорту).**

Стартовая основа – разработанный в ИМКЭС СО РАН сертифицированный автономный метеорологический комплекс АМК с ультразвуковым термоанемометром.

Инновационная основа – автоматизированная (компьютерная) обработка в реальном масштабе времени наземных данных по трем пунктам измерений (Академгородок - Аэропорт - Курлек) с одновременным краткосрочным прогнозом шквальных рисков в дополнение к штормовым предупреждениям по традиционным методикам. Предлагаемая сис-

тема не имеет мировых аналогов и после пробных испытаний может стать коммерческим наукоемким продуктом на мировом рынке.

**4.Создание ЦКП "Опытное производство" СО РАН для конструкторского сопровождения, производства и контрольных испытаний новых приборов и комплектующих элементов по заказам томских научных организаций и резидентов ТВЗ.**

Стартовая основа – производственные цеха (более 4 тыс.м<sup>2</sup>), контрольно-испытательная станция и конструкторско-технологическая лаборатория ИМКЭС СО РАН, а также производственно-технологические участки малых предприятий-арендаторов на площадях ИМКЭС СО РАН (более 10).

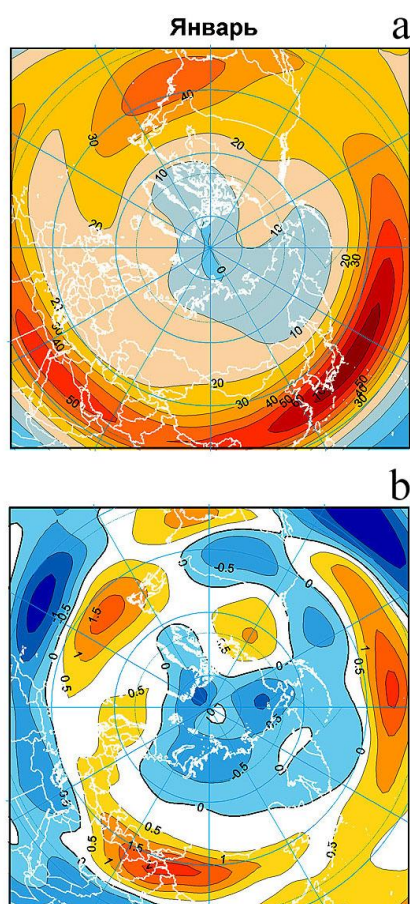
Инновационная основа - ЦКП "Опытное производство" создается как инфраструктурная производственная поддержка инновационных разработок на стадии изготовления малых серий опытных образцов и развивается как универсальный набор гибких производственно-технологических участков.



# I НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

## 1.1. ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА

1. Исследование процессов зональной циркуляции в тропосфере Северного полушария показало возрастание скорости ветра на оси субтропического струйного течения на 1 м/с за 10 лет для последовательности холодных сезонов в период 1948-2005 гг. Установлено, что низкочастотная временная изменчивость скорости ветра на оси струи статистически значимо связана с процессами Северо-Атлантического и Южного колебаний, а так же с изменениями солнечной активности и угловой скорости вращения Земли.



Распределение средней январской U-компоненты ветра на уровне 200 гПа (a) и ее тренд (b) за 1948-2005 гг.

Distribution of January mean U-component of wind at 200-hPa level (a) and its trend in 1948-2005 (b).

На поясняющем рисунке показано среднее многолетнее распределение зональной компоненты скорости ветра на уровне 200 гПа (11-12км) в январе (a), и соответствующих линейных трендов (б) за 1948-2005 гг. Зоны, окрашенные в красный и желтый цвет, отвечают ветрам, направленным с запада на восток, а окрашенные в синий цвет – ветрам противоположного направления. Области, ограниченные снизу изотаксой 30 м/с составляют

субтропическое струйное течение. В январе оно имеет спиралевидную структуру и расположено, в среднем, на  $25^{\circ}$  с.ш. В июле течение приобретает кольцевую структуру и смещается к северу на  $45^{\circ}$  с.ш. Области максимального ветра в течении расположены над Флоридой, Севером Сахары и югом Японии. Области максимальных трендов расположены восточнее этих районов, что приводит к некоторому долговременному смещению струи в восточном направлении. Требования сохранения полного углового момента Земли проявляется в том, что областям повышенного тренда западной струи соответствуют области повышенного тренда восточной циркуляции в низких широтах.

Значимая ( $r=0,4$ ) положительная связь скорости струи с индексами Северо-Атлантического колебания имеет место в осенние и зимние месяцы в Атлантическом и Европейском секторах. Более тесная ( $r=0,6$ ) положительная связь скорости струи с индексами Южного колебания имеет место в зимний сезон в Тихоокеанском и Американском секторах, в которых высоким положительным фазам индекса Южного колебания (явление Эль-Ниньо) отвечают максимальные скорости струи, а низким отрицательным фазам индекса Южного колебания (явление Ла-Нинья) – минимальные скорости. Значимая ( $r=0,4$ ) отрицательная связь скорости струи с угловой скоростью вращения Земли установлена для июня-августа. В этот период струя, как и весь западный зональный поток, смещается к центру Североамериканского и Евразийского континентов, что приводит к росту поверхностного напряжения и способствует увеличению обмена моментами количества движения между поверхностью Земли и атмосферой.

Прямая связь между рядами скорости течения и числами Вольфа не обнаружена. Однако, она имеет место между выявленными в этих рядах с помощью процедуры вейвлет-преобразования внутренними колебаниями 11-летнего масштаба.

**2. Анализ анатомо-морфологических и молекулярно-генетических признаков у 5-хвойных сосен Северной и Восточной Азии показал, что кедровые сосны (кедр сибирский, кедр корейский и кедровый стланик) не являются естественной группой видов. Вместе с некоторыми другими 5-хвойными соснами они образуют единую филогенетическую систему, сформировавшуюся в результате сетчатой эволюции: чередования климатически обусловленных циклов дивергенции видов и их естественной гибридизации.**

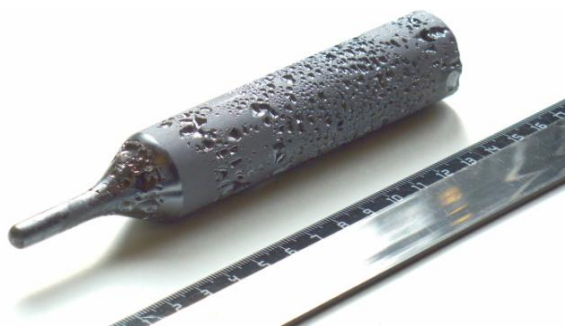


Кедровый стланик (слева), кедр сибирский (в центре) и их естественный гибрид (справа) на горе Сохондо (Хентей-Чикойское нагорье, высота 1700 м над уровнем моря)

Japanese stone pine (on the left), Siberian stone pine (in the center) and their natural hybrid (on the right) at Sokhondo mountain (Khentey-Chikoiskoe plateau, 1700 m above sea level)

В настоящее время генетическое взаимодействие между видами осуществляется в Забайкалье, где перекрываются ареалы кедра сибирского и кедрового стланика. Из-за некоторой разбалансировки морфофизиологических адаптаций естественные гибриды имеют пониженную устойчивость по сравнению с родительскими видами, но они вполне жизнеспособны и занимают свободную экологическую нишу во втором ярусе древостоя. Относительно успешное вегетативное и половое воспроизводство, а также предрасположенность гибридов к скрещиванию между собой позволяет рассматривать их как перспективное эволюционное новообразование, возможно, "зародыш" нового вида.

**3. С целью развития элементной базы для систем лазерного газоанализа и высокоэффективных источников субмиллиметрового (ТГц) излучения, в ИМКЭС СО РАН получены монокристаллы  $ZnGeP_2$  с рекордными в мировой практике размерами (диаметр до 30 мм, длина 110-120 мм, вес 320-350 г) и высоким структурным совершенством. Для реализации условий выращивания таких кристаллов в ИМКЭС СО РАН разработано и изготовлено прецизионно управляемое термическое оборудование (на основе технологии планарных печных конструкций) и проведены исследования влияния динамических параметров теплового поля, ориентации затравочных кристаллов и состава паровой фазы на процессы формирования дефектной структуры кристаллов  $ZnGeP_2$ .**

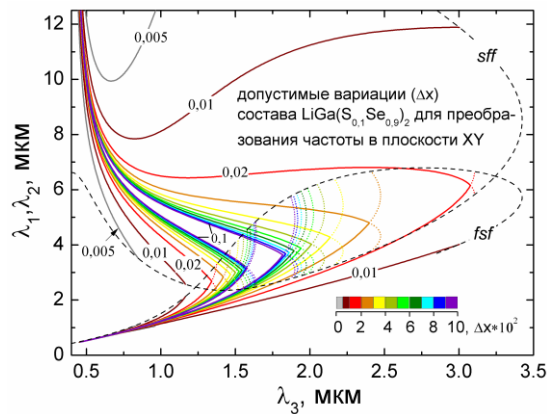


Монокристалл  $ZnGeP_2$ , выращенный в прецизионно управляемой установке для выращивания кристаллов методом Бриджмена (вертикальный вариант).

$ZnGeP_2$  single crystal grown in precisely controlled setup for crystal growth by Bridgmen method (vertical version).

**4. Для создания перестраиваемых источников излучения оптических газоанализаторов разработана математическая модель процессов параметрического преобразования частоты в нелинейных кристаллах твердых растворов типа  $LiGa(S_{1-x}Se_x)_2$ ,  $AgGa_{1-x}In_xSe_2$ ,  $Hg_{1-x}Cd_xGa_2S_4$ , имеющих пространственные вариации отношения смещения исходных компонентов –  $x$ . Решение предложенной системы уравнений, учитывающей параметры пучков накачки, неоднородности состава и других параметров кристаллов, влияющих на выходные характеристики преобразователей частоты, показало возможность создания генераторов второй гармоники ультракоротких импульсов с заданной компрессией длительности, других преобразователей частоты с неординарными характеристиками.**





Оконтуренные спектральные области для трехчастотных процессов параметрического преобразования частоты на длинах волн  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  в кристалле твердого раствора  $\text{LiGa}(\text{S}_{0.1}\text{Se}_{0.9})_2$  по sff и fsf типам взаимодействий при наличии вариаций отношения смешения  $|\Delta x|$  от 0,005 до 0,1 определяют технические требования к выращиваемым кристаллам.

Outlined spectral regions for three-frequency parametric conversion processes of sff and fsf types at wavelengths  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  and  $\lambda_3$  in solid solution crystal  $\text{LiGa}(\text{S}_{0.1}\text{Se}_{0.9})_2$  at presence of composition ratio variations  $|\Delta x|$  from 0.1 to 0.005 determine specifications for crystals to be grown.

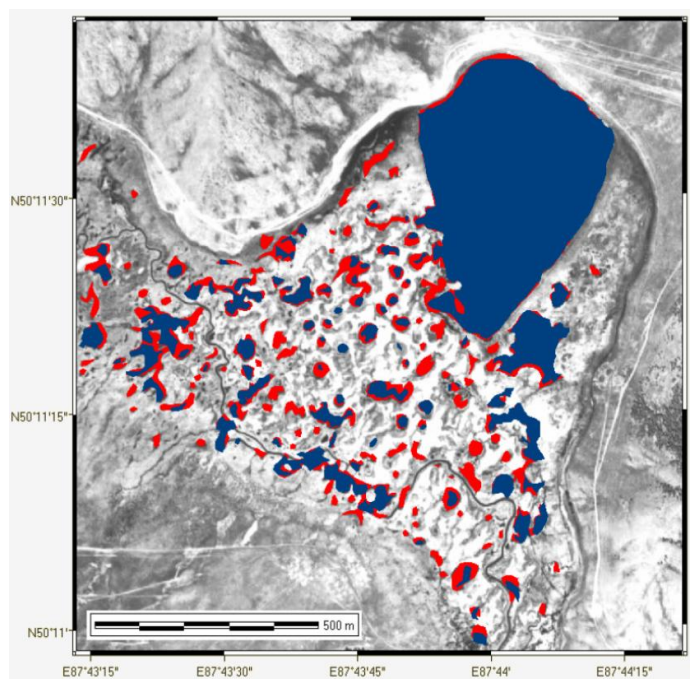
**5. Завершена разработка автоматического ультразвукового метеокомплекса АМК-03, измеряющего основные метеорологические величины: скорость и направление ветра, температуру и влажность воздуха, атмосферное давление. Измерение мгновенных значений скорости ветра и температуры воздуха производится с частотой до 80 Гц при чувствительности 0,05 м/с и 0,05 °С, соответственно. Комплекс оснащен автоматической системой контроля и градуировки блока термоанемометра (положительное решение о выдаче патента на изобретение от 21.08.2007 по заявке на патент РФ № 2006119583/28 (021283), приоритет от 05.06.2006). Метеокомплекс занесен в Государственный реестр средств измерений под № 36115-07 (сертификат об утверждении типа средств измерений RU.C.28.007.A №29530/1).**



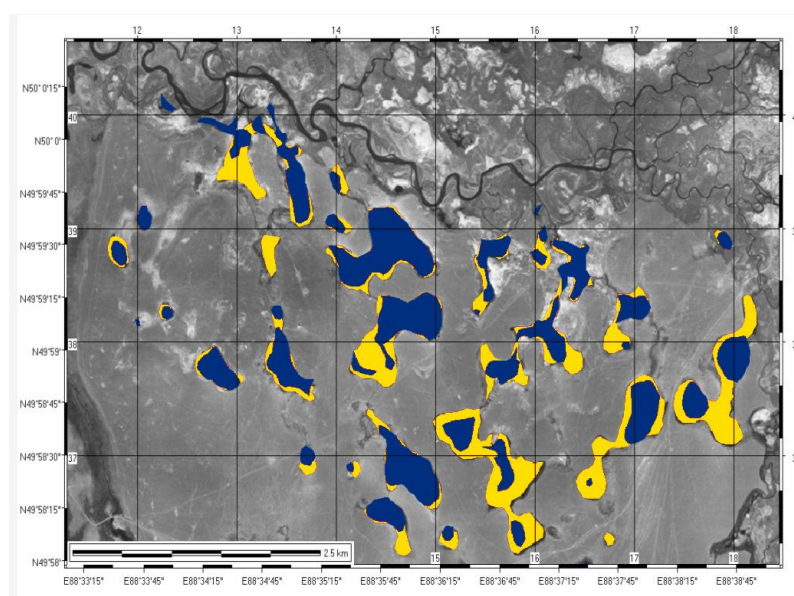
Основные составные части метеокомплекса АМК-03: 1 – термоанемометр ДСВ-16; 2 – датчик давления и влажности ДДВ-12; 3 – датчик метеопараметров ДСВ-15; 4 – пульт управления ППУ-25; 5 – блок питания БПН-52.

Main units of the meteorological complex АМК-03: 1 is DSV-16 thermoanemometer; 2 is DDV pressure gauge and humidity sensor; 3 is DSV-15 meteorological parameters detector; 4 is PPU-25 control console; 5 is BNP-52 power supply.

**6. На основе анализа материалов дистанционного зондирования территории Горного Алтая за 25-летний период (аэрофото- и космоснимки) и экспедиционных исследований, установлено устойчивое увеличение площади термокарстовых озер в горной части Алтая (63%) и сокращение суммарной их площади (42%) на равнинах межгорных котловин (Чуйский и Курайский тестовые участки). Возможными причинами данных процессов являются изменения климата.**



Плато Иштыкколь, Горный Алтай. Синий цвет площадь озер по состоянию на 1972 год, красным – на 2007 год.

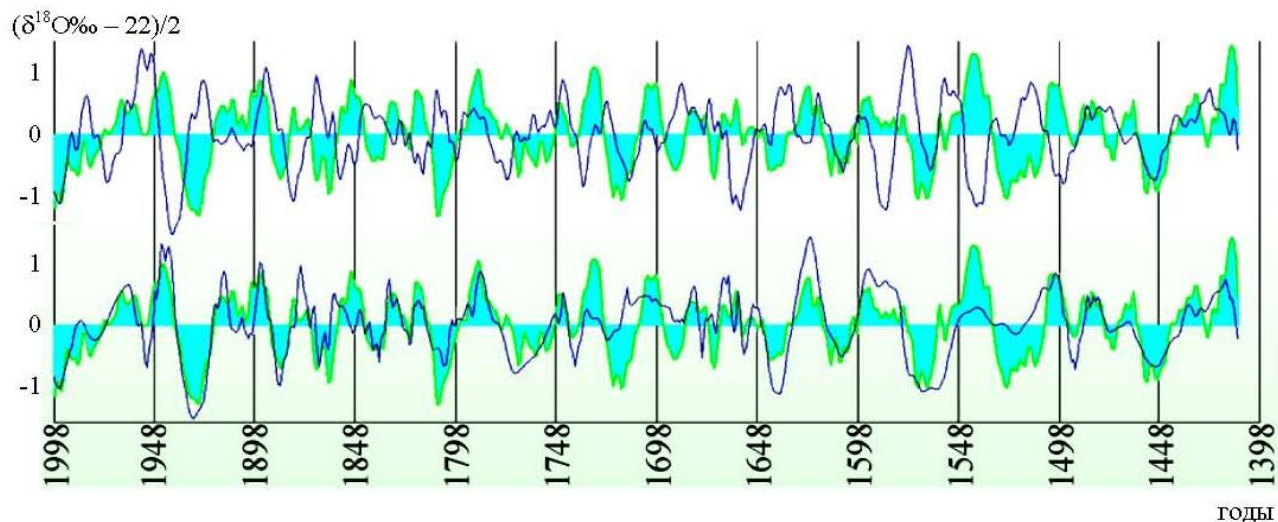


Чуйская степь, межгорная равнина. Сокращение площади озерных акваторий. Желтым цветом показаны границы озер по состоянию на 1972 год, синим - на 2007 год

**7. Разработан метод синхронизации хронологий (временных рядов) изотопов кислорода, зафиксированных в ледниковых слоях с косвенной датировкой и в целлюлозе годовичных колец деревьев с абсолютной датировкой. При апробации метода путем сопоставления рядов по ледниковым слоям Гренландии и по годовичным кольцам де-**

**ревьев Прибайкалья коэффициент корреляции возрос от -0,07 до 0,66 (см. рисунок) и стал близок к значениям для других хронологий Прибайкалья. (ИМКЭС, СИФИБР)**

Полученный результат обосновывает разработанный метод синхронизации хронологий, полученных разными способами и в разных регионах планеты, а также подтверждает гипотезу о наличии естественной глобальной обусловленности хронологий изотопов кислорода атмосферными осадками.



На рисунке приведены нормированные средние концентрации изотопа кислорода  $\delta^{18}\text{O}$  для Байкальской и Гренландской хронологий (силует и линия соответственно). Вверху — исходные хронологии, коэффициент корреляции равен -0,07; внизу — синхронизированные хронологии, коэффициент корреляции равен 0,66.

Синхронизация хронологий проведена для сглаженных за 11 лет временных рядов по статистически значимым экстремумам и с использованием математической операции «сжатие-растяжение», основанной на предварительном анализе фазовых функций временных рядов [В.А.Тартаковский, 2002].

1. Тартаковский В.А. *Условия причинности и демодуляция оптических сигналов с монотонной фазой*. Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15. № 1. 91-100.
2. Воронин В.И., Тартаковский В.А., Волков Ю.В. *О датировании изотопных хронологий*. Новые методы в дендрэкологии: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. СИФИБР СО РАН. Иркутск-2007. 62-63.
3. В.И. Воронин, Ю.В. Волков, Г.Х. Шлезер, Г. Хелле, В.Д. Несветайло, В.А. Тартаковский. *Древесно-кольцевые изотопные хронологии Прибайкалья и их связь с ледовой изотопной хронологией Гренландии*. Оптика атмосферы и океана 2008, Т. 21, №1, 60-64.

**1.2. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИМКЭС СО РАН в 2007 г.**

Программы, гранты	Руководитель проекта (раздела проекта)
<b><u>Программа Сибирского отделения РАН</u></b>	
<b><u>Проект 7.10.1.1.</u></b> Исследование климатообразующих атмосферных процессов с учетом воздействия глобальных и региональных факторов (№ 01.2.007 04641)	Кабанов М.В. Ипполитов И.И.
<b><u>Проект 7.10.1.2.</u></b> Развитие информационно-измерительных технологий для мониторинга и моделирования атмосферных, гидросферных и литосферных процессов в геосистеме Сибири (№ 01.2.007 04638)	Крутиков В.А.
<b><u>Проект 7.10.1.3.</u></b> Исследование экосистемных изменений в Сибири и связанных с ними рисков природопользования (№ 01.2.007 04642)	Поздняков А.В.
<b><u>Проект 7.13.1.2.</u></b> Развитие методов и технических средств на основе оптических, радиоволновых и акустических эффектов для изучения природных и техногенных систем (№ 01.2.007 04640)	Тихомиров А.А.
<b><u>Проект 6.3.1.16.</u></b> Разнообразие в экосистемах бореальных лесов: динамические и функциональные аспекты (№ 01.2.007 04639)	Дюкарев А.Г.
<b><u>Проект 4.5.2.2.</u></b> Разработка научных основ информационно-вычислительной системы на основе Веб- и ГИС технологий для исследований региональных природно-климатических процессов (№ 01.2.007 04643)	Гордов Е.П.
<b><u>Интеграционные междисциплинарные проекты СО РАН</u></b>	
<b>Проект № 34</b> «Создание распределенной информационно-аналитической среды для исследований экологических систем». Соисполнители.	Гордов Е.П.
<b>Проект № 86</b> «Создание средств спутникового экологического мониторинга Сибири и Дальнего Востока на основе новых информационных и телекоммуникационных методов и технологий». Соисполнители.	Крутиков В.А.
<b>Программа РАН. Программа 16 «Изменения окружающей среды и климата: природные катастрофы».</b>	
<b>Проект 4:</b> «Природные и антропогенные факторы динамики криогенных геосистем Евразии»	Крутиков В.А.
<b>Проект 5:</b> «Комплексный мониторинг современных климатических и экосистемных изменений в Западной Сибири»	Кабанов М.В.
<b>Программа ОНЗ-7.3 «Техногенное преобразование недр Земли: развитие теоретических основ эффективного использования и сохранения георесурсов»</b>	
<b>Проект 7.3.1:</b> «Обоснование путей повышения эффективности и экологической безопасности открытой добычи твердых полезных ископаемых»	Крутиков В.А.

<b>Гранты</b>	
<b>Грант ФЦНТП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно – технологического комплекса России" на 2007 - 2012 годы»</b> Проект «Научно-методическое и научно-организационное обеспечение проведения Международной конференции и школы молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “CITES-2007” Томск, Россия, 14-25 июля 2007 года»	Гордов Е.П.
<b>Грант РФФИ № 07-05-06094/г:</b> организация и проведение российской конференции «VII Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу»	Кабанов М.В.
<b>Грант РФФИ № 05-07-98009/р:</b> «Создание базы данных об экологическом состоянии Томского региона с использованием новых математических моделей годичных колец деревьев как биоиндикаторов»	Тартаковский В.А.
<b>Грант РФФИ № 05-05-98010/р:</b> «Экспериментальные и модельные исследования состояния городской воздушной среды с использованием комплексной системы мониторинга и прогноза качества воздуха»	Гордов Е.П.
<b>Грант РФФИ № 05-05-64182/а:</b> «Формирование горно-долинных озерных бассейнов в Алтае-Саянской горной области вследствие неотектонических перекосов поверхности»	Поздняков А.В.
<b>Грант РФФИ № 06-04-49328а:</b> «Остаточно-гумусовые органно-аккумулятивные почвы таежной зоны: география, генезис классификация»	Дюкарев А.Г.
<b>Грант РФФИ № 06-05-96945/офи:</b> «Геоинформационные технологии пространственной локации и мониторинга структурных неоднородностей литосферы»	Крутиков В.А.
<b>Грант РФФИ № 06-02-96911/офи:</b> «Создание физико-химических и технологических основ получения и управления свойствами оптических монокристаллов многокомпонентных соединений для источников лазерного излучения ИК и субмиллиметрового (Терагерцевого) диапазонов»	Грибенюков А.И.
<b>Грант РФФИ № 06-04-49065/а:</b> «Адаптивная структура популяций сосны кедровой сибирской в оптимальных и пессимальных условиях»	Велисевич С.Н.
<b>Грант РФФИ № 07-04-10120/к:</b> «Организация и проведение экспедиционных исследований адаптивной структуры популяций сосны кедровой сибирской ( <i>Pinus sibirica</i> Du Tour) в оптимальных и пессимальных условиях»	Велисевич С.Н.
<b>Грант РФФИ № 07-04-10134/к:</b> «Организация и проведение экспедиционных исследований межвидовой гибридизации как фактора сетчатой эволюции азиатских видов 5-хвойных сосен»	Горошкевич С.Н.
<b>Грант РФФИ № 07-04-00593/а:</b> «Межвидовая гибридизация как фактор сетчатой эволюции азиатских видов 5-хвойных сосен»	Горошкевич С.Н.
<b>Грант РФФИ № 07-05-08768/з:</b> Участие в 19-ом международном конгрессе по акустике («19-th International Congress on Acoustics – ICA 2007 MADRID»)»	Красненко Н.П.
<b>Грант РФФИ № 07-05-08335/з:</b> Участие в международном симпозиуме «Динамика и контроль загрязняющих веществ в заболоченном ландшафте»	Веретенникова Е.Э.



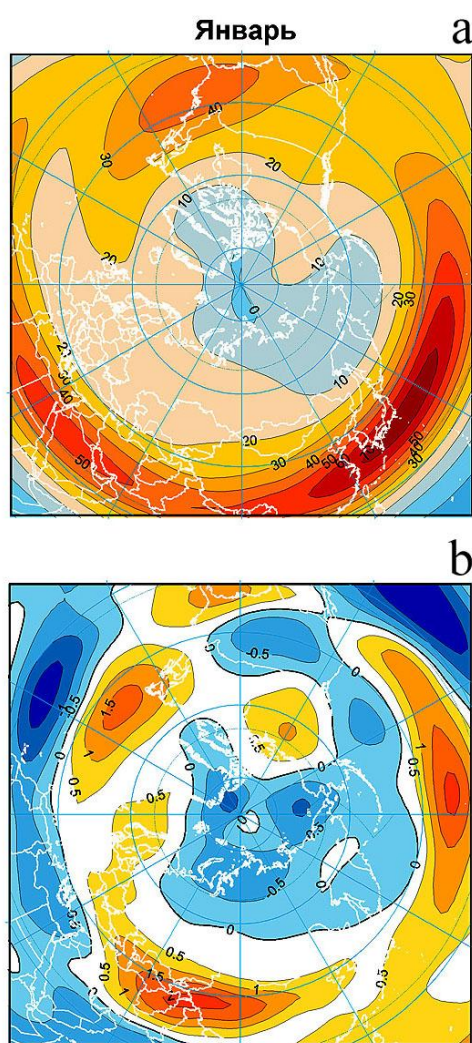
### 1.3.1. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ПРОГРАММАМ СО РАН

#### Проект 7.10.1.1. Исследование климатообразующих атмосферных процессов с учетом воздействия глобальных и региональных факторов (научные руководители: чл.-корр. РАН М.В.Кабанов, д.ф.-м.н. И.И.Ипполитов)

##### 1. Результат, представленный в качестве важнейшего:

Исследование процессов зональной циркуляции в тропосфере Северного полушария показало возрастание скорости ветра на оси субтропического струйного течения на 1 м/с за 10 лет для последовательности холодных периодов 1948-2005 гг.

Установлено, что низкочастотная временная изменчивость скорости ветра на оси струи статистически значимо связана с процессами Северо-Атлантического и Южного колебаний, а так же с изменениями солнечной активности и угловой скорости вращения Земли.



На поясняющем рисунке показано среднее многолетнее распределение зональной компоненты скорости ветра на уровне 200 гПа (11-12км) в январе (а), и соответствующих линейных трендов (б) за 1948-2005 гг. Зоны, окрашенные в красный цвет отвечают ветрам, направленным с запада на восток, а окрашенные в синий цвет – ветрам противоположного направления. Области, ограниченные снизу изотаксой 30 м/с составляют субтропическое струйное течение. В январе оно имеет спиралевидную структуру и расположено, в среднем, на 25° с.ш. В июле течение приобретает кольцевую структуру и смещается к северу на 45° с.ш. Области максимального ветра в течении расположены над Флоридой, Севером Сахары и югом Японии. Области максимальных трендов расположены восточнее этих районов, что приводит к некоторому долговременному смещению струи в восточном направлении. Требования сохранения полного углового момента Земли проявляется в том, что областям повышенного тренда западной струи соответствуют области повышенного тренда восточной циркуляции в низких широтах.

Значимая ( $r=0,4$ ) положительная связь скорости струи с индексами Северо-Атлантического колебания имеет место в осенние и зимние месяцы в Атлантическом и Европейском секторах. Более тесная ( $r=0,6$ ) положительная связь скорости струи с индексами Южного колебания имеет место в зимний сезон в Тихоокеанском и Американском секторах, в которых высоким положительным фазам индекса Южного колебания (явление Эль-Ниньо) отвечают максимальные скорости струи, а низким отрицательным фазам индекса Южного колебания (явление Ла-Нинья) – минимальные скорости. Значимая ( $r=0,4$ ) отрицательная связь скорости струи с угловой скоростью вращения Земли установлена для июня-августа. В этот период струя, как и весь западный зональный поток, смещается к центру Североамериканского и Евразийского континентов, что приводит к росту поверхностного напряжения и способствует увеличению обмена моментами количества движения между поверхностью и атмосферой.

Прямая связь между рядами скорости течения и числами Вольфа не обнаружена. Однако, она имеет место между выявленными в этих рядах с помощью процедуры вейвлет-преобразования внутренними колебаниями 11-летнего масштаба.

## 2. Другие полученные по проекту результаты:

**Исследование процессов зональной циркуляции в тропосфере Северного полушария показало возрастание скорости ветра на оси субтропического струйного течения на 1 м/с за 10 лет для последовательности холодных периодов 1948-2005 гг.**

**Установлено, что низкочастотная временная изменчивость скорости ветра на оси струи статистически значимо связана с процессами Северо-Атлантического и Южного колебаний, а так же изменениями солнечной активности и угловой скорости вращения Земли.**

Целью работы являлось изучение пространственно-временной изменчивости характеристик субтропического струйного течения на временном интервале 1948-2005 г.г. и выявление связей скорости на оси СТ с Северо-Атлантическим (NAO) и Южным (SOI) колебаниями, колебаниями солнечной активности, а также с вариациями угловой скорости вращения Земли.

В качестве исходных данных использовались:

- База данных реанализа NCEP/NCAR за 1948-2005 гг. (17 изобарических поверхностей от 1000 до 10 гПа на сетке с шагом  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$  по широте и долготе (<http://www.cdc.noaa.gov/PublicData/>)
- Данные о нутации и изменениях скорости вращения Земли (<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/index.html>)
- Геофизические индексы NAO, SOI (<http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html>)
- Числа Вольфа  
(ftp:// <ftp.nqdc.noaa.gov>)

На рис. 1 представлены распределения в меридиональной плоскости усредненной по времени и по кругам широты зональной компоненты скорости ветра  $[\bar{u}]$  на различных уровнях атмосферы от 1000 до 10 гПа для января (а) и июля (б), а так же линейные тренды за 1948-2005 г.г., выраженные в м/с за 10 лет. Границей, выделяющей собственно струйное течение принято считать изотаху 30 м/с. Примечательным является то, что при таких масштабах осреднения не проявляются струйные течения умеренных широт, наблюдающиеся в области  $40-60^{\circ}$  ш. на высотах около 300 гПа. Это связано с большой подвижностью СТ умеренных широт и, следовательно, относительно малой повторяемостью на определенной широте. Однако, реанализ вполне адекватно воспроизводит эти струйные течения если выделяется, например, некоторый сезон определенного года.

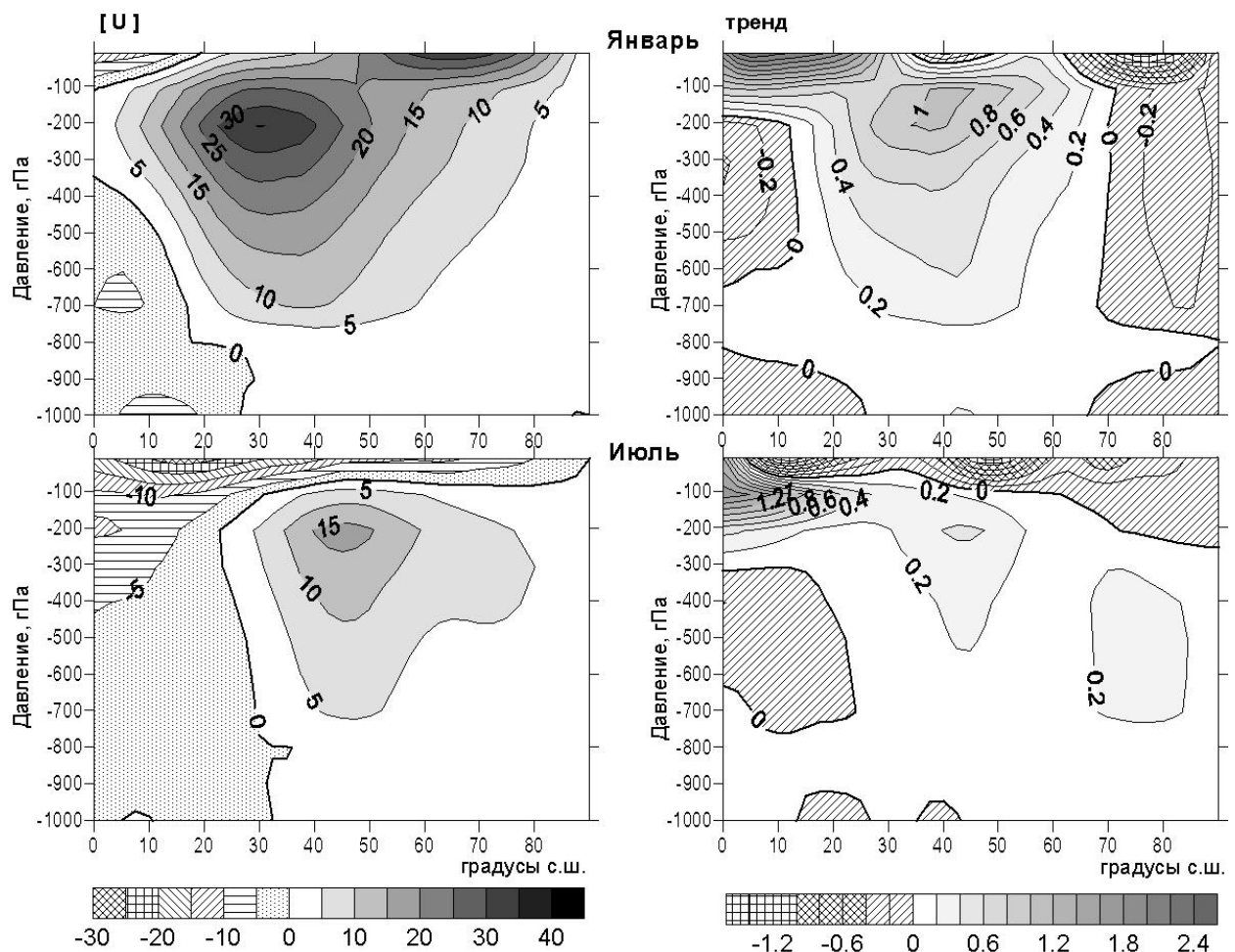


Рис. 1. Высотное распределение усредненной по времени и по кругам широты зональной компоненты скорости ветра  $[\bar{u}]$  для января и июля, а так же линейные тренды за 1948-2005 гг., выраженные в м/с за 10 лет.

Из рис. 1 следует, что среднее многолетнее положение оси субтропического СТ по вертикали соответствует уровню 200 гПа, причем в январе среднее положение струи располагается над  $30^\circ$  с.ш., а в июле – над  $45^\circ$  с.ш. Средняя скорость на оси течения в январе составляет 43.7 м/с, в июле 21.3 м/с. Такая динамика связана с сезонной перестройкой термобарического поля атмосферы. В холодный сезон температурный градиент экватор-полюс имеет максимальное значение, а летом из-за нагрева материков он уменьшается.

Распределение трендов  $[\bar{u}]$  свидетельствует об общей тенденции усиления западного переноса в холодный период. Скорость ветра на оси ССТ увеличивается на 1 м/с за 10 лет в январе и на 0,4 м/с за 10 лет в июле. В то-же время, как показывает рис.1а, в январе существенные изменения претерпевает циркуляция на уровнях 200-10 гПа, т.е. в нижней стратосфере. А именно, распределение трендов скорости говорит о тенденции ослабления как стратосферного экваториального струйного течения, так и зимнего циклонического полярного вихря. В летний период тенденция ослабления восточных ветров наблюдается лишь в экваториальной стратосфере между уровнями 200 и 100 гПа, в то время как для умеренных и полярных широт восточная циркуляция усиливается.

На рис. 2 показано распределение средней по времени зональной компоненты ветра  $\bar{u}$  вдоль кругов широты на поверхности 200 гПа (2 а - январь, 2 б – июль) и распределение соответствующих трендов.



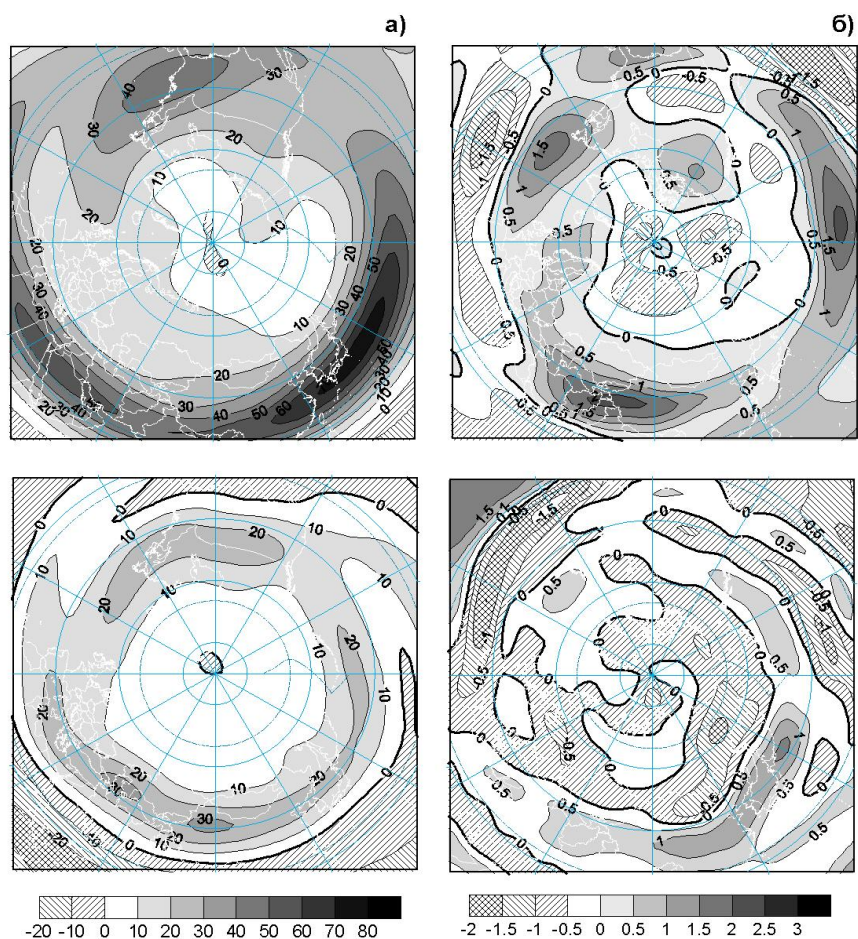


Рис. 2. Среднее многолетнее распределение зональной компоненты скорости ветра на уровне 200 гПа (11-12км) в январе (а) и июле (б), и соответствующих линейных трендов за 1948-2005 гг.

В зимнее время года на уровне 200 гПа максимальные скорости западного ветра в восточном полушарии наблюдаются на широтах 25-30° с.ш. над Аравийским полуостровом (скорость до 55 м/с) и в северо-западной части Тихого океана (до 75 м/с). В восточной части Тихого океана струйное течение ослабевает (до 26 м/с) и смещается к югу (22° с.ш.). В западном полушарии максимум скорости на оси струйного течения приходится на северо-восток Атлантического океана – Саргассово море (до 46 м/с). Над восточным побережьем Атлантического океана скорость ветра уменьшается до 22 м/с и наблюдается раздвоение струи течения на картах среднего многолетнего ветра. Южная часть струи проходит на широте 15° с.ш., а северная – 50° с.ш.

В летние месяцы скорость зонального переноса уменьшается и ось струйного течения смещается к северу до широты 40-45° с.ш. В июле зона максимальных ветров (со скоростью 26-32 м/с) проходит от Средиземного моря через Каспийское море и Казахстан до пустыни Гоби (Китай).

В экваториальных широтах на протяжении всего года существует зона восточных ветров. В январе восточный перенос наблюдается в восточном полушарии до широт 10° с.ш. Скорость ветра в районе экватора не превышает 15 м/с. К июлю восточный перенос усиливается и захватывает широты до 30° с.ш. В июле над Аравийским морем восточные ветры достигают скорости 25 м/с.

Распределение трендов скорости, представленное на рис. 2 (в) и 2 (г) показывает, что в целом происходит усиление ветра в областях его максимальных значений, хотя просматривается тенденция смещения этих областей в восточном направлении.

Для дальнейшего рассмотрения были сформированы временные ряды зональной компоненты скорости ветра на горизонтальной оси струйного течения [u] на уровне

200 гПа, где усреднение велось как по кругу широты, так и по отрезкам широты, отвечающим Европейскому (0-60 в.д.), Сибирскому (60-120 в.д.), Дальневосточному (120-180 в.д.), Тихоокеанскому (120-180 з.д.), Американскому (60-120 з.д.) и Атлантическому (0-60 з.д.) секторам.

Результаты корреляции, значимой на уровне 0.3 при 90%-ой доверительной вероятности, для  $[u]$  по кругу широты и временных рядов индексов Северо-Атлантического колебания (NAO), Южного колебания (SOI), чисел Вольфа ( $w$ ) и угловой скорости вращения Земли ( $\Omega$ ) представлены в таблице 1 для отдельных календарных месяцев и года в целом.

Таблица 1. Корреляции между рядами осредненной по долготе скорости ветра на оси СТ (200 гПа) и рядами геофизических индексов

**Jet World**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Y
NAO	0.11	-0.10	-0.10	-0.08	-0.05	-0.15	0.12	0.11	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>	0.30	0.05	-0.09
SOI	0.30	<b>0.49</b>	<b>0.41</b>	<b>0.38</b>	-0.03	0.04	0.17	0.08	-0.26	-0.16	0.12	0.00	0.17
W	0.25	0.03	0.15	-0.01	-0.09	0.20	-0.03	-0.10	0.07	-0.15	0.05	-0.23	-0.08
$\Omega$	-0.01	-0.03	-0.09	-0.16	0.07	<b>-0.31</b>	<b>-0.30</b>	<b>-0.45</b>	-0.20	0.01	0.07	-0.05	-0.24

Из табл. 1 видно, что значимая положительная, хотя и не очень тесная связь зонально усредненной  $u$ -компоненты ветра на оси струйного течения с индексами NAO существует в сентябре-октябре. В Европейском секторе эта связь имеет место в сентябре-марте. Южное колебание значимо связано с  $[u]$  в период с января по апрель, причем в Тихоокеанском секторе теснота связи существенно (до 0.62) повышается.

На рис. 3 представлены фазовые диаграммы  $\delta u$  – NAO для января в Европейском секторе (а) и  $\delta u$  – SOI – для января в Тихоокеанском секторе (б). Здесь  $\delta u = (u - \bar{u}) / \text{std}(u)$ , а NAO и SOI – значения соответствующих индексов.

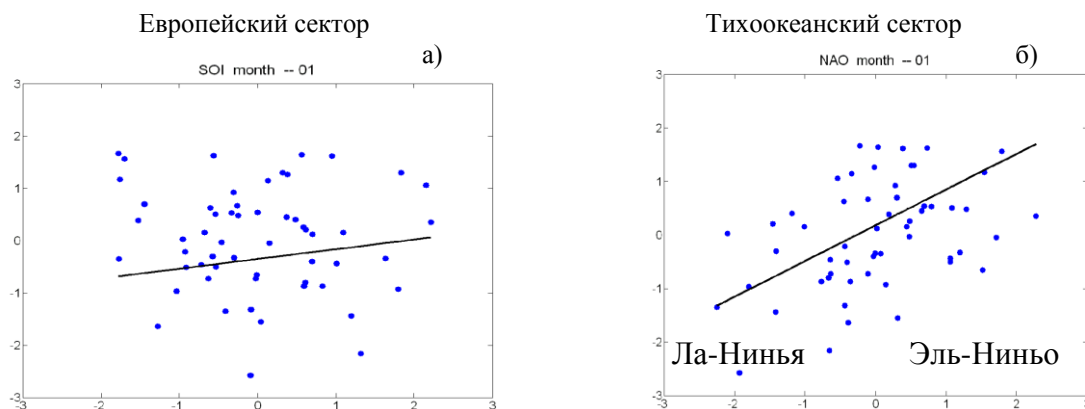


Рис.3. фазовые диаграммы  $\delta u$  – NAO для января в Европейском секторе (а) и  $\delta u$  – SOI – для января в Тихоокеанском секторе (б).

Из рис. 3 (а) следует, что в Европейском секторе в холодный сезон положительная фаза NAO связана с возрастанием скорости ветра на оси ССТ. Известно, что при этом происходит углубление Исландского минимума, усиление Азорского максимума, а траектории циклонов смещаются на север Европы, вызывая режим мягких зим в этом регионе. В отрицательной фазе NAO скорость ветра на оси ССТ снижается, при этом происходит заполнение Исландского минимума и ослабление Азорского максимума, траектории циклонов приобретают зональный характер, зимы в Северной Европе становятся суровее.

В Тихоокеанском секторе в холодный период года скорость ветра на оси СТ возрастает в положительной фазе индекса SOI (рис. 3б) и уменьшается в отрицательной фазе. Известно, что этим фазам отвечают события Эль-Ниньо и Ла-Нинья соответственно, при которых температура поверхности восточной экваториальной части Тихого океана повышается (Эль-Ниньо) и понижается (Ла-Нинья) примерно на 2-5 °С от средней многолетней климатической нормы.

Соответствующее повышение или понижение температуры воздуха над поверхностью океана увеличивает или снижает термический градиент экватор-полюс, что и приводит к изменениям скорости ветра на оси ССТ, представленным на рис. 3 (б). Таблица 1 показывает отсутствие корреляции скорости ветра на оси ССТ с числами Вольфа, характеризующими изменения солнечной активности.

Что касается связи скорости ССТ с угловой скоростью вращения Земли, то она показала значимую антикорреляцию в течение июня–августа, т.е. периода, когда положение струи смещено в более высокие широты. Отмеченная антикорреляция является следствием сохранения полного углового момента системы Земля-атмосфера. Действительно, суммарная скорость обмена моментом количества движения между атмосферой и подстилающей поверхностью должна равняться нулю, иначе момент количества движения атмосферы будет непрерывно возрастать или убывать. С этой точки зрения замедления по какой-либо причине скорости вращения Земли будет означать увеличение скорости зонального западного потока во внетропических широтах. Для компенсации возникшего прироста атмосферного углового момента требуется соответствующее увеличение скорости зонального потока восточного направления в экваториальных широтах. Это обстоятельство отчетливо проявляется на рис. 2в, где областям с повышенными трендами скорости ССТ соответствуют области с повышенными трендами циркуляции восточного направления. Возникновению антикорреляции  $u$  и  $\Omega$ , по-видимому, способствует увеличение поверхностного напряжения западного потока при его летнем смещении в центральные части Евразийского и Американского континентов, где рельеф поверхности усложнен наличием горных систем.

Известно, что реальные климатические ряды в некоторых полосах частот содержат колебания, которые приближенно можно рассматривать как гармонические либо на всём протяжении ряда, либо на отдельных временных интервалах. Области частот, в которых такие колебания проявляются можно установить с помощью преобразования Фурье. Однако, гораздо более эффективным для этой цели является метод вейвлет-преобразования, позволяющий проследить эволюцию колебаний на всей временной оси.

Мы использовали этот метод для анализа низкочастотных колебаний в рядах скорости ветра на оси ССТ и в рядах рассматриваемых геофизических индексов и выявления связей между этими колебаниями. Процедура анализа заключалась в следующем. Временные ряды скорости ветра на оси ССТ; индексов NAO и SOI, чисел Вольфа  $W$  и угловой скорости вращения Земли  $\Omega$ , за 1948-2005 гг. подвергались вейвлет-преобразованию с использованием в качестве материнского вейвлета Морле.

С помощью полученных матриц коэффициентов вейвлет-преобразования рассчитывались матрицы когерентности и квадратурные (фазовые) матрицы, отображающие связь колебаний скорости ветра с колебаниями в других геофизических индексах. Из последних матриц формировались временные ряды когерентности и фазы путем усреднения в узких интервалах масштабов с центрами в 5, 7, 11, 15, 22 и 30 лет. Такие масштабы достаточно часто появляются при вейвлет-анализе климатических рядов. Вейвлет-спектр зонально осредненной скорости ветра на оси ССТ показывает наличие колебаний во всей области масштабов 5-30 лет, причем наиболее стабильно выделяются квазидесятилетнее колебание и колебания масштабов 15-20 лет. В целом же спектр свидетельствует о нестационарном характере колебательных процессов, что проявляется в существовании цугов колебаний на отдельных временных интервалах, а так же в смещении частот с течением времени. На рисунке 4 показаны спектры когерентности, характеризующие связи колеба-

ний в рядах зонально осредненной скорости ветра на оси ССТ с колебаниям в рядах чисел Вольфа (а) и угловой скорости вращения Земли (б),

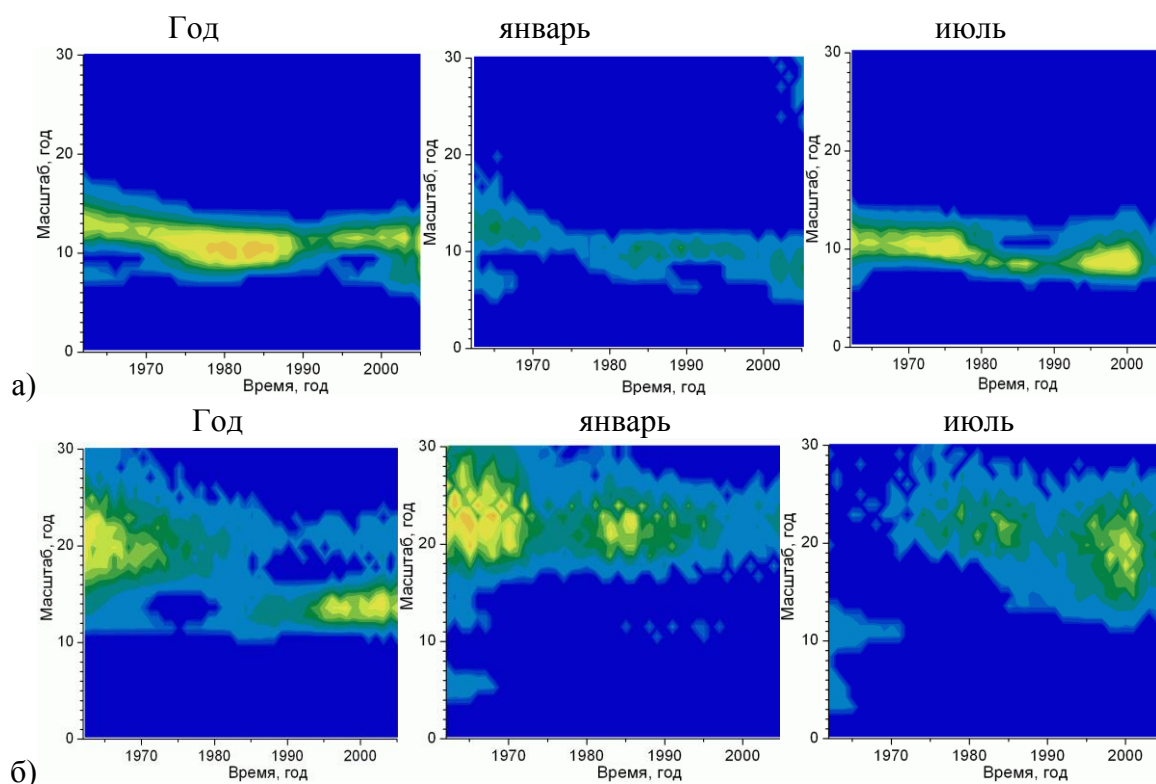


Рис.4. Спектры когерентности для колебаний в рядах скорости ССТ и чисел Вольфа (а) и скорости ССТ и угловой скорости вращения Земли(б).

а в таблице 2 значения коэффициентов когерентности для отдельных календарных месяцев для этих двух спектров.

Таблица 2

Годовой ход коэффициентов когерентности К для 11-летней периодичности в рядах  $\bar{u}$  и  $W$

		календарные месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К		0.46	0.37	0.50	0.32	0.41	0.58	0.63	0.37	0.30	0.62	0.31	0.57

Годовой ход коэффициентов когерентности К для 22-летней периодичности в рядах  $\bar{u}$  и  $\Omega$

		календарные месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К		0.32	0.39	0.31	0.58	0.57	0.34	0.41	0.28	0.55	0.27	0.43	0.17

Из таблиц 1 и 2 следует, что несмотря на отсутствие корреляционных связей в исходных рядах скорости ветра и чисел Вольфа, достаточно тесная связь этих характеристик существует в структуре внутренних колебаний во все сезоны года. Возможный механизм для такой связи может быть связан с триггерным взаимодействием циркуляции в тропосфере и стратосфере через распространяющиеся вверх внутренние атмосферные волны. При этом солнечная активность выступает регулятором некоторой критической скорости западной зональной циркуляции в стратосфере, превышение которой делает невозможным



распространение планетарных волн из тропосферы в стратосферу, что сказывается на характере тропосферной циркуляции.

Связи внутренних колебаний скорости струи с колебаниями в рядах индексов NAO и SOI носят более сложный характер. Для NAO эти связи имеют более тесный ( $r > 0.4$ ) характер для колебаний масштабов 7, 15, 22 лет, для SOI – для колебаний 5, 7, 15, лет.

Таким образом, изменчивость характеристик субтропического струйного течения оказывается связанной с изменчивостью климатически значимых планетарных геофизических индексов.

Можно утверждать, что объединяющим механизмом такой связи является деформация термобарического поля на различных уровнях в тропосфере и стратосфере, возникающая при различных видах рассмотренных связей и приводящая к изменениям горизонтальных, термических и барических градиентов. Для случая связей с Северо-Атлантическим и Южным колебаниями такая деформация, вызванная изменением характеристик центров действия атмосферы, достаточно очевидна. Что касается воздействия на характеристики SST изменений в солнечной активности и угловой скорости вращения Земли, что механизмы соответствующих связей ещё предстоит разработать.

**На основе рассчитанных шкально-усредненных вейвлет-спектров получены и проанализированы количественные оценки связей атмосферной циркуляции и солнечной активности с режимом осадков Сибири, выявлены ее пространственно-временные особенности за климатически значимый интервал 1969-2000гг. по данным наблюдений 325 станции, расположенных на территории ограниченной 50° и 75° с.ш., и 50° и 120° в.д.**

Региональные особенности природно-климатических изменений в Сибири состоят в том, что временная изменчивость метеорологических характеристик здесь наблюдается в повышено широком диапазоне, а их пространственная изменчивость характеризуется сложной зональной структурой. Планетарная значимость многих Сибирских природно-территориальных комплексов (бореальных лесов, болот и др.) и техногенных объектов (нефтегазодобывающих, угледобывающих, металлургических и др.) определяет повышенный научный и практический интерес к интегрированным региональным исследованиям наблюдаемых изменений окружающей среды и климата. Особый интерес вызывает изменчивость поля осадков, для которых во второй половине XX века выявлена тенденция к уменьшению годовых и сезонных сумм осадков в целом по России и для ее восточных регионов, причем наиболее заметно уменьшение на северо-востоке азиатской территории России. Степень зависимости осадков от внешних факторов, определяемых центрами действия атмосферы и океана, а также изменениями солнечной активности остается предметом исследований.

Целью выполненных исследований являлось нахождение оценок связей атмосферной циркуляции и солнечной активности с режимом осадков Сибири и выявление пространственно-временных особенностей режима осадков Сибири за климатически значимый интервал 1969-2000гг. по данным станций наблюдений.

Для анализа использовались следующие данные:

1) суточные данные наблюдений за осадками на 325 станциях расположенных на территории ограниченной 50° и 75° с.ш., и 50° и 120° в.д. (Центр распределения данных NOAA, <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov>). По данным были рассчитаны суммы осадков за теплый и холодный периоды

2) индексы циркуляции атмосферы: Северо-атлантическое колебание (NAO) и Южное колебание (SOI), связанные с центрами действия атмосферы в Северной Атлантике и тропической зоне Тихого океана, соответственно (<ftp://ftp.cru.uea.ac.uk>)

3) числа Вольфа, характеризующие солнечную активность, (<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov>)

По нормализованным временным рядам сумм осадков была построена матрица корреляций. Ее значимость удовлетворила критерию Бартлетта, что позволило применить метод главных компонент для определения типовых распределений полей осадков за хо-



лодный и теплый периоды. Первые четыре главных компоненты описывают 60-70% вариаций как за теплый, так и за холодный периоды. Их пространственные распределения различаются между сезонами: если в холодное время года первый собственный вектор (вклад в общую дисперсию 51 %) выделяет зону увеличения осадков на севере Западно-Сибирской равнины, то в теплый период этот максимум вариации ослабевает, зато появляется другой – в Прибайкалье. Второй собственный вектор выделяет зону увеличения осадков на Среднесибирском плоскогорье, причем в теплое время года охват территории больше и больше значения вариаций.

Для анализа межгодовой изменчивости во временных рядах в последние годы разработаны достаточно эффективные математические методы, основанные на использовании вейвлет-преобразования, применение которых позволяет выявить периодичности, а последующий корреляционный анализ - наиболее весомые (в статистическом смысле) связи. Вейвлет-преобразование  $W(a,b)$  одномерного сигнала  $X$  состоит в его разложении по базису, сконструированному из локально-определенной функции (вейвлета), посредством масштабных преобразований  $a$  и временных сдвигов  $b$ , определяемая как:

$$W(a,b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} X(t) \psi^* \left[ \frac{(t-b)}{a} \right] dt ,$$

где  $\psi^*$  - базис разложения, полученный с помощью непрерывных масштабных преобразований и переносов “материнского” вейвлета  $\psi(t)$  с произвольными значениями базисных параметров  $a$  и  $b$ . Выбор материнского вейвлета  $\psi(t)$  зависит от специфики решаемой задачи. Анализ процессов содержащих периодические (квазипериодические) составляющие предпочтительно проводить с помощью вейвлета Морле, хорошо локализованного во временном и в частотном пространствах. Далее рассчитанные матрицы  $W(a,b)$  применялись для построения шкально-усредненных амплитудных спектров  $\overline{W(a,b)}$ . Каждый из таких спектров представляет собой взвешенную сумму вейвлет-спектра от шкалы  $a_1$  до шкалы  $a_2$ . Далее проводились расчеты вейвлет-кросскорреляционных функций  $K^{XY}(\tau, a)$  для шкалы  $a$  и смещения  $\tau$ . В качестве переменных  $X$  и  $Y$  использовались шкально-усредненные спектры  $\overline{W(a,b)}$ , соответствующие квазипериодичностям, которые обнаруживаются как в рядах сумм осадков за холодный и теплый периоды, так и в рядах чисел Вольфа, индексов SOI и NAO. Смещение  $\tau$  задавалось равным нулю. Полученная выборка значений  $K^{XY}(0, a)$  позволила построить гистограмму распределений коэффициентов корреляций для каждого выбранного масштаба пары  $\{X, Y\}$  и определить среднее значение коэффициента  $K^{XY}(0, a)$  и его среднеквадратическое отклонение. Результаты анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции периодичностей.

Тип периода	Параметр	Периодичности				
		5	7	11	15	22
Теплый	NAO		-0,29±0,32	-0,06±0,38	0,02±0,49	0,49±0,43
	Wolf	-0,17±0,27	-0,24±0,25	0,31±0,41	0,05±0,46	-0,46±0,55
	SOI	0,12±0,27	0,02±0,23	-0,33±0,36	-0,13±0,47	-0,12±0,57
Холодный	NAO		-0,31±0,23	-0,02±0,41	-0,03±0,53	0,35±0,45
	Wolf	-0,23±0,23	-0,25±0,22	0,49±0,28	0,21±0,35	-0,58±0,49
	SOI	-0,03±0,26	-0,12±0,19	-0,22±0,28	0,01±0,42	0,26±0,52

Из анализа состоятельных оценок связей периодичностей характеризуемых масштабами в 5, 7, 11, 15 и 22 года (таб.3) следует, что циркуляция атмосферы, вызванная Южным колебанием значимого влияния на поле осадков Сибири не оказывает. Если в теплый период только 22-х летние периодичности поля осадков и Северо-Атлантического колебания имеют статистически значимые корреляции, то холодный период характеризу-

ется значимыми связями между 7-летними периодичностями NAO и осадками, а также между 7, 11 и 22-летними периодичностями чисел Вольфа и осадками.

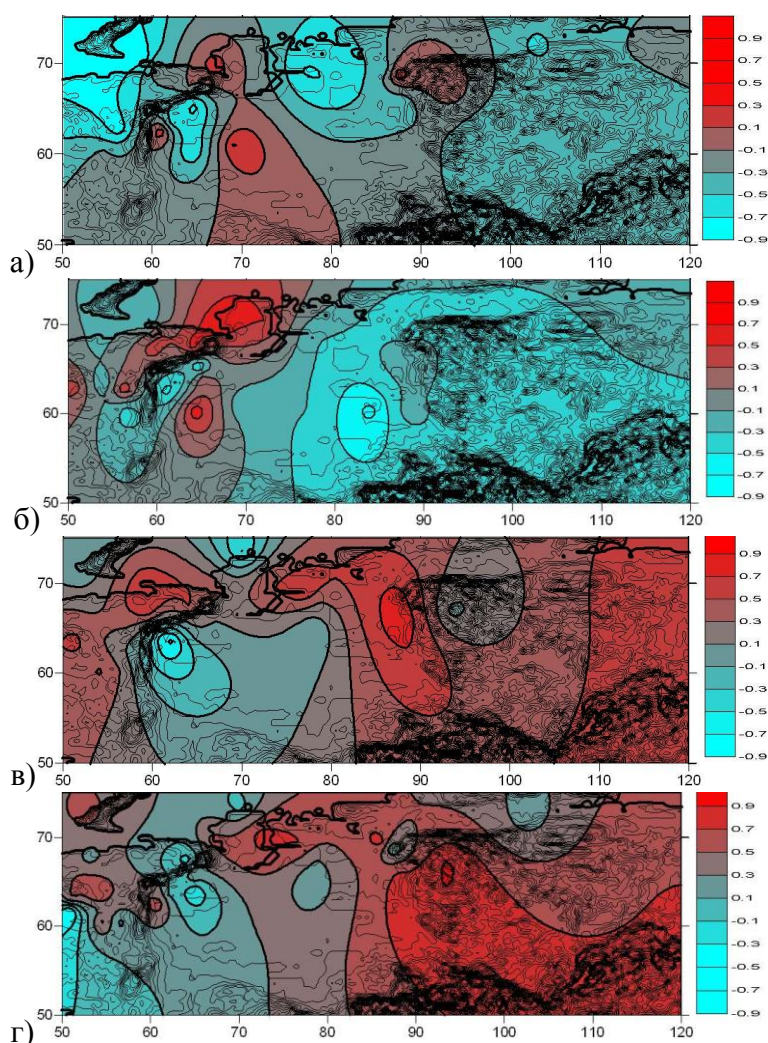


Рис. 5. Пространственная неоднородность распределения коэффициентов корреляций периодичностей NAO, чисел Вольфа W и полей осадков в теплый и холодный периоды

На поясняющем рисунке 5 показано пространственное распределение коэффициентов корреляций 7-летней периодичности NAO (а – холодный, б – теплый периоды) и 11-летней периодичности чисел Вольфа (в – холодный, г – теплый периоды) с соответствующими периодичностями поля осадков. Пространственное распределение коэффициентов корреляций выявило существование областей с высокими значениями (0.8-0.9) но различающимися по знаку. Так, например, осадки, выпадающие на территории Западной Сибири, примыкающей к восточному Уралу, имеют обратную зависимость от чисел Вольфа, а суммы осадков Среднесибирского плоскогорья – прямую зависимость как в теплый, так и в холодный периоды. Причем в теплый период увеличивается площадь с отрицательными значениями коэффициентов корреляции, а в холодный – с положительными. Влияние Северо-Атлантических центров действия на режим осадков с Сибири также неоднозначен. В теплый период область высоких положительных значений коэффициентов корреляции 7-летних периодичностей NAO и осадков располагается вдоль западного Урала и далее на север до полуострова Таймыр. Статистически значимые коэффициенты корреляции объясняются нахождением этой территории на пути прохождения циклонов, несущих осадки. Обратная связь между NAO и осадками наблюдается в Западной Сибири и на Среднесибирском плоскогорье. В холодный период прямая зависимость прослеживается на севере

Урала, в центральной части Западно-Сибирской равнины, а также в районе плато Путорано. На остальной территории наблюдается обратная связь.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что, во-первых: существуют неоднородности пространственного распределения статистически значимых прямых связей между полем осадков и атмосферной циркуляцией в северной Атлантике, а также солнечной активностью, во-вторых: существуют области с высокой (0.9) значимой связью, и в-третьих: обнаружена тенденция увеличения прямой зависимости (коррелированности) поля осадков от атмосферной циркуляции в холодный период.

**На примере нескольких циклонов на территории Западной Сибири получены и проанализированы количественные оценки основных составляющих энергетического баланса на разных стадиях развития циклонических образований, а также их пространственная и временная изменчивость. Выполнены оценки устойчивости расчетов относительно погрешности исходных данных. Для расчетов использовались данные NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis (Reanalysis-2) с 6-часовым временным разрешением.**

Развитие циклонов умеренных широт (ЦУШ) определяется процессами, имеющими различные масштабы, среди которых можно условно выделить процессы планетарного и синоптического масштабов. Оценить вклад тех и других процессов в энергетику циклонов можно, выделив соответствующие им составляющие различных видов энергии, в частности, кинетической.

В основе расчетов лежит закон сохранения энергии, записываемый для воздушной частицы с учетом механических перемещений и термодинамических трансформаций в гравитационном поле как:

$$\frac{d}{dt}(K + \Phi + I) - D_{diss} = 0,$$

где  $K$  - кинетическая,  $\Phi$  - потенциальная и  $I$  - внутренняя энергии,  $D_{diss}$  - диссипация энергии. Предполагая процесс адиабатическим, и, учитывая баланс водяного пара, получим систему уравнений, содержащих члены, описывающие мощность источника (в последующем изложении  $K_I$ ,  $\Phi_I$ ,  $I_I$ ), горизонтальную адвекцию, вертикальную адвекцию и взаимные преобразования энергий. Аналогичные уравнения записываются для доступной потенциальной  $A$  и вихревой кинетической энергий  $K^*$ .

С помощью построенного пространственного распределения поля геопотенциала по данным Reanalysis-2 были выделены два циклона на территории Западной Сибири, наблюдавшиеся с 12 по 16 июля 2005г.(А) и с 5 по 9 ноября 2005г.(В) Для контраста был проанализирован тропический циклон «Катрина», проходивший с 27 по 30 августа 2005г. (С) над Мексиканским заливом. Время существования отобранных циклонов, их местоположение

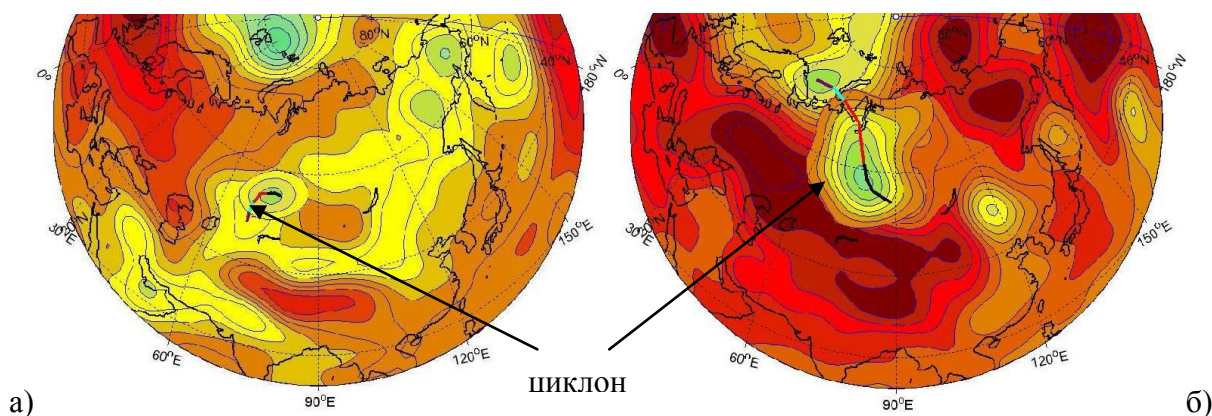


Рис.6. Циклоны А и В на картах геопотенциала Западной Сибири

проверялось по синоптическим картам. По картам геопотенциала (рис.6) были выделены стадии эволюции циклонического образования, определены координаты центра образования, координаты первой и последней изогипс. На поясняющем рисунке приведены отобранные циклоны на начальной и заключительной стадии их развития. Расстояние между изогипсами составляло 4 дам. Поверхность, ограниченная первой изогипсой, принималась как центральная часть циклона. Периферийной частью считалась территория, находящаяся между первой и последней изогипсами. Для каждого узла сетки реанализа были рассчитаны значения величин составляющих энергетического баланса, показанные в табл.4. Выборочные оценки, устойчивые относительно экстремальных возмущений, находились по медиане распределения.

Таблица 4 – Составляющие энергетического баланса циклонов, %

Стадии циклона	Центральная часть циклона					Периферия циклона				
	$K_I$	$\Phi_I$	$I_I$	$A_I$	$K^*_I$	$K_I$	$\Phi_I$	$I_I$	$A_I$	$K^*_I$
<b>Циклон «А»</b>										
начальная	5,2	35,3	57,6	0,3	1,5	5,4	43,2	43,2	2,7	5,4
молодого циклона	0,5	22,1	75,6	1,4	0,4	6,2	24,3	56,7	10,9	1,9
макс. развития	5,2	1,7	92,8	0,3	0,1	0,8	6,8	85,2	1,9	5,2
заполнения	2,8	59,8	34,3	1,7	1,3	2,7	67,3	26,5	0,6	2,9
<b>Циклон «В»</b>										
начальная	1,0	41,8	55,7	1,2	0,30	0,8	37,3	57,0	2,6	2,2
молодого циклона	1,2	25,7	72,7	0,4	0,04	1,3	56,1	14,3	4,7	1,9
макс. развития	1,7	1,30	95,6	0,9	0,50	1,5	32,1	64,6	0,8	0,9
заполнения	1,0	44,6	54,2	0,0	0,20	1,1	26,0	70,0	2,0	0,8
<b>Циклон «С»</b>										
начальная	6,6	40,8	49,5	0,5	2,6	6,1	79,3	9,1	0,3	5,1
макс. развития	9,4	36,0	53,6	0,0	0,9	5,3	22,6	68,6	2,3	1,0
заключительная	8,1	50,0	35,3	0,4	6,1	8,6	10,9	72,8	0,2	7,6

Основной вклад в энергетический баланс вносят потенциальная и внутренняя энергия. Доступная потенциальная энергия  $A$  в умеренных широтах сравнима с величиной кинетической составляющей  $K$ , тогда как в тропическом циклоне доля  $A$  в несколько раз меньше  $K$ . Доля вихревой составляющей  $K^*$  сравнима с долей  $K$  лишь на периферийной части циклонов, в центральной части доля  $K^*$  значительно меньше. Сопоставимость величин  $A$  и  $K$  указывают на то, что в циклонах умеренных широт процессы носят, в основном, адиабатический характер. В целом, можно сказать, что распределения с высотой некоторых первых составляющих уравнений энергетического баланса в июльском циклоне и тропическом подобны.

Проведены сравнения составляющих энергетического баланса кинетической энергии по мере эволюции циклонов, полученные в рамках данного исследования и ранее другими авторами. В основном, полученные величины являются сравнимыми, однако, составляющие вертикальной адвекции и энергии диссипации на первых трех стадиях развития циклонов умеренных широт значительно превышают значения соответствующих компонент у других исследователей. Такие различия, возможно, вызваны разными подходами к выделению циклонических образований, условиями формирования циклонов (тип и состояние подстилающей поверхности), а также влияние и рельефа на свойства атмосферных вихрей.

Выполненная оценка устойчивости расчетов относительно вариаций исходных метеовеличин показала, что при возмущениях с амплитудами  $\delta T$  в 2-6°C,  $\delta U$  и  $\delta V$  в 3-9 м/с, а  $\delta H$  в 20-60 м.: а) сохраняется характер зависимости погрешностей от амплитуды накладываемых возмущений в соответствии с определениями основных видов энергии; б) наи-



большим изменениям подвержены составляющие потенциальной и внутренней энергии, отвечающие за горизонтальный перенос, так как они вносят наибольший вклад в изменение энергетических свойств циклонов на протяжении всего времени их эволюции.

Сравнительный анализ циклонов умеренных широт и тропического вихря определил характерные особенности образований с точки зрения энергетического подхода, заключающиеся в следующем: в циклонах, выделенных на территории Сибири, наибольшие запасы кинетической энергии сохранялись до стадии максимального развития, в то время, как в тропическом циклоне произошло увеличение запасов кинетической энергии к заключительной стадии. Центральная и периферийная части циклона имеют подобную динамику в распределении запасов кинетической энергии, что говорит о компактности и единстве циклона.

**На основании проведенных балансовых оценок потоков углерода выявлено, что на территории болотных экосистем стационара «Васюгань» процессы фотосинтетического депонирования углерода превышают эмиссию  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  с поверхности торфяной залежи в 1,4-2,3 раза на олиготрофных фитоценозах и в 1,8-3,3 раза на эвтрофных фитоценозах, при этом на обоих типах болотных фитоценозов наблюдается увеличение депонирования от окраины к центральной части.**

Углеродный баланс любой экосистемы характеризует чистый углеродный поток, представляющий собой сумму валовой первичной продукции и валового дыхания как разнонаправленных потоков. Особенность болот обуславливается незамкнутостью круговорота веществ, когда системы возвращают в биосферу меньше веществ, чем забирают из нее. Схематично баланс углерода в болотных экосистемах можно представить в виде системы блоков и потоков (рис.7).

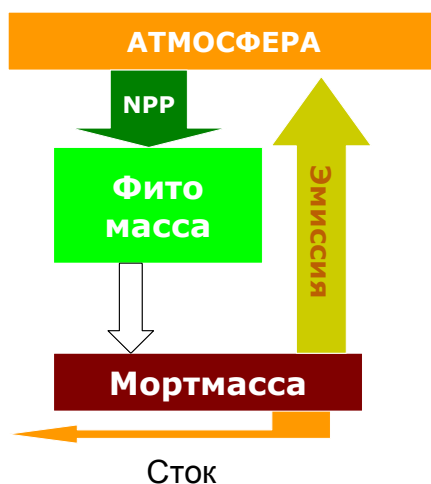


Рис.7 Упрощенная схема круговорота углерода в болотных экосистемах

Исследования проводились на олиготрофных и эвтрофных биогеоценозах стационара «Васюгань» в пределах Бакчарского района Томской области с 1999 по 2007 годы. Исследования на нативном олиготрофном болоте проводились в пределах водосборной площади р. Ключ на ландшафтном профиле, который пересекает следующие основные виды болотных биогеоценозов (БГЦ): сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз - высокий рям, сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз с угнетенным древостоем - низкий рям, открытую осоково-сфагновую топь. Мощность торфяной залежи от периферии болота к центру изменяется от 0,9 м до 3 м.

Кроме того, проводилось исследование биологической продуктивности и эмиссии  $\text{CO}_2$  на эвтрофном болоте «Самара», площадью около 400 га, расположенном на низкой левобережной террасе р. Бакчар в окрестностях д. Польшинянка. Средняя мощность торфяной залежи в расширенной открытой части болота составляет 3-4 м. Эвтрофное болото

представлено ерниково-осоковым фитоценозом в центральной части и осоково-ерниковым фитоценозом на окраине.

Биологическая продуктивность определялась ежемесячно с мая по сентябрь укосным методом (без учета древесного яруса). Измерение эмиссии CO<sub>2</sub> проводилось также с мая по сентябрь камерным методом с использованием оптического газоанализатора ОП-ТОГАЗ 500.4. Параллельно проводились наблюдения за метеорологическими характеристиками: температурой воздуха, количеством осадков, атмосферным давлением, и пр. Определялся гидротермический коэффициент (ГТК), измерялись уровни болотных вод (УБВ), температура и влажность торфа. Данные по запасам углерода в торфе, болотной воде, эмиссии метана получены из литературных источников.

Запасы углерода в виде торфа имеют значительную величину изменяясь на олиготрофных фитоценозах от 37790 гС/м<sup>2</sup> на высоком ряме, до 66804 гС/м<sup>2</sup> на открытой топи, запасы углерода в торфе низкого ряма сопоставимы с запасами на открытой топи (табл.5). Относительно эвтрофных фитоценозов можно сказать следующее – в центральной части запасы углерода выше по сравнению с окраиной, где мощность торфяной залежи меньше. Но все же ниже чем на олиготрофных фитоценозах, что объясняется более низким содержанием углерода в торфах эвтрофного типа. Содержание углерода в болотной воде незначительное и составляет для олиготрофных фитоценозов от 11 до 16 гС/м<sup>2</sup>. Содержание углерода в атмосфере в виде CO<sub>2</sub> в приповерхностном слое (50 см) составляет от 425 до 468 ppm.

Таблица 5. Блоки углерода в болотных фитоценозах, гС/м<sup>2</sup>

Блоки	Высокий рям	Низкий рям	Открытая топь	Ерниково-осоковый фитоценоз	Осоково-кустарничковый фитоценоз
Торф, гС/м <sup>2</sup>	37 790	60 191	66 804	42 157	38 930
Болотная вода, гС/м <sup>2</sup>	16	13	11	-	-
Атмосфера, ppm	432	468	435	425	453

Запасы углерода в торфе, воде, и воздухе являются достаточно стабильными, тогда как запасы углерода в растительности могут изменяться в течение нескольких лет в довольно широких пределах.

Количество углерода запасенного в виде живой фитомассы (надземной и подземной) на олиготрофных фитоценозах имеют в среднем близкие значения, несмотря на существенную разницу в растительном покрове. Более высокими запасами характеризуется эвтрофное болото. Количество ветоши и подстилки характеризует запасы углерода в виде ежегодно отмирающей растительности (табл.6).

Таблица 6. Содержание углерода в растительности болотных фитоценозов, гС/м<sup>2</sup>

Блоки	Высокий рям	Низкий рям	Открытая топь	Ерниково-осоковый фитоценоз	Осоково-кустарничковый фитоценоз
Надземная фитомасса	302±64	309±50	229±40	402±30	224±10
Подземная фитомасса	369±106	312±154	289±44	674±205	652±113
Ветошь, подстилка	99±45	84±32	119±43	98±38	97±72

Прирост фитомассы является показателем изменения запасов углерода в растительности в течение вегетационного периода. На рисунке представлены средние за весь период исследования приросты фитомассы с разделением по фракциям (мох, кустарнички, травы). Из рисунка видно, что максимальный прирост характерен для ерnikово-осокового фитоценоза, а минимальный для осоково-кустарничкового фитоценоза. Олиготрофные фитоценозы имеют близкие значения прироста (рис.8).

Чистая первичная продукция (ЧПП) является показателем накопления углерода в виде растительного вещества. Результаты исследования показали, что, несмотря на существенные различия в составе растительного покрова, в среднем олиготрофные болотные экосистемы имеют близкие величины на высоком, низком ряме и открытой топи - 268, 281 и 274 гС/м<sup>2</sup> в год соответственно (рис.9). NPP на эвтрофных фитоценозах существенно отличается от олиготрофных: в 1.7 раз выше на ерnikово-осоковом и в 1.4 раза ниже на осоково-кустарничковом.

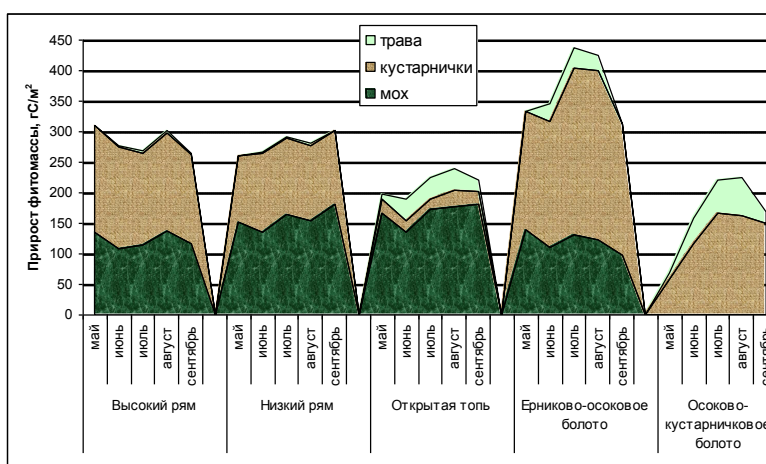


Рис.8 Динамика прироста фитомассы болотных фитоценозов

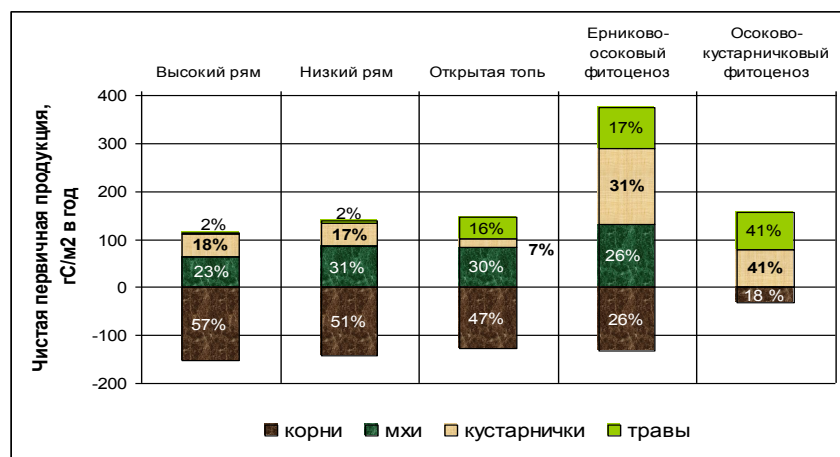


Рис.9 Чистая первичная продукция болотных фитоценозов

Основной вклад в продукцию на исследуемых олиготрофных болотных БГЦ вносят корни трав и кустарничков (47-57%) и сфагновые мхи (23-37%). На высоком и низком ряме также велика доля кустарничков - 18 и 17 % соответственно. На открытой топи более значимый вклад имеет травянистая растительность - 16 %, но в тоже время доля кустарничков снижается до 7%. Существенно отличается качественный состав продукции на ерnikово-осоковом эвтрофном болоте, где основной вклад в продукцию вносят кустарнички (31%), доли мхов и корней равны и составляют по 26 %. Совершенно по-другому выглядит распределение состава продукции осоково-кустарничкового фитоценоза, где отсутствует моховой покров (рис.9).

Динамика продуктивности за исследуемые годы характеризуется спадом продукции на всех БГЦ к 2002 году и максимумом в 2003 году, исключение составляет эвтрофное болото, на котором максимум продукции наблюдается в 2005-2006 гг. (рис.10).

Анализ влияния погодных условий на биологическую продуктивность исследуемых фитоценозов показал, что наиболее подвержена влиянию погодных условий продукция низкого рья и высокого рья. Корреляционный анализ между NPP и уровнем болотных вод (УВБ) показал, что УВБ оказывает влияние на продуктивность низкого рья.

Поток  $\text{CO}_2$  с поверхности торфяной залежи весьма динамичная величина и существенно изменяется от года к году в зависимости от погодных условий и гидротермических условий торфяной залежи. На олиготрофном болоте максимальными значениями потока  $\text{CO}_2$  характеризуется высокий рям, затем следуют низкий рям и открытая топь (рис.11). Поток  $\text{CO}_2$  на эвтрофном болоте сопоставим с потоками  $\text{CO}_2$  на олиготрофных фитоценозах.

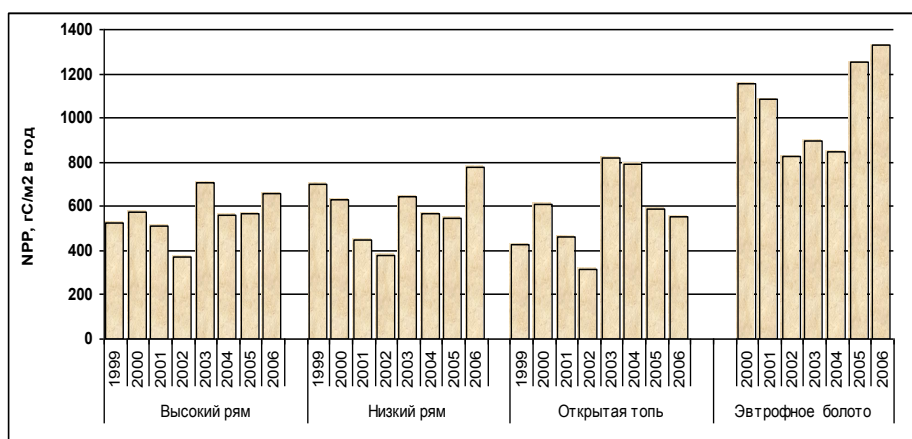


Рис.10 Динамика чистой первичной продукции болотных фитоценозов.

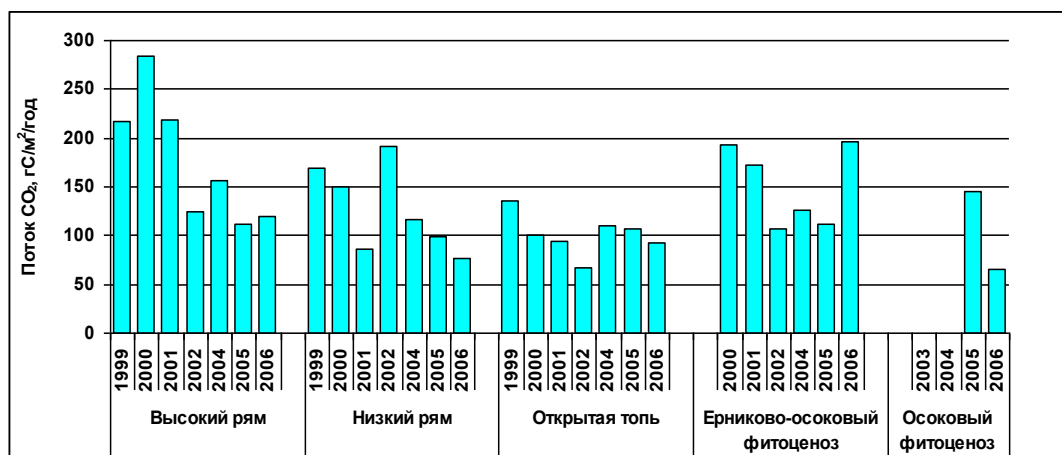


Рис.11 Эмиссия  $\text{CO}_2$  с поверхности торфяной залежи болотных фитоценозов.

Таблица 7. Влияние гидротермических условий на эмиссию  $\text{CO}_2$

	Уровень болотных вод	Влажность торфа	Температура торфа	Температура воздуха	Влажность воздуха	$\text{CO}_2$ в воздухе
Высокий рям	-0,31	-0,44	0,61	0.50	-0.43	-0.67
Низкий рям	-0,67	-0,46	0,55	0.59	-0.40	-0.75
Открытая топь	-0,44	-0,42	0,43	-0.29	0.49	-0.83



Ерниково-осоковый фитоценоз	-0.60	-	0.39	0.29	-	-0.72
Осоково-кустарнич. фитоценоз	0.31	-	0.42	-0.57	0.45	0.66

Проведенный корреляционный анализ (табл.7) позволил выявить зависимость эмиссии  $\text{CO}_2$  с поверхности торфяной залежи от содержания  $\text{CO}_2$  в приземном слое воздуха. Кроме того, был проведен анализ влияния гидрологических свойств торфяной залежи на интенсивность выделения  $\text{CO}_2$ , который показал наличие корреляционной связи для потоков  $\text{CO}_2$  с уровнем болотных вод, а также с влажностью и температурой торфяной залежи. Также выявлено наличие зависимости эмиссии углекислого газа от температуры и влажности воздуха.

Поток углерода из торфоболотных экосистем складывается из эмиссии  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ , кроме того происходит вынос углерода с болотными водами. Эмиссия метана составляет от 5% (на высоком ряме) до 13% (на открытой топи) от эмиссии  $\text{CO}_2$ . Вынос  $\text{CO}_2$  с болотными водами составляет около 4% от общей эмиссии углекислого газа (рис.12).

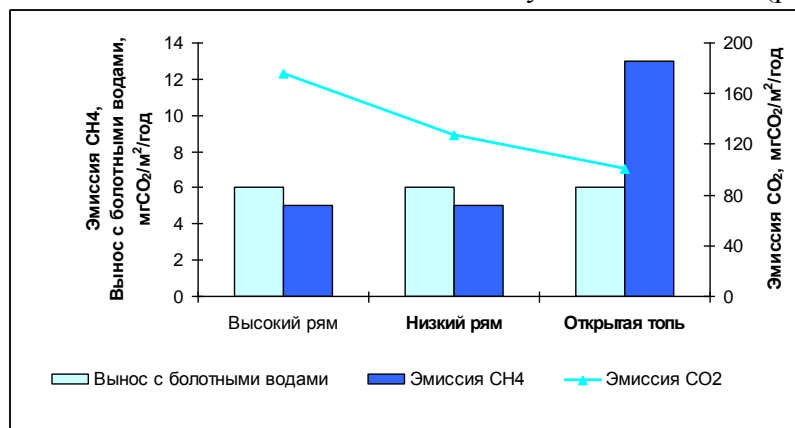


Рис.12 Эмиссия  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  с поверхности торфяной залежи и вынос C с болотными водами

Сравнение чистой первичной продукции исследуемых фитоценозов и эмиссии  $\text{CO}_2$  с поверхности торфяной залежи показало что на всех исследуемых фитоценозах накопление углерода в виде растительного вещества превышает эмиссию  $\text{CO}_2$  с поверхности торфяной залежи, что свидетельствует о положительном балансе исследуемых торфоболотных экосистем и депонировании углерода в виде растительности и торфа при современных климатических условиях.

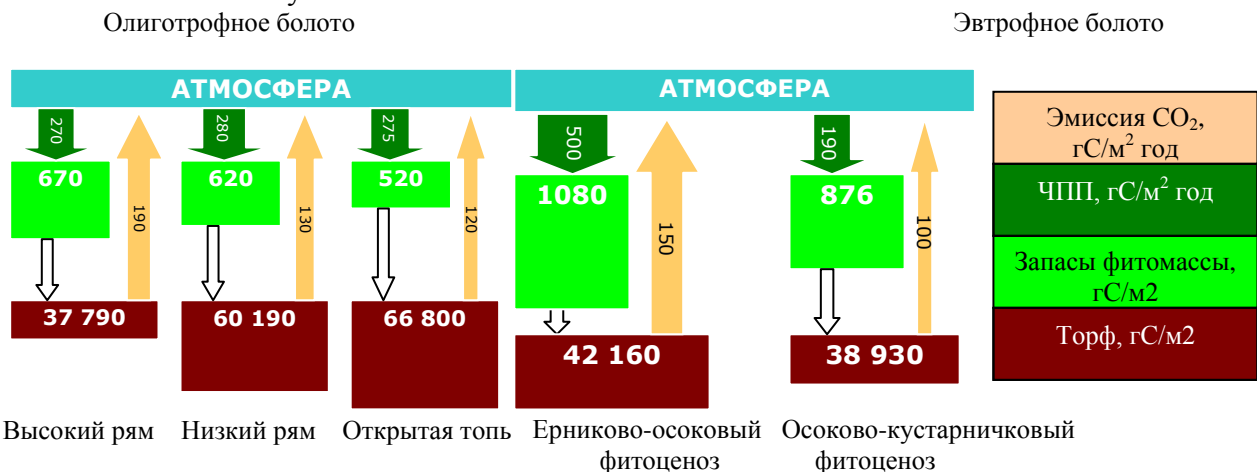


Рис. 13 Баланс углерода исследуемых болотных фитоценозов

На рис.13 представлены схемы круговорота углерода исследуемых болотных экосистем в соответствии с приведенными выше результатами исследования для олиготрофных и эвтрофных фитоценозов.

Таким образом, согласно полученным нами результатам, ненарушенные болотные экосистемы юга Западной Сибири содержат значительное количество углерода запасенного в виде торфа в течение последних 3000-4000 тыс. лет. В настоящее время процесс торфообразования продолжается, и при сохранении болот в естественном состоянии будет продолжаться, способствуя смягчению парникового эффекта вызванного увеличением содержания парниковых газов в атмосфере.

**В результате проведенных исследований по изучению элементов углеродного баланса в болотных водах ландшафтного профиля выявлена динамика пространственного и временного распределения углерода и свободной углекислоты в поверхностном слое болотных вод, получены данные по содержанию и распределению С и СО<sub>2</sub> в болотных водах, отобранных с разных глубин торфяных залежей, а также рассмотрено влияние концентрации СО<sub>2</sub> в болотных водах на формирование их химического состава.**

Ниже представлены данные по содержанию водорастворимого углерода (С<sub>вдр</sub>), а также свободной углекислоты в болотных водах, отобранных на разных фитоценозах ландшафтного профиля за период 2007 года. Пробы болотных вод отбирались с поверхности торфяных залежей и из пластиковых трубок, установленных внутри торфяных залежей на определенных глубинах (50, 100, 150, 200, 250, 300 см) до минерального грунта на каждом фитоценозе. Все изменяющиеся компоненты (рН, СО<sub>2</sub>, НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>) анализировались непосредственно на месте отбора проб. Водорастворимый углерод С<sub>вдр</sub> определялся в Лаборатории мониторинга лесных экосистем ИМКЭС СО РАН согласно ГОСТ 23740-79. В целом концентрация углерода в болотных водах исследуемого олиготрофного ландшафта изменяется от 28,7 мг/л до 128,8 мг/л, при среднем значении 49,5 мг/л, что практически не отличается от ранее полученных данных для болотных вод этой же территории (Таблица 8).

Таблица 8. Концентрация углерода в болотных водах, отобранных на различных фитоценозах ландшафтного профиля и р. Ключ

	Осоково-сфагновая топь	Низкий рям	Высокий рям	Р. Ключ
Концентрация углерода, мг/л	<u>28,7-64,0</u> 40,5	<u>40,0-56,0</u> 46,7	<u>44,7-128,8</u> 61,2	<u>51,2-71,6</u> 36,6

Примечание: в числителе - экстремальные значения, в знаменателе – среднее значение

Следует отметить, что болотная река Ключ, берущая начало с олиготрофного ландшафта и среди него протекающая, характеризуется высокой концентрацией водорастворимого углерода, значительно превышающей таковую в реках других территорий. Так, например, по сравнению с водами рек Чая (заболоченность 30-50%), воды реки Ключ содержат водорастворимого углерода в 4-4.5 раз больше, а по сравнению с реками Тым (заболоченность 24%) и Кеть (заболоченность 10%) – в 6 и 9 раз соответственно.

Основная доля водорастворимого углерода приходится на углерод гумусовых веществ, а именно фульвокислот. Так, содержание фульвокислот в болотных водах варьирует от 36 до 79 мг/л, что превышает содержание таковых в речных водах в 10 и более раз. По сравнению с фульвокислотами концентрация гуминовых кислот в болотных водах значительно ниже и колеблется от 4 до 17 мг/л.

Содержание углерода в болотных водах изменяется в течение вегетационного периода. Минимальное содержание углерода выявлено в мае, а максимальное в летний период, в период наиболее активной деятельности биологических процессов, протекающих в торфяных залежах (рис. 14.а). Более низкое содержание углерода в воде в весенние месяцы, по-видимому, связано с разбавлением болотных вод талыми водами.

Изучение содержания углерода в болотных водах, отобранных с разных глубин торфяных залежей, показало его достаточно сильное варьирование в профиле, с тенденцией увеличения с глубиной (рис. 14.б). Концентрация углерода в болотных водах на уровне поверхностного слоя торфяных залежей составляет в среднем 28 – 43 мг/л, а в придонных слоях – достигает 68 мг/л и демонстрирует достаточно тесную связь между содержанием углерода в болотных водах и органическим веществом торфов (рис. 14.б). На рисунке показано, что углерод органического вещества в некоторой степени повторяет профильное распределение углерода болотных вод. И это естественно, поскольку, в процессе гумификации органического вещества происходит поступление углерода в болотные воды.

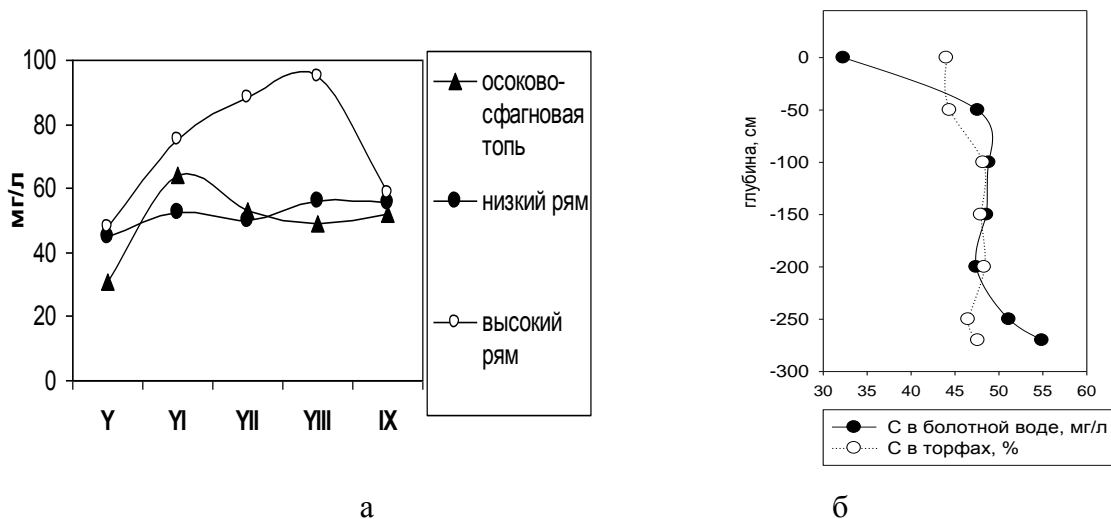


Рис. 14. - Динамика углерода в поверхностном слое болотных вод (а); изменение содержания углерода в болотных водах и торфах (б).

Основным источником углерода в экосистемах является углекислота. Основная масса углерода, связанного в органическом веществе растений, освобождается в аэробных условиях гетеротрофными организмами, образующими главный поток  $\text{CO}_2$ . Содержание углекислого газа в болотных водах за период 2007 года изменяется от 52,7 до 389,9 мг/л  $\text{CO}_2$  (таблица 9).

Изменение концентрации  $\text{CO}_2$  во времени и по глубине, как показали исследования, происходит в значительных пределах. В болотных водах, отобранных с поверхностного слоя торфяных залежей, потенциально более благоприятного для ее образования, но лучше аэрируемом, содержание углекислоты оказывается меньше, чем в болотных водах, отобранных с более глубоких слоев. В нижней части профиля, в условиях затрудненного газообмена, концентрация  $\text{CO}_2$  возрастает, что может объясняться не только усилением относительного участия анаэробно-аэробного разложения органического вещества, но и затрудненностью диффузионного проникновения легкого, обогащенного кислородом воздуха, в более тяжелую смесь растворенных в воде газов.

Известно, что  $\text{CO}_2$  ведущий компонент карбонатного равновесия, определяющий для большинства болот концентрацию водородных ионов и наиболее характерную минерализацию вод. В тесной связи с концентрацией  $\text{CO}_2$  болотных вод находится динамика концентрации гидрокарбонат-иона. Сопряженные характер изменения концентрации  $\text{CO}_2$  и  $\text{HCO}_3^-$  показан на рисунке 15. Так, болотные воды, отобранные с поверхностного слоя торфяной залежи осоково-сфагновой топи, характеризуются отсутствием гидрокарбонат иона, а их рН варьирует от 3,5 до 4,5, содержание  $\text{CO}_2$  в составляет 28-48 мг/л. С увеличением насыщенности водного раствора углекислотой, увеличивается рН и концентрация  $\text{HCO}_3^-$ . Так, на глубине 150 см, содержание гидрокарбонат-иона варьирует от 2,3 до 4,3 мг/л, а в придонном слое его содержание увеличивается до 25-30 мг/л. Аналогичная зависимость гидрокарбонат-иона от насыщенности водного раствора углекислотой отмечена и в болотных водах, отобранных из торфяной залежи низкого рьяма.

Таблица 9. – Концентрация  $\text{CO}_2$  в болотных водах на разных глубинах торфяных залежей, мг/л

Глубина, см	Осоково-сфагновая топь		
Поверхностный слой	52,7	62,0	55,6
50	160,1	162,8	161,4
100	258,8	162,8	262,4
150	255,3	280,0	271,0
200	264,7	281,7	275,0
250	387,7	389,9	389,0
300	330,0	384,2	364,0
Низкий рям			
Поверхностный слой	74,8	83,6	79,7
30	92,2	176,0	106,5
40	176,0	194,1	185,4
70	110,0	133,0	124,8
150	140,8	312,0	252,6
Высокий рям			
Поверхностный слой	44,71	96,8	48,7

Отмечается также и сезонная изменчивость  $\text{CO}_2$ , преимущественно в поверхностном слое болотных вод (рис. 16). Летние пробы содержат меньше  $\text{CO}_2$ , чем осенние и весенние. Летом, в связи с повышением температуры воздуха и воды и развитием фотосинтеза, содержание  $\text{CO}_2$  в ней уменьшается, по сравнению с осенним и весенним периодами.

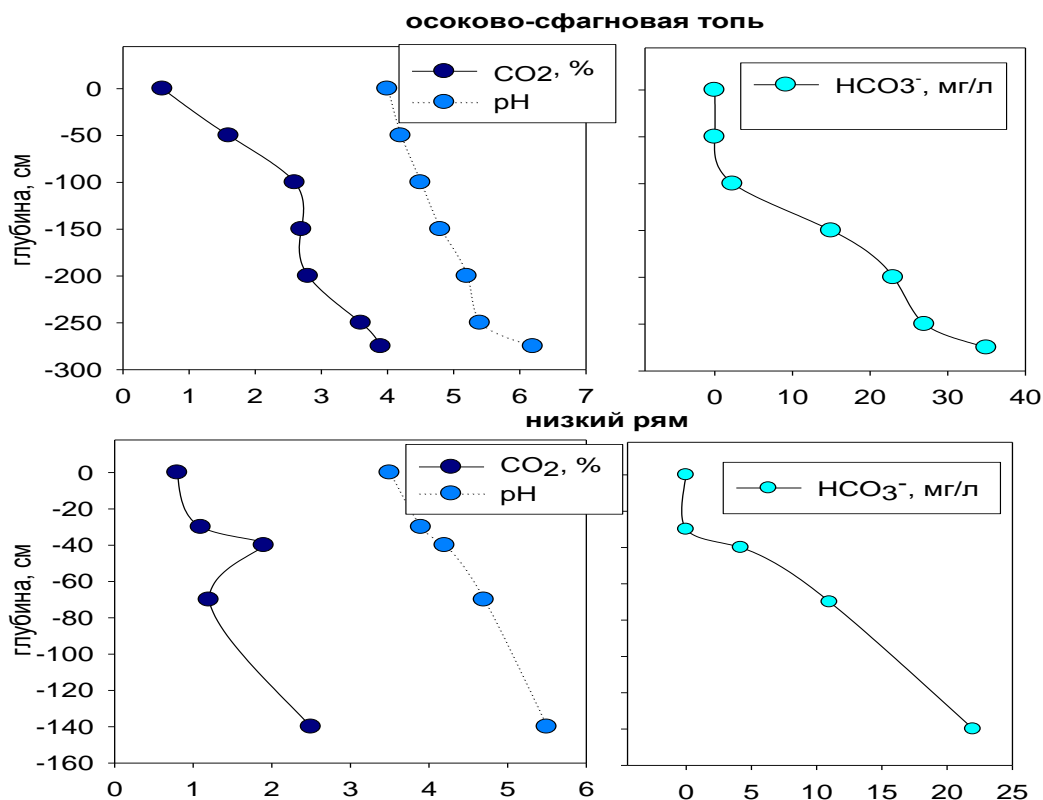


Рис. 15. - Изменение концентраций CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и pH в болотных водах, отобранных с разных глубин торфяных залежей.

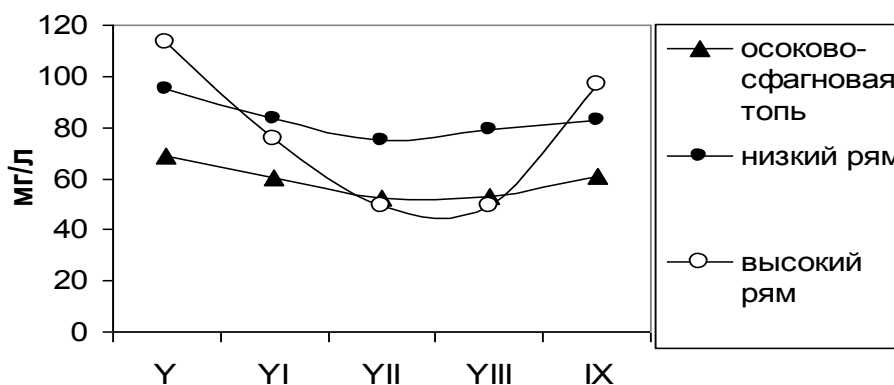


Рис. 16. - Динамика углекислого газа в поверхностном слое болотных вод.

Таким образом, в результате проведенных исследований по изучению элементов углеродного баланса в болотных водах ландшафтного профиля выявлена динамика пространственного и временного распределения углерода и свободной углекислоты в поверхностном слое болотных вод, получены данные по содержанию и распределению С и CO<sub>2</sub> в болотных водах, отобранных с разных глубин торфяных залежей, а также рассмотрено влияние концентрации CO<sub>2</sub> в болотных водах на формирование их химического состава.

**Выполнен цикл-исследований содержания ртути в годовых кольцах деревьев различных пород. Показано, что не наблюдается существенной разницы в накоплении ртути между разными породами деревьев. Выявлена обратная зависимость между шириной годового кольца и содержанием ртути в нем.**

Одним из проявлений современного антропогенного воздействия на окружающую среду является изменение скорости и направленности геохимических процессов. Достаточно ощутимо изменяется баланс ртути на территориях, испытывающих антропогенное влияние промышленных предприятий и города в целом.

Ртуть является одним из наиболее токсичных элементов. Одной из важнейших особенностей ртути является ее способность к интенсивной биоаккумуляции.

Известно несколько путей поступления Hg и ее соединений в дерево, основными из которых являются корневое питание, газообмен, обменная адсорбция на поверхности листовой пластинки.

Исследования содержания ртути проводились в образцах древесины тополя и сосны обыкновенной, произраставших в зоне непосредственного влияния города Томска (тополь – центр города) и Северска (28 км от г. Томска), а так же в окрестностях пос. Ярославское (Томская обл.).

Определение содержания ртути в образцах проводилось ртутным газоанализатором РГА-11 методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Предел обнаружения ртути составляет 0,1 нг/г, погрешность определения 30%. Методики определения содержания ртути в почвах и биологических объектах разработаны совместно с лабораторией контроля окружающей среды химического факультета ТПУ. Исследованиями распределения ртути в годичных кольцах тополя и сосны обыкновенной были охвачены деревья в течение последних 20-60 лет.

Полученные данные показали наличие концентраций ртути в древесине всех образцов превышающих фоновые значения для растительности до 100 раз.

Во второй половине XX в. концентрация ртути в древесине тополя (рис. 17) возрастала и достигла пика в 1995 г. (2127 нг/г). В последние 10 лет кривая содержания металла пошла вниз.

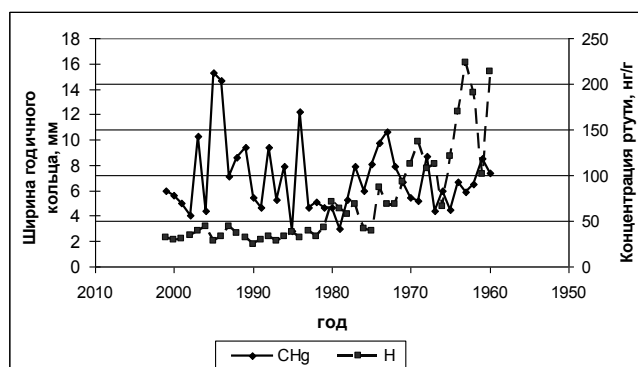


Рис. 17. Распределение содержания ртути в годичных кольцах тополя (центральная часть г. Томска)

В годичных кольцах сосны обыкновенной, 28 км дороги Томск-Самусь, максимальное содержание ртути (1627 нг/г) отмечается в 1977 году (рис. 18).

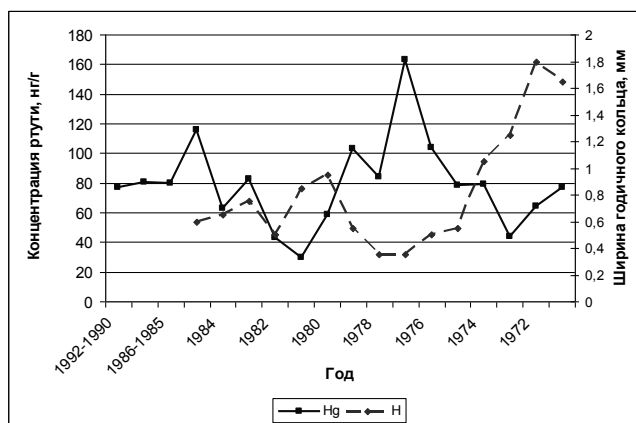


Рис.18. Распределение содержания ртути в годичных кольцах сосны обыкновенной (28 км от г. Томска)

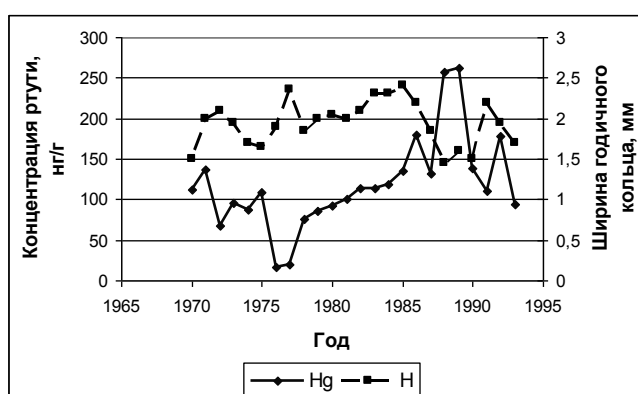


Рис. 19. Распределение ртути в годичных кольцах сосны обыкновенной (окрестности пос. Ярское Томской области)

Результаты анализа содержания ртути в древесных растениях не показали отличия в накоплении поллютанта, в зависимости от породы дерева. Считается, что кора деревьев накапливает загрязнители гораздо интенсивнее, чем остальные органы и ткани растений. В данных исследованиях такой зависимости обнаружено не было. Во всех образцах имеет место обратная взаимосвязь между содержанием ртути и шириной годичного кольца. С увеличением концентрации Hg уменьшается ширина годичного кольца, т.е. можно предположить возможность негативного влияния ртути на жизненные показатели деревьев.

**На основании исследований содержания ртути в хвое разных пород хвойных деревьев выявлены общие закономерности распределения содержания ртути в разновозрастной хвое в зависимости от места произрастания хвойных деревьев.**

Как известно, в геохимических циклах Hg большую роль играет ее атмосферный перенос. Из атмосферы ртуть в газообразной, аэрозольной форме или с осадками выпадает на земную поверхность. Поэтому особую роль приобретает изучение природных компонентов, которые могут быть индикаторами атмосферной эмиссии Hg. Хвоя деревьев является часто используемым объектом химического мониторинга качества среды.

Для измерения содержания Hg в хвое были собраны образцы хвои разного возраста (1-5 лет) с разных видов деревьев, произрастающих на разных болотных фитоценозах (табл. 10), расположенных на территории стационара «Васюганье» ИМКЭС СО РАН.

Таблица 10. Характеристики исследуемых образцов хвои

Вид	Место отбора пробы	Возраст хвои				
		1 год	2 года	3 года	4 года	5 лет
Кедр	Заболоченный лес ЗЛ					
	Высокий рям ВР	*	*	*	*	
	Низкий рям НР	*	*	*	*	*
	Открытая топь ОТ	*	*	*	*	*
Сосна	Высокий рям ВР	*	*	*	*	*
	Низкий рям НР	*	*	*	*	*
	Открытая топь ОТ	*	*	*		*
Ель	Заболоченный лес ЗЛ	*	*	*		
Пихта	Заболоченный лес ЗЛ	*	*	*	*	*

Определение содержания Hg в образцах хвои проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием ртутного газоанализатора РГА-11. Предел обнаружения Hg составляет 0,1 нг/г, погрешность определения 30%. Методика определения Hg в биологических объектах разработана совместно с лабораторией контроля окружающей среды химического факультета ТПУ.

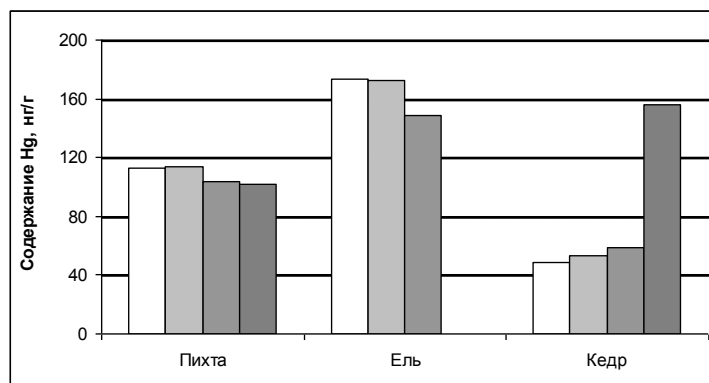


Рисунок 20. Содержание Hg в хвойных деревьях заболоченного леса.

В целом полученные результаты соответствуют средним значениям, полученным для хвойных деревьев Алтайского края (30-230 нг/г). Сравнение содержания Hg в хвое разных пород деревьев (кедр, пихта, ель), выросших в заболоченном лесу показало, что максимальное содержание Hg характерно для еловой хвои, а минимальное - для кедровой. Возрастные отличия в концентрации Hg хвоей слабо выражены, за исключением кедра (рис. 20), что соответствует полученным ранее данным.

Средняя концентрация Hg в хвое кедра изменяется от 115 до 79 нг/г в зависимости от места произрастания, причем максимальные концентрации характерны для высокого рьяма и открытой топи, что соответствует распределению Hg в верхнем горизонте торфяной залежи (рис. 21).



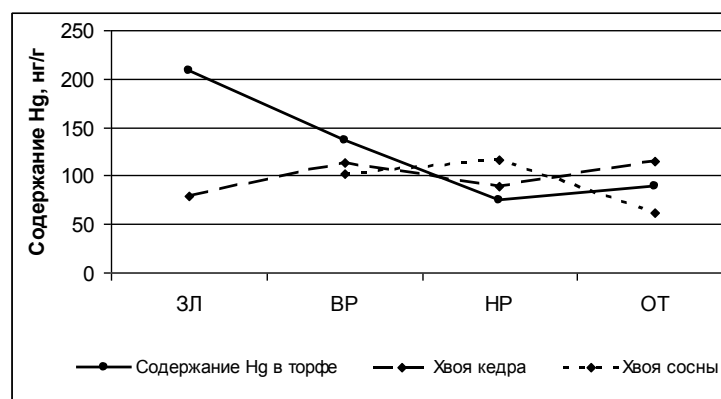


Рис. 21. Среднее содержание Hg в торфе, в хвое кедра и сосны.

Исключение составляет торфяная залежь заболоченного леса, где концентрации Hg почти в 2 раза выше по сравнению с остальными исследуемыми участками. В отличие от содержания Hg в хвое кедра максимальные значения характерны для сосновой хвои низкого рьяма, а минимальные - для сосны открытой топи (рис. 21).

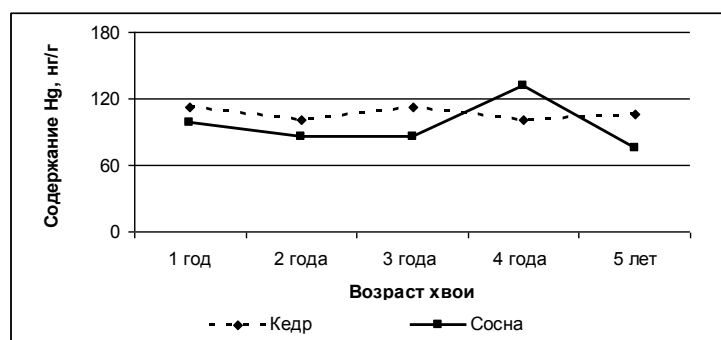


Рисунок 22. Содержание Hg в разновозрастной хвое сосны и кедра.

Исследование содержания Hg в хвое разного возраста у сосны и кедра показало, что в основном кедровая хвоя накапливает больше Hg по сравнению с сосновой хвоей. Однако следует отметить, что в 4-хлетней хвое сосны содержание Hg выше в 1.3 раза по сравнению с кедром. Выявлена также общая закономерность распределения содержания Hg в разновозрастной хвое в зависимости от места произрастания хвойных деревьев. Так схожая динамика накопления Hg в хвое с возрастом наблюдается и для кедра и для сосны на низком рьяме и открытой топи.

**Анализ временных рядов метеорологических, актинометрических и атмосферно-электрических величин, измеряемых с временным разрешением 1 мин, показал, что квазипериодически коэффициенты взаимной корреляции между электрическими и метеорологическими величинами могут достигать значений  $\pm 0,75-0,8$ . Корреляция, близкая к единице, наблюдается в случаях согласованных изменений наблюдаемых величин, превосходящих их собственные флуктуации. Выявленные квазипериодические вариации функции корреляции могут служить индикатором (предвестником) процессов, которые происходят или будут происходить в атмосфере.**

История исследования регрессионных зависимостей между атмосферно-электрическими и метеорологическими величинами свидетельствует о том, что эти зависимости сложны и неоднозначны. Характерным примером, отражающим сложность этой зависимости, является приведенный на рис. 23 фрагмент временного хода регрессионной зависимости напряженности электрического поля атмосферы от температуры воздуха. Как видно на этом рисунке, регрессионная зависимость испытывает существенную временную

изменчивость. Кроме того, в данном временном ряде наблюдается слабовыраженный отрицательный тренд.

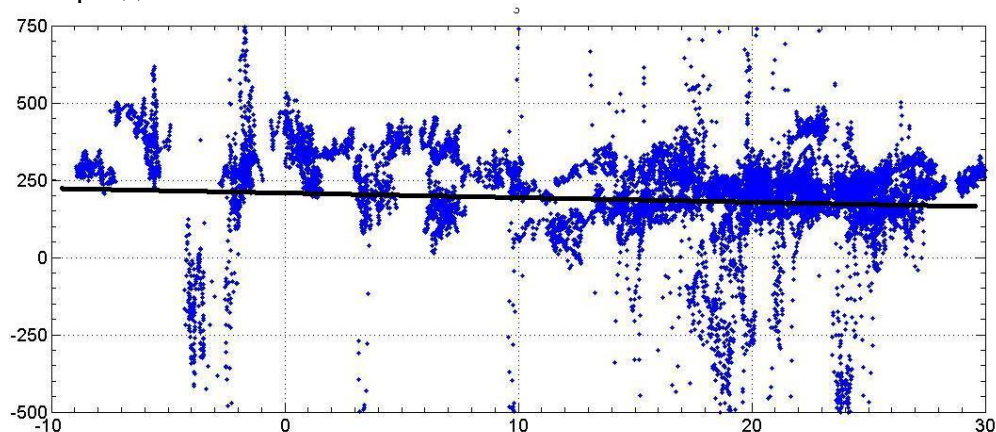


Рис. 23. Зависимость напряженности электрического поля атмосферы от температуры воздуха, полученная по данным измерений в интервале 13:30–16:30 ч по местному времени за период с марта по август 2006 г. в Томске (ось абсцисс – температура, °С; ось ординат – напряжённость, В/м)

В Институте измерения атмосферно-электрических (напряжённость электрического поля атмосферы, электропроводность атмосферного воздуха), актинометрических (интенсивность суммарной и УФ солнечной радиации) и метеорологических (температура и относительная влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, температура почвы на поверхности и глубинах) величин производятся с помощью автоматизированной информационно-измерительной системы (АИИС), в состав которой входят метеорологические датчики, измерители напряжённости электрического поля атмосферы «Поле-2» и электропроводности атмосферного воздуха «Электропроводность-2», пиранометр Kipp & Zonen CM-11 и фотометр NILU-UV-6T. Измерения выполняются ежеминутно круглосуточно. В марте–июле и ноябре–декабре 2006 г. измерения проводились на стандартной метеорологической площадке на окраине академгородка, а с марта 2007 г. измерения выполняются на специально оборудованной наблюдательной площадке, расположенной в мезонине одного из корпусов института. В светлое время суток в сроки, соответствующие 3, 6, 9 и 12 ч по СГВ, наблюдателем проводятся визуальные наблюдения за облачностью и атмосферными явлениями.

Для исследования взаимосвязей между атмосферно-электрическими, актинометрическими и метеорологическими величинами был использован метод взаимокорреляционного анализа. Ширина скользящего временного окна  $N$  изменялась от единиц часов до двух суток. Шаг  $m$ , с которым перемещалось окно, был также переменным – от десятков минут до единиц часов. Заполнение пробелов в рядах данных, не превышающих 15 мин, было сделано методом линейной интерполяции. Более длинные пробелы в данных не восстанавливались, а соответствующие им участки временного ряда отбраковывались и не обрабатывались.

Нормированная функция взаимной корреляции  $R_{xy}(m)$  рассчитывалась по формуле:

$$R_{xy}(m) = \begin{cases} \frac{\sum_{n=0}^{N-m-1} (x_{n+m} - \bar{x})(y_n^* - \bar{y})}{R_{xx}(m=0)R_{yy}(m=0)}, & m \geq 0, \\ R_{xy}^*(m), & m \leq 0 \end{cases}$$

где  $x$ ,  $y$  – анализируемые величины,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  – их средние значения по длине выборки,  $y_n^*$ ,  $R_{xy}^*(-m)$  – комплексно сопряженные величины.

В качестве примера на рис. 24 представлены результаты расчёта взаимной корреляции между температурой воздуха и напряжённостью электрического поля и их абсолютные значения за период с 17 по 21 июня 2006 г., а на рис. 3 и 4 – два 8-часовых фрагмента этого же временного ряда, локализованных относительно 0 и 8 ч местного времени для 20 июня и соответствующих низкому и высокому значению коэффициента взаимной корреляции. Расчёт был проведён для длины скользящего окна в 8 ч с шагом сдвига в 30 мин. Фрагменты рядов были последовательно сглажены вейвлет-фильтром и трёхточечным равномерным фильтром. При вейвлет-фильтрации применялся инверсный порог и ограничение высокочастотных коэффициентов вейвлета Симлета. На рис. 25 и 26, кроме фрагментов хода коэффициента нормированной взаимокорреляционной функции (внизу справа), показаны также фрагменты временных ходов температуры воздуха (вверху слева), напряжённости электрического поля атмосферы (вверху справа), регрессионной зависимости напряжённости от температуры (внизу слева).

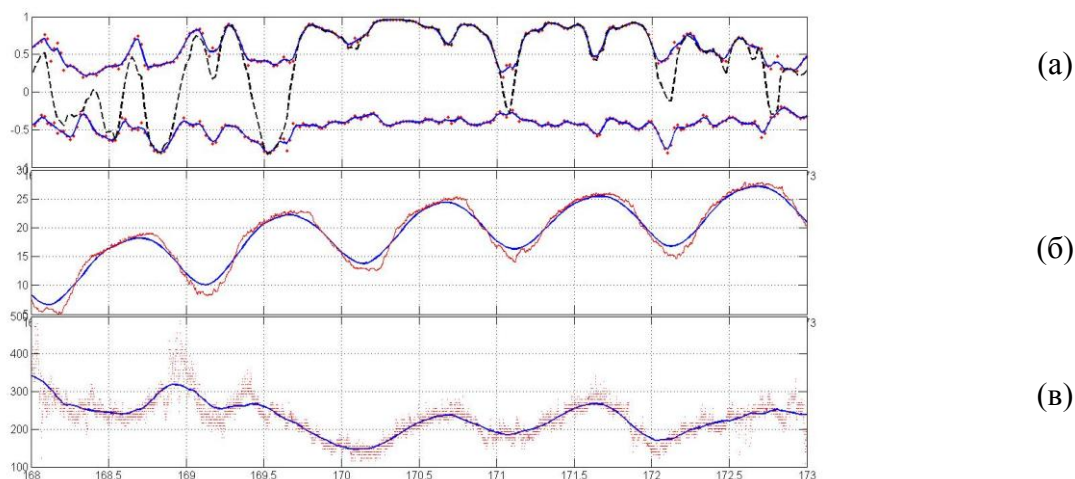


Рис. 24. Изменения максимальных положительных и отрицательных значений коэффициента взаимной корреляции между температурой воздуха и напряжённостью электрического поля  $R_{TE}$  и их абсолютных значений  $T$  и  $E$  за период с 17 по 21 июня 2006 г. (ось абсцисс – номер дня с начала года; оси ординат – коэффициент корреляции (а), температура, °С (б), напряжённость, В/м (в)); сплошные кривые показывают интервал изменений  $R_{TE}(m)$ , штриховая – изменение  $R_{TE}(m=0)$  с нулевым шагом; точки – мгновенные значения  $T$  и  $E$ , кривые – усреднённые значения  $T$  и  $E$ )

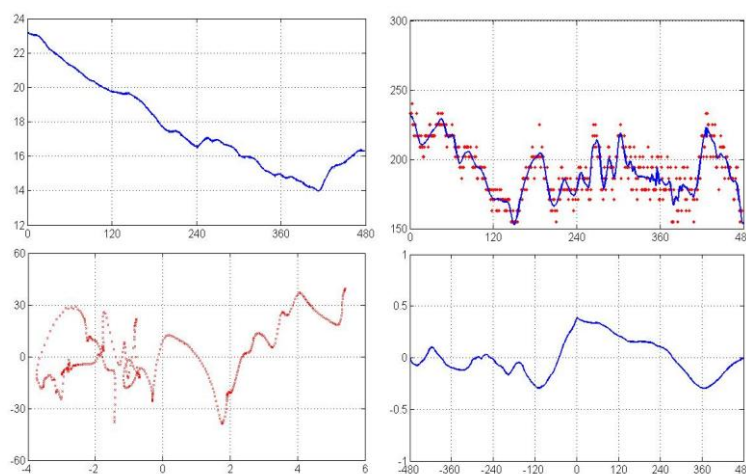


Рис. 25. Изменение нормированной функции взаимной корреляции  $R_{xy}(m)$  между температурой воздуха и напряжённостью электрического поля относительно 0 ч 20 июня 2006 г. для случая слабой корреляции (ось абсцисс – время, мин; точки соответствуют исходным

данным, кривые – сглаженным; внизу слева: ось абсцисс – отклонение температуры от среднего значения по выборке, °С; ось ординат – отклонение напряженности от среднего значения по выборке, В/м)

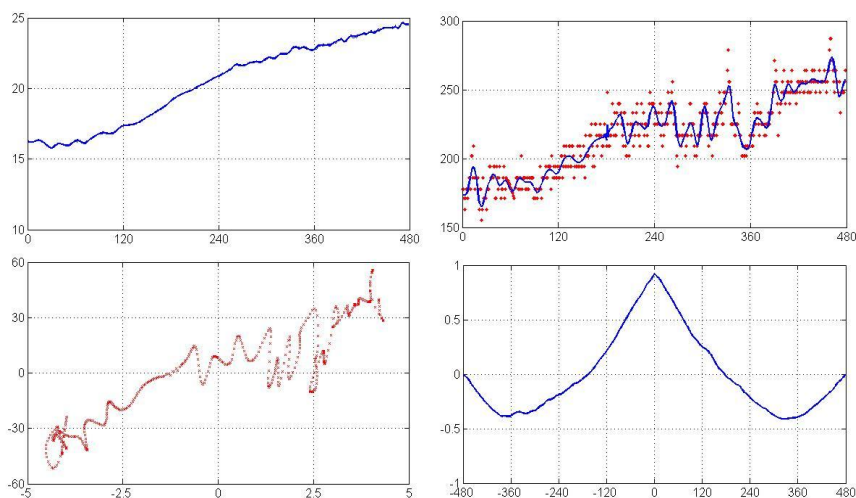


Рис. 26. То же, что на рис. 25 только для случая высокой корреляции

Приведенные на рис. 25 и 26 зависимости  $E = f(T)$  для случаев  $R_{TE} \ll 1$  и  $R_{TE} \sim 1$  наглядно иллюстрируют то, что для слабой корреляции между  $E$  и  $T$  построение регрессионных зависимостей – проблематично, а коэффициенты корреляции, близкие к единице, наблюдается в случаях согласованных изменений анализируемых величин, которое превосходит их собственные флуктуации.

Сложный характер зависимости между атмосферно-электрическими и метеорологическими величинами иллюстрируется рис. 27 и 28, где представлены временные участки изменения нормированных взаимокорреляционных функций между напряженностью электрического поля атмосферы и температурой и относительной влажностью воздуха соответственно. На рисунках хорошо прослеживается перестройка связей между электрическим полем и метеовеличинами, произошедшая 18 июня 2006 г. во второй половине дня, которая привела к смене знака максимальных значений функций взаимной корреляции.

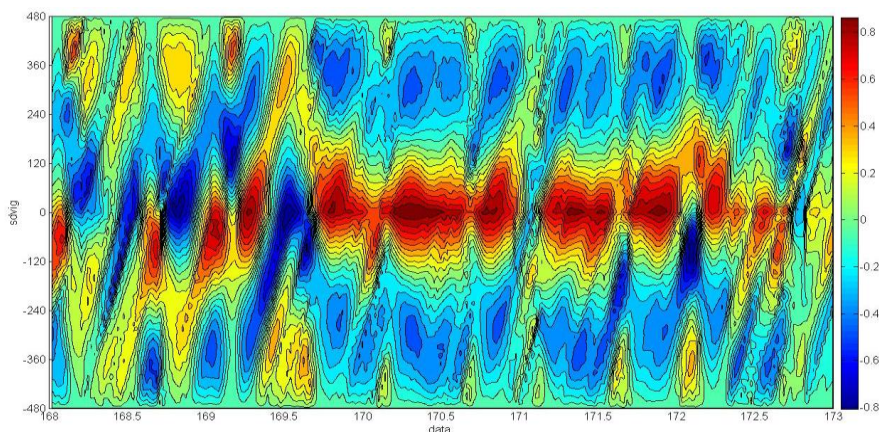


Рис. 27. Изменение нормированной функции взаимной корреляции между напряженностью электрического поля атмосферы и температурой воздуха в период с 17 по 21 июня 2006 г. (ось абсцисс – номер дня от начала года; ось ординат – временной сдвиг между анализируемыми выборками в окне, мин)



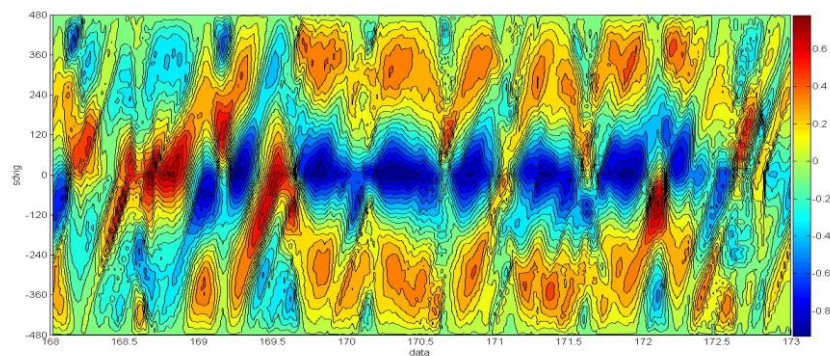


Рис. 28. Изменение нормированной функции взаимной корреляции между напряженностью электрического поля атмосферы и относительной влажностью воздуха в период с 17 по 21 июня 2006 г. (ось абсцисс – номер дня от начала года; ось ординат – временной сдвиг между анализируемыми выборками в окне, мин)

Проведённый синоптический анализ показал, что в Томске в период с 17 по 21 июня 2006 г. удерживалась сухая, без осадков, жаркая и малооблачная погода со среднесуточной температурой воздуха  $19^{\circ}\text{C}$ ; в дневные часы температура поднималась до  $29\text{--}31^{\circ}\text{C}$  (21 июня), ночью опускалась до  $5\text{--}7^{\circ}\text{C}$  (17 июня). В этот период атмосферное давление постепенно понижалось с 998 до 990 гПа, ветер был переменным (преимущественно ЮЮВ), слабым (средняя скорость  $2\text{--}3$  м/с), с максимальными порывами менее 9 м/с, облачность была представлена перистыми и кучевыми облаками, за исключением 17 и 18 июня, когда наблюдались также высоко-кучевые и слоисто-кучевые облака. Более прохладная погода в начале данного периода была обусловлена кратковременным похолоданием, произошедшим накануне при прохождении холодного фронта. Возможно, особенности взаимосвязи напряженности электрического поля с метеорологическими величинами, наблюдаемые 17–18 июня, были обусловлены изменением физических свойств холодной воздушной массы в связи с началом её трансформации.

В результате проведённой работы можно сделать некоторые предварительные обобщения и выводы.

**Анализ данных синхронных наблюдений коэффициентов аэрозольного ослабления  $\beta(\lambda)$  в диапазоне длин волн  $\lambda = 0,44\text{--}3,90$  мкм на протяженной приземной трассе и напряженности атмосферного электрического поля  $E$  в чистых условиях и при задымлении атмосферы во время лесных пожаров показал, при появлении в регионе дыма лесных пожаров и связанного с этим роста  $\beta(\lambda)$  наблюдается значительное падение напряженности электрического поля.**

Для иллюстрации этого эффекта на рис. 29 приведена усредненная скользящим средним временная динамика параметров  $\beta(0.5)$  и  $E$ , полученная в мае 2004 года, когда в регионе в период с 15 по 21 мая наблюдался довольно плотный дымовой смог.

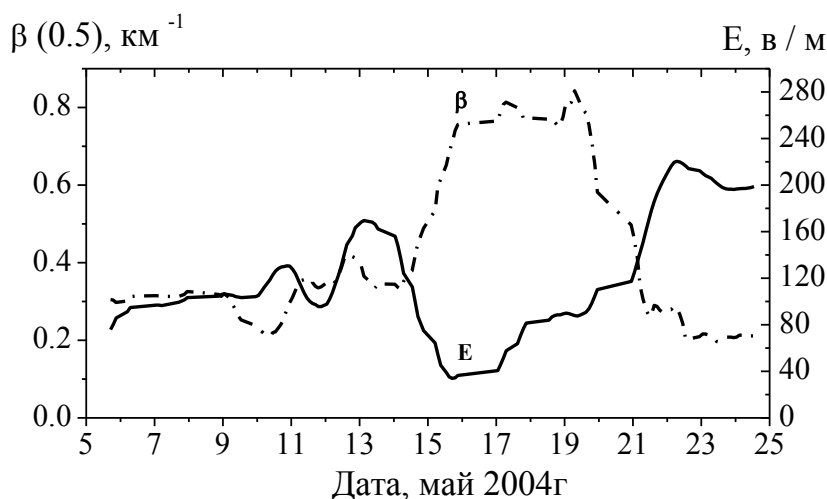


Рис. 29. Усредненная временная динамика коэффициента аэрозольного ослабления оптического излучения  $\beta(0.5)$  и напряженности электрического поля  $E$  при дымовом смоге в мае 2004г.

В целом похожая картина была получена и при измерениях в мае 2006 года, когда также в регионе наблюдались лесные пожары. На рис. 30 приведен временной ход коэффициента аэрозольного ослабления оптического излучения  $\beta(0.5)$ , концентрации угарного газа CO и напряженности электрического поля  $E$  в мае 2006г.

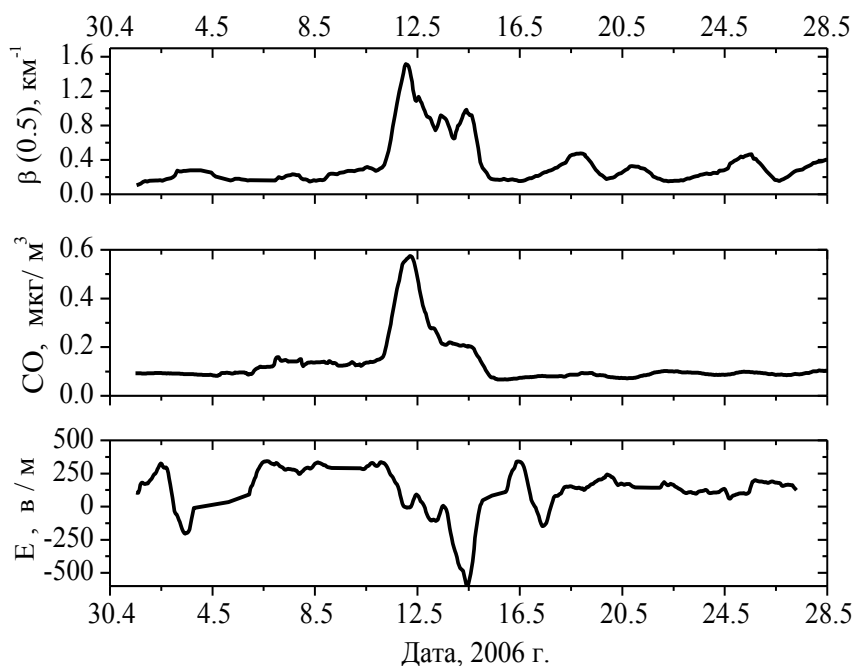


Рис. 30. Усредненный временной ход коэффициента аэрозольного ослабления оптического излучения  $\beta(0.5)$ , концентрации угарного газа CO и напряженности электрического поля  $E$  в мае 2006г.

Выявленная закономерность однозначно свидетельствует о том, что в задымленной атмосфере резко увеличивается количество лёгких ионов, что противоречит электрооптическому соотношению Имянитова – Шифрина, полученному для условий хорошей погоды. Физическая суть этого соотношения состоит в том, что с ростом числа нейтральных частиц уменьшается число лёгких ионов в атмосфере (за счёт осаждения их на частицы) и соответственно напряженность электрического поля растёт.

Таким образом полученные в 2006 г результаты в целом подтверждают данные 2004 года. Можно лишь отметить, что в 2004 г. во время дымового смога напряженность

поля максимально уменьшилась примерно с 220 до 40 в/м, то в измерениях 2006 г. это падение составило даже по усредненным данным с +400 до – 600 в/м. С чем связано такое сильное падение напряженности поля (причем со сменой знака) предстоит еще выяснить.

Предлагаются две гипотезы по поводу источника лёгких аэроионов в дымовом смоге. Одна из них предполагает, что образующийся при пожаре тонкодисперсный аэрозоль является изначально заряженным. А вторая основывается на предположении, что во время пожара идет интенсивный вынос ранее осевших на подстилающей поверхности радиоактивных элементов, которые существенно усиливают процессы ионизации молекул воздуха.

**С использованием аппаратуры акустического зондирования изучены статистические характеристики термической структуры атмосферного пограничного слоя. Выявлены суточные и сезонные закономерности хода стратификации пограничного слоя, сделаны оценки поведения измеренных параметров стратификации в зависимости от общего состояния атмосферы.**

Согласно плана работы по данной теме, проводилась подготовка аппаратуры для экспериментальных исследований, проведение самих исследований и обработка результатов по термической структуре атмосферного пограничного слоя (АПС). Осуществлялось формирование базы данных по исследованию структуры АПС. Также в течение отчетного периода продолжались исследования АПС в различные сезоны года. В качестве измерителей по-прежнему использовались акустический локатор и, в дополнение к нему, ультразвуковой метеорологический комплекс. Помимо стандартных метеорологических параметров, определялись такие параметры турбулентности как полная энергия турбулентных движений, потоки импульса, тепла, масштабы ветра, температуры, Мони́на-Обухова и др., а также их статистические характеристики. Контролировалась термическая структура нижнего слоя атмосферы, определялись классы устойчивости атмосферы за время измерений. Оценивалось поведение измеренных параметров в зависимости от общего состояния атмосферы. Анализировались суточные и сезонные закономерности хода стратификации атмосферы и взаимосвязи ее параметров.

С целью накопления статистической информации о структуре АПС в различных регионах страны, в различное время года и в разное время суток создана база данных акустического зондирования пограничного слоя атмосферы. Такая разрывная статистическая информация получена по результатам исследований в следующих регионах: Западная Сибирь (г. Томск, г. Кемерово), Европейская часть России (г. Луга Ленинградской обл., г. Нижний Новгород), Казахстан (г. Семипалатинск, г. Алма-Ата).

Наиболее подробно обработаны данные по температурным инверсиям, играющим важную роль для оценки климатических предпосылок загрязнения атмосферы. В качестве примера приведем некоторые результаты обработки по результатам акустического зондирования в равнинной части Западной Сибири (г. Кемерово) в летнее время (июль). За указанный выше период измерений наблюдались различные состояния атмосферы: неустойчивая атмосфера (развитая конвективная турбулентность), безразличная (градиент температуры окружающего воздуха примерно равен сухоадиабатическому вертикальному градиенту), устойчивая (приземные и приподнятые инверсии температуры или оба типа инверсий одновременно). Классификация этих состояний атмосферы в процентном отношении к общему количеству измерений показана на рис. 31.

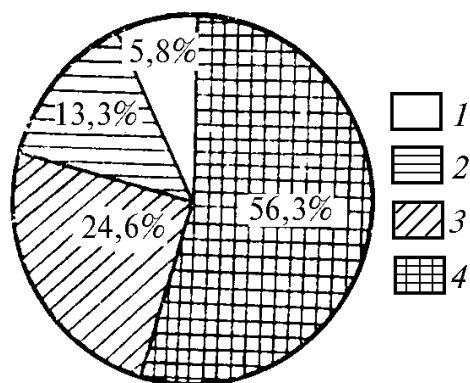


Рис. 31. Классификация температурной стратификации атмосферы:  
 1 – безразличная стратификация; 2 – конвективный режим;  
 3 – приземные инверсии; 4 – приподнятые инверсии или оба типа инверсий

Как видно из представленного материала, количество случаев образования инверсий температуры, приводящих к условию устойчивой стратификации, т.е. к условиям накопления примесей, составляет около 81% всего материала наблюдений. Из них количество случаев, связанных с наличием приподнятых инверсий, когда создаются наиболее неблагоприятные метеорологические условия, превышают 50%. Основной характеристикой температурных инверсий, как известно, является значение высоты ее границ. На рис. 2 показаны нормированные гистограммы распределений верхней границы приземной инверсии и нижней границы приподнятой инверсии. Из полученных гистограмм следует, что в указанный период наблюдений верхняя граница приподнятых инверсий всегда находилась выше 100 м, и хотя в большинстве случаев она лежит в диапазоне высот 100 ÷ 200 м, но может достигать и 500 м. Распределение значений высот нижней границы приподнятой инверсии (рис. 2, б) в основном сосредоточено в значительно более узком интервале 50 ÷ 100 м. Верхняя граница приземной инверсии, как правило, не превышает 200 м. Результаты статистической обработки значений границ всех типов инверсий представлены в табл. 11.

Таблица 11. Статистические характеристики границ температурных инверсий

Параметр	Средняя высота $\bar{H}$ , м	Среднеквадратичное отклонение $\sigma_H$ , м	Коэффициент вариации, $\sigma_H/\bar{H}$
Верхняя граница приподнятой инверсии	161,9	62,1	0,38
Нижняя граница приподнятой инверсии	80,6	38,6	0,48
Верхняя граница приземной инверсии	136,6	26,7	0,20

Представленные в таблице результаты показывают, что средняя мощность приподнятой инверсии за период наблюдений составила ~ 81,3 м. При этом положение ее границ характеризуется большей нестабильностью по отношению к приземной инверсии.

Другая серия результатов представлена для наблюдений в осенний период времени (октябрь). Обнаружено, что за этот период наблюдения инверсия температуры отмечалась в 97,6% времени. Приземные инверсии наблюдались в 51% времени, приподнятые – в 46,6%. При этом в 20,7% времени наблюдалось одновременное существование приземной и приподнятой инверсий. В результате статистической обработки получены высотные распределения границ температурных инверсий, классифицированные по типу инверсии (приземная, приподнятая), виду границы (верхняя, нижняя), времени суток (день, с 9.00 до 16.00, и ночь, с 20.00 до 6.00). Результаты статистической обработки приведены в



табл. 12. Гистограммы распределений границ температурных инверсий отличаются от соответствующих результатов, полученных в летний месяц. Средняя толщина слоя перемешивания за период наблюдения составила 146,0 метров, что выше, чем для летнего месяца, где она была равна 98,9 м.

Термическая структура АПС, наблюдаемая в равнинной части Западной Сибири (к примеру, г. Кемерово), существенно отличается по характеру от наблюдаемой, например в Алма-Ате, в частности, нет многослойных приподнятых инверсий. Для приподнятых инверсий характерны более нижние границы, большая их нестабильность. Приземные же инверсии отличаются более частым появлением и весьма высокой стабильностью границ. Гистограммы распределения границ инверсий по высоте (рис. 32) также отличаются. Для г. Кемерово средние значения высот инверсий совпадают ближе к наиболее вероятным, форма распределения также ближе к нормальному закону.

Таблица 12. Статистические характеристики границ температурных инверсий

Параметр	Средняя высота $\bar{H}$ , м	Среднеквадратичное отклонение $\sigma_H$ , м	Коэффициент вариации $\sigma_H/\bar{H}$
Верхняя граница приземной инверсии	163,7	60,0	0,37
Дневные часы (9.00 ÷ 16.00)	158,7	61,3	0,39
Ночные часы (20.00 ÷ 6.00)	194,5	65,2	0,34
Верхняя граница приподнятой инверсии	216,1	106,7	0,49
Дневные часы (9.00 ÷ 16.00)	257,9	94,3	0,37
Ночные часы (20.00 ÷ 6.00)	171,5	100,4	0,59
Нижняя граница приподнятой инверсии	119,5	82,0	0,69
Дневные часы (9.00 ÷ 16.00)	122,6	82,1	0,67
Ночные часы (20.00 ÷ 6.00)	119,3	84,5	0,71

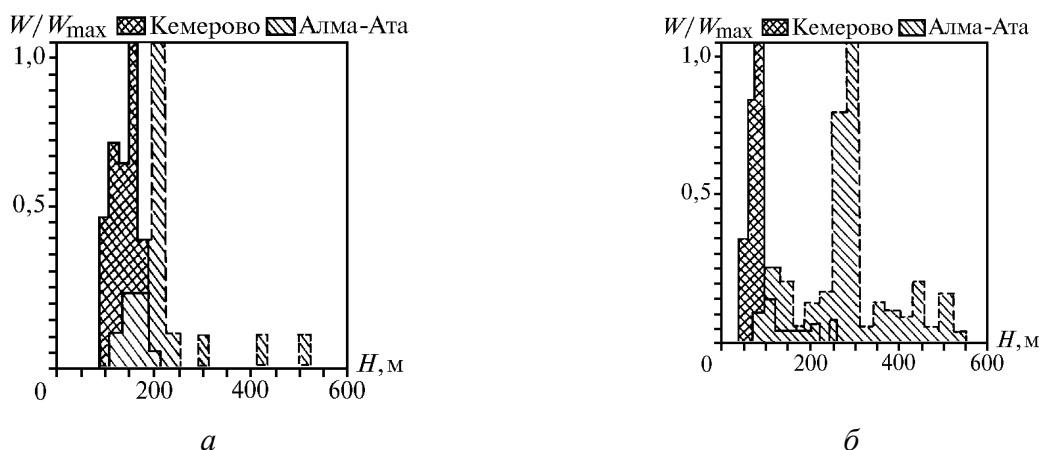


Рис. 32. Нормированные гистограммы распределений верхней границы приземной инверсии температуры (а) и нижней границы приподнятой инверсии (б)

Для Алма-Аты характерна более сложная термическая структура АПС с многослойными приподнятыми температурными инверсиями, мало изменяющаяся в течение суток. Очевидно это объясняется прежде всего особенностями орографии местности.

Полученные характеристики структуры АПС (температурной стратификации и особенно температурных инверсий), получаемые с помощью акустического локатора, важны для оценки климатических изменений. Показано, что статистика характеристик

температурной стратификации в различные сезоны года и в различных регионах отличается друг от друга.

### **Проект 7.10.1.2. Развитие информационно-измерительных технологий для мониторинга и моделирования атмосферных, гидросферных и литосферных процессов в геосистеме Сибири (научный руководитель: д.ф.-м.н. В.А.Крутиков)**

Для обеспечения комплексных научных исследований в ИМКЭС СО РАН в течение последних трех лет создается единая информационная база, объединяющая разноформатные данные натурных измерений. Интеграция базы данных с ГИС-порталом позволяет проводить пространственный и динамический анализ параметров биомониторинга во взаимосвязи с данными дистанционных спутниковых исследований, рельефом местности и климатическими условиями.

Основные результаты, полученные в 2007 году:

1. Разработка структуры и программного обеспечения интегрированной информационно-измерительной системы анализа природно-климатических процессов.

*1.1. Проведено тестирование на двух платформах интерпретаторов ГИС на открытых кодах.*

В качестве первой платформы был установлена и протестирована разработка Университета штата Миннесота (США) (University of Minnesota, UMN) MapServer. Данный продукт предназначен для обеспечения Интернет-доступа к геоинформационным данным. MapServer предоставляет разработчику API для доступа к пространственно-распределенным данным, как в векторном формате (ESRI shape files), так и в растровом (TIFF, JPG, GIF, ERDAS) форматах. Несомненными преимуществами этого продукта для использования в нашем проекте являются:

- MapServer может работать на платформах целиком состоящих из бесплатного ПО (Linux, Apache);
- MapServer поставляется бесплатно с открытым кодом. Таким образом, при отсутствии определенной функциональности в API, разработчик имеет возможность изменить непосредственно код продукта;
- MapServer поддерживает ESRI Shape files – формат, который на сегодняшний день является наиболее широко представленным в ГИС-данных проекта.
- Использование MapServer в проекте основано на вызове функций его API из CGI-приложения, реализующего интерфейс пользователя с ГИС-Порталом.

В качестве второй платформы была использована связка Geoserver – OpenLayers. Серверная часть базируется на open source продукте Geoserver, реализованном на Java (<http://geoserver.org/>). В нем полностью поддерживаются стандарты OGC (Open Geospatial Consortium <http://www.opengeospatial.org/>), имеется богатый опыт применения в различных областях, развитое сообщество пользователей-разработчиков, а так же хорошо продуманная система модульного расширения системы под конкретные нужды. В частности, даже в стандартной поставке имеются модули поддержки всех распространенных СУБД, а так же данных других геоинформационных систем. Продукт активно развивается, постоянно выходят новые версии.

Клиентская часть базируется на Open Source проекте OpenLayers (<http://www.openlayers.org/>) целиком написанном на JavaScript. Предлагает очень широкие возможности, активно поддерживается и развивается. Так же крайне прост в модификации под собственные нужды и расширения, т.к. идет единым js файлом. В современных браузерах (IE 6-7, Mozilla 2) позволяет создавать профессиональный интерфейс, имеет сопряжения с Google Maps.

*1.2. Осуществляется анализ результатов обработки материалов экспедиционных исследований на четырех ключевых участках Большого Васюганского болота, проведенных в 2002-2007 гг. Эти участки представляют различные провинции БВБ и в своей сово-*

купности дают его полную характеристику. Формируется база данных физико-химических и биологических свойств торфа, полученных по стратиграфическим колонкам на ключевых участках различных типов лесоболотной системы Западной Сибири.

2. Разработка комплексной многопараметрической методики анализа эволюции климатических и экологических компонент геосистемы Сибири в голоцене на основе биомониторинга.

Анализ эволюции климатических и экологических компонент геосистемы Сибири в голоцене на основе биомониторинга проводится в двух встречных направлениях. Первое из них, анализ эволюции климатической системы Сибири по данным натурных измерений, включает выявление скрытых периодичностей во временных рядах различного происхождения и их восстановление в заданном спектральном интервале, а также разработку интегральных характеристик и параметров состояния климатической системы. Второе направление, собственно биомониторинг: на современном этапе включает многокомпонентные исследования по стратиграфии торфяных отложений, палинологические исследования озерных отложений и дендрохронологические математические модели и изотопные исследования исследуемого биологического материала.

*2.1. На основе разработанной методики определения абсолютного возраста и генезиса заболачивания.*

- Проведено парное датирование придонных образцов торфа по  $^{14}\text{C}$  торфяных разрезов болот Иксинского и Аргат-юл. В результате выявлено, что суходольное мезотрофное и олиготрофное заболачивание происходило в периоды похолоданий около 7200, 5100-4800, 3000-2800 лет назад и в начале последующих потеплений голоцена.

- Установлен пульсирующий характер заболачивания на протяжении всего периода формирования болот в голоцене, обусловленный влиянием преимущественно криогенных процессов, вызывающих заболачивание хорошо дренированных элементов микро- и мезорельефа минерального дна.

*2.2. Исследованы методические особенности определения возраста современных слоев торфа.*

На основании комплексного датирования по  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{14}\text{C}$  и по корневой шейке сосны установлена значительная ошибка возрастной оценки (до 400 лет) при использовании наиболее доступного метода датирования по корневой шейке сосны в условиях континентального климата Западной Сибири, что связано с возобновлением сосны с залегающих ниже поверхности обводненных горизонтов при обсыхании болот в периоды сухого климата.

В связи с ограниченными возможностями использования методов датирования по  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  в условиях континентального климата Западной Сибири был проведен поиск новых методов датирования. В результате работ по исследованию фракционирования минерального вещества палеоаэрозолей, аккумулированных в торфе, установлено резкое увеличение коэффициентов обогащения тяжелыми микроэлементами начиная с 1985 года, что связано с уменьшением запыленности атмосферы. Данный признак предлагается использовать для датирования 1985 года.

*2.3. Начата разработка нового метода детальной реконструкции водных режимов болот для оценки отклика болот на климатические изменения голоцена и выявления цикличности болотообразовательного процесса.*

Совместными усилиями коллективов ИМКЭС и ИГиМ СО РАН выполнено детальное исследование ботанического состава торфа (с шагом 2 см) и сканирование (с шагом 0,2-1,0 см) на станции элементного анализа ускорителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН торфяной залежи разреза Бакчар-1 во временном интервале 1200-3500 лет назад (100-200 см) и выявлено 9 интервалов значительного снижения содержания элементов грунтового питания болот, соответствующих периодам аридизации климата голоцена продолжительностью от 20 до 100 лет.

#### *2.4. Дальнейшее развитие получила математическая модель клеточной структуры годичных колец деревьев.*

Представлена математическая модель трахеид и годичных колец как колебаний плотности древесины, которые имеют существенно негармоническую форму. Вводятся амплитуда и фаза для описания изменений структуры древесины, амплитуда определяет толщину стенки трахеид, фаза – их радиальный размер. Замкнутый численный эксперимент подтвердил внутреннюю непротиворечивость модели. Показана ее полезность для анализа экспериментальных данных.

Параметры годичного кольца хвойных деревьев являются макроскопическими измеримыми величинами, которые могут быть привязаны к временной шкале с точностью до года. Однако кольцо это некоторый виртуальный объект в том смысле, что оно формируется детектором как некоторое среднее трахеид, образовавшихся за сезон роста. Трахеиды локализованы и привязаны ко времени с не меньшей точностью чем кольцо. С другой стороны, из структурных особенностей трахеид в силу их размеров возможно получить более детальную информацию о процессах роста дерева. Таким образом, трахеиды целесообразно рассматривать как наибольший объект, параметры которого модифицируются деревом с целью адаптации к изменениям окружающей среды в процессе вегетации. На математическое описание структуры трахеид ориентирован данный этап исследований. Исследование структуры годичных колец в связи с состоянием окружающей среды является актуальным. Прогресс в этой области в значительной мере связан с развитием математического моделирования. Дальнейшие исследования новых введенных функций должны прояснить, как входят в них процессы, управляющие радиальным ростом, и привести к конструктивной теории, верифицируемой в натурном эксперименте.

#### *2.5. Палинологические исследования.*

В текущем году продолжено изучение изменений растительности и климата в Алтай-Саянском регионе с использованием методики палеоэкологического (спорово-пыльцевого) анализа. При этом решались две основные задачи:

1. Изучение состава и структуры современных спорово-пыльцевых спектров и их взаимосвязи с составом и структурой материнских фитоценозов для выявления качественных и количественных закономерностей и связей, которые могут быть использованы для палеореконструкций изменений ландшафтов и климата по ископаемым спорово-пыльцевым спектрам конкретно в Алтай-Саянском регионе.

2. Спорово-пыльцевой анализ ископаемых спорово-пыльцевых спектров из отобранных ранее озёрных разрезов на территории Хакасии.

В целом, полученные данные по этому разделу проекта используются для разработки информационной модели процесса болотообразования и создания геоинформационной технологии палеореконструкции климата, водных режимов и криогенных процессов голоцена лесной зоны Западной Сибири по эволюции количественных характеристик различных процессов в торфяных отложениях.

3. Разработка физической модели формирования естественного импульсного электромагнитного поля Земли и технологии мониторинга литосферных структур и аномальных процессов.

Исследование пространственно-временной и векторной структуры естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) проводится с использованием разработанного ранее многоканального геофизического регистратора «МГР-01», который в настоящее время занесен в Государственный реестр как средство измерения. Он позволяет в стационарных и полевых условиях регистрировать электромагнитные сигналы ОНЧ диапазона двумя перпендикулярно ориентированными ферритовыми антеннами по двум независимым каналам.

- 3.1. Разработан высокоточный программно-аппаратурный способ селекции временных и пространственных компонент естественного импульсного электромагнитного*

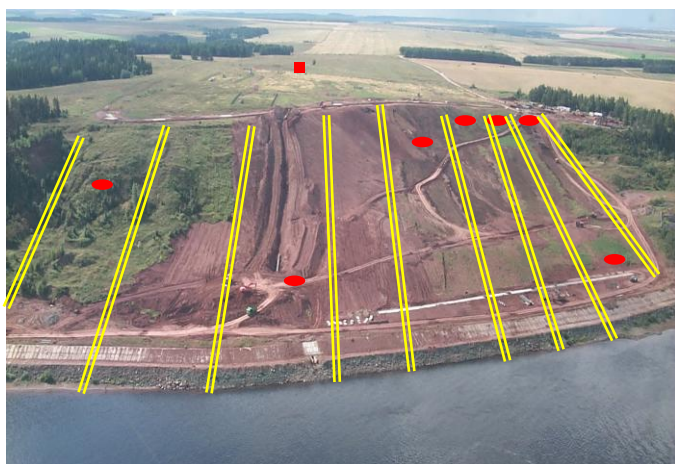
поля Земли, позволяющий одновременно с уменьшением необходимого объема регистрируемой информации повысить точность определения параметров интенсивности ЕИЭМПЗ.

Это представляет реальную основу для разработки новой информационно-измерительной технологии мониторинга литосферных структур и её практического применения в качестве аппаратных средств для новых методов геофизической разведки и решения практических задач инженерной геологии.

Экспериментально показано, что использование системы разнесенных в пространстве регистраторов радишума совместно с ГИС-технологиями обеспечивают выделение геофизических структур и контроль за геодинамическими процессами как в приповерхностных слоях земной коры, так и на глубинах, недоступных другим методам геофизической разведки и геомониторинга.

*Практическое использование технологии мониторинга литосферных структур и аномальных процессов по изучению магнитной составляющей ЕИЭМПЗ на основе «МГР-01»*

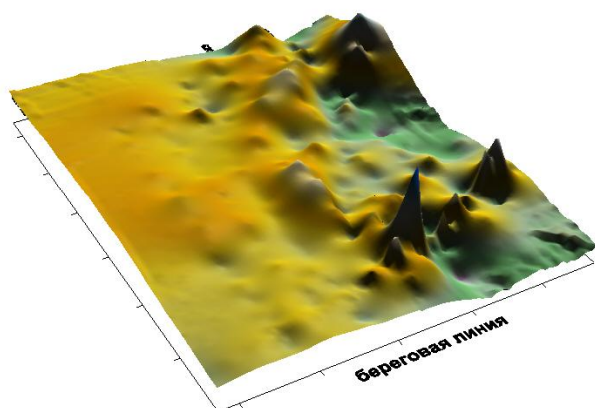
### 1. Мониторинг напряженно-деформированного состояния горного массива и обнаружение оползневых явлений.



Вид речного склона на р. Кама по трассе магистрального газопровода «Уренгой-Европа»  
Красными точками отмечены места размещения одной реперной и 7 измерительных и станций «МГР-01».



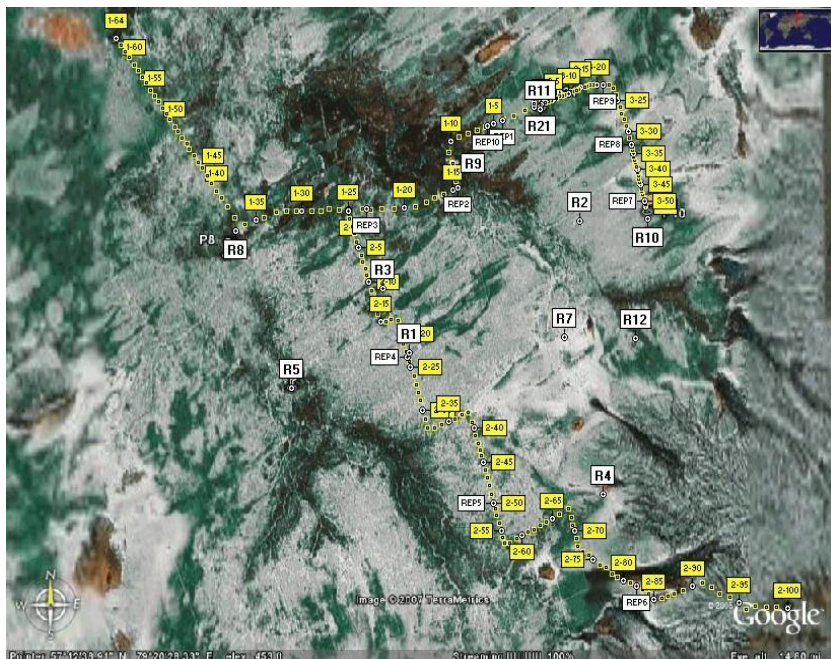
Бункер для размещения станции.



Оценка НДС территории 4 станциями «МГР-01»  
Напряжения растяжения представлены в относительных единицах в виде «возвышенностей», а напряжения сжатия в виде «впадин».



## 2. Поиск и картирование месторождений углеводородов

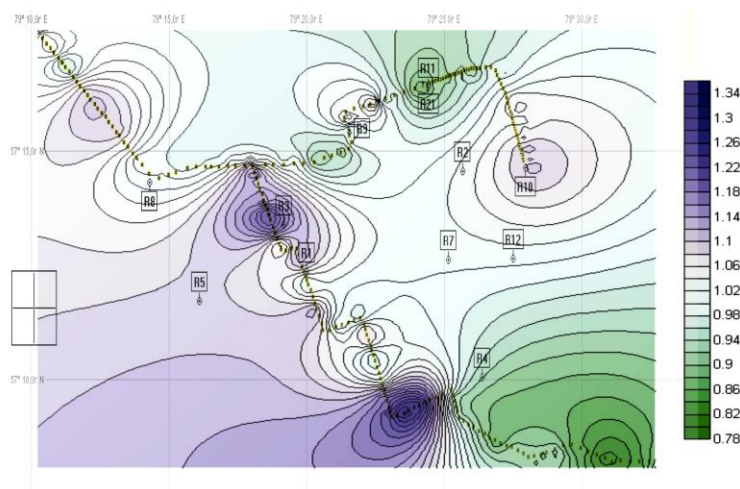
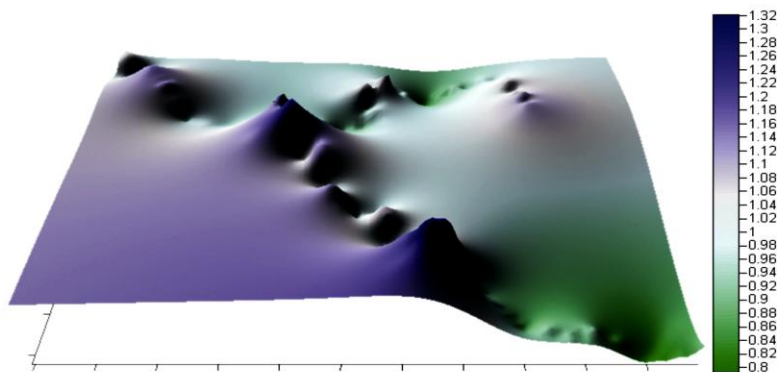


Установка реперной станции



Профильные измерения тремя маршрутными станциями

Космический снимок территории Казанского месторождения нефти и газа в Томской области.  
 R – скважины; желтые прямоугольники - номера профилей и пикетов на профиле.



Анализ перспективности территории Казанского месторождения  
Зеленый цвет  
 - перспективные территории,  
фиолетовый  
 - малопродуктивные.



**Проект 7.10.1.3. Исследование экосистемных изменений в Сибири и связанных с ними рисков природопользования (научный руководитель: д.г.н. А.В.Поздняков, д.г.н. А.Г.Дюкарев)**

*1. Классификация рисков природопользования с учетом возможных изменений климата и геосистем*

В 2007 г. работа над проектом была направлена на изучение различных видов природных опасностей и рисков природопользования на территории Горного Алтая и Томской области. Проведена классификация рисков природопользования, инициируемых климатическими изменениями; исследовано появление новых генетических видов или изменение интенсивности действующих процессов гипергенеза.

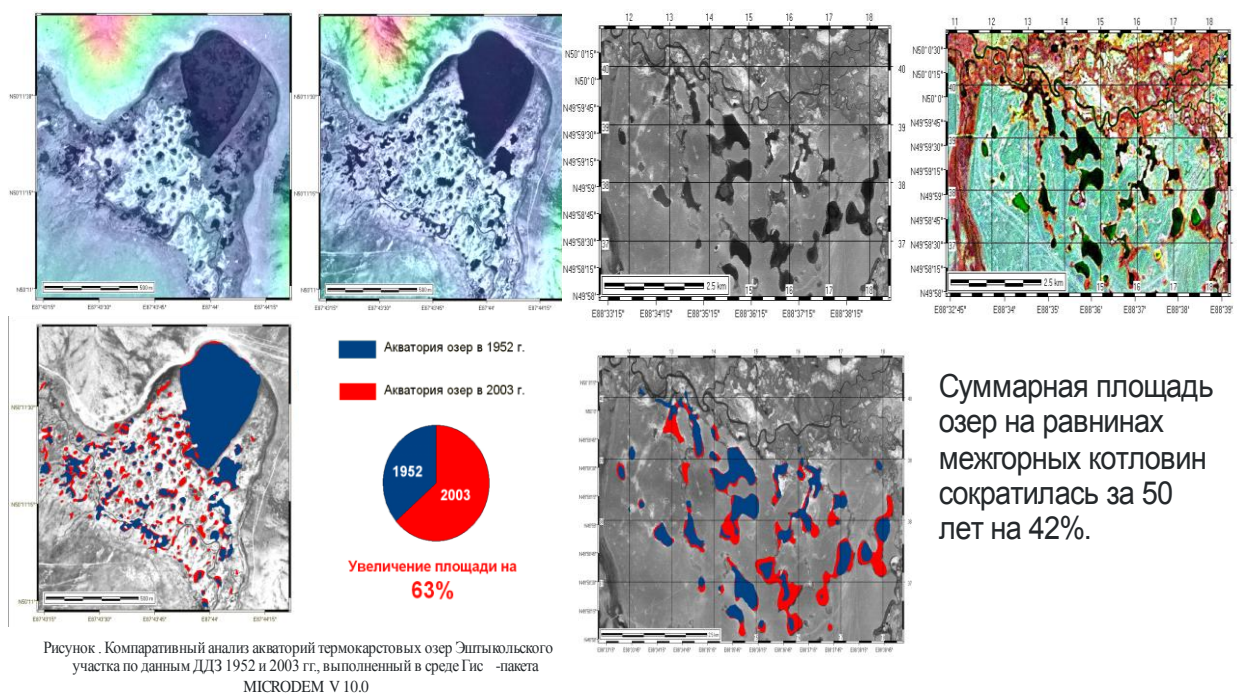
Получены следующие важнейшие результаты.

**1. В результате анализа материалов дистанционного зондирования территории Горного Алтая за период с 1952 по 2007 гг. и экспедиционных исследований, впервые получены интегральные количественные показатели, объективно характеризующие устойчивое потепление климата, опосредованно выражающееся в увеличении площади термокарстовых озер в горной части Алтая (на 63%) и сокращение суммарной их площади (42%) на равнинах межгорных котловин (Чуйский и Курайский тестовые участки).**

В настоящее время не существует подробного перечня ледниковых и прорывоопасных озер для Горного Алтая. Поэтому чрезвычайно важно провести инвентаризацию и обследование гляциальных озер для получения данных о прорывных озерах, которые могут спровоцировать паводки и сели и нанести ущерб населению нижележащих речных долин.

На территории Горного Алтая насчитывается около 12000 озер, из них большее число — горные. Сосредоточение озер в горных областях объясняется климатическими и морфолого-гидрографическими особенностями этих областей, так как горы Алтая служат аккумулятором влаги, формирующим сток рек региона, а также наличием благоприятных геоморфологических и геотектонических условий.

Комплексные исследования горных озер с целью изучения возможности их прорыва и образования паводковых волн до сих пор не проводились, поэтому информации об устойчивости плотин и возможности их разрушения недостаточно.



В текущем году проведена классификация озер по их генезису и опасности прорыва. Установлено, что прочные плотины имеют около 70-80% озер. У остальных озер непрочные плотины, состоящие либо из моренно-ледниковых образований, либо из рыхло-обломочных слабосвязанных отложений. Такие плотины могут разрушаться под действием ряда факторов. В этом случае происходят прорывы озер, которые, несомненно, будут сопровождаться катастрофическими последствиями для поселений, располагающихся в долинах и межгорных равнинах.

Следует подчеркнуть, что часть озер в процессе своего развития, а также в процессе развития геологической ситуации района может переходить из одной группы в другую. Так, сильные землетрясения могут вызвать прорыв озер с самыми устойчивыми плотинами. С другой стороны, по мере перехода моренно-ледникового комплекса в моренный (таяние погребенных льдов), моренно-ледниковое озеро также переходит в моренное. Тем не менее, разделение горных озер на две группы имеет большое значение, как для их научного изучения, так и для практического использования.

В результате обследования плотин озер и озерных ванн выявляются критерии, по которым проводится типизация озер и оценивается степень их прорывоопасности. На прорывоопасных озерах определяется механизм прорыва и строится его модель, по которой рассчитывается величина расхода прорывного потока. Определение расхода прорывного потока является очень важным параметром прорывоопасных озер, так как от его величины во многом зависит возможность трансформации прорывного потока в селевой и размер границ селевого поражения.

Потепления климата предполагает образование новых озер и повышение абсолютной высоты границы вечной мерзлоты. В результате приводится в движение огромное количество рыхлообломочного материала, ранее сцементированного льдом. Этот материал уже подвергается воздействию различных гравитационных склоновых процессов, которые часто проявляются в виде селевых потоков или других, более медленных смещений масс. Оползни, каменные глетчеры, сели могут создавать завалы в долинах и, таким образом, перекрывать русла рек.

Среди опасных природных процессов, характерных для территории гор юга Сибири, особой катастрофичностью отличаются селевые потоки, образующиеся при выпадении продолжительных ливневых осадков и прорывах горных озер. В зону их поражения попадают населенные пункты, автодороги, линии электропередач, земельные угодья и пастбища.

Одно из последних событий, связанных с формированием крупного селевого потока, спровоцированного прорывом горного озера, произошло на Алтае в 1998 г. в верховьях р. Камрю (правый приток р. Карагем). В зоне поражения водно-каменного селя оказалась долина Камрю на протяжении двухкилометрового участка от одноименного озера до устья (рис.33).



Последствия селя, обусловленного прорывом озера в долине Камрю

В июне 2007 г. прошел селевый поток, нанесший экономический урон и угрожавший жизни населения поселка Малая Иня. Здесь сход селевых потоков достиг протяженности фронта 9,5 км, площадь поражения - 11,3 га. В результате схода селевых потоков пострадало жилье 348 человек, разрушена насосная станция, обслуживавшая 45 домов, повреждено 2 опоры ЛЭП, смыт внутрипоселковый мост, 3 пешеходных перехода и пр.

## **2. На основе анализа геосистемных ситуаций в Томской области проведена классификация различных видов природных процессов, определены производимые ими опасности и возможные социально-экономические риски.**

Анализ рисков природопользования на территории Западной Сибири проводился на примере Томской области с учетом возможных изменений геосистем в условиях потепления климата.

Был выполнен следующий объем научно-исследовательских работ:

1. Обобщен имеющийся разнородный материал по формированию разнообразных геолого-геоморфологических, гидрологических, климатических, социально-экономических ситуаций в Томской области.
2. Проанализированы направленность их развития, территориальная дифференциация, с учетом различных вариантов их взаимной интерференции.
3. Определены и классифицированы геоморфологические процессы по степени опасности, источникам опасности и возможным последствиям.
4. Систематизированы сведения по характеру природно-климатических процессов, влияющих на природопользование в Томской области, по возможным социально-экономическим последствиям.
5. Классифицированы основные риски базовых видов природопользования для Томской области.

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие выводы:



Разнообразие географических, геоморфологических, гидрологических, экологических обстановок, природно-климатических взаимосвязей в Томской области обуславливает множественность опасных геосистемных процессов, большинство которых имеет перманентный характер.

Наиболее сложную интегральную ситуацию в аспекте рисков природопользования, обусловленную первичными природными и вторичными антропогенными факторами, имеют Обская пойменная, Кеть-Чулымская и Томская природно-географические провинции. Здесь взаимозависимость различных опасных процессов сопровождается синергетическим эффектом, однако при оценке степени риска необходимо учитывать, что роль триггерного механизма в основном принадлежит антропогенному фактору.



Здесь взаимозависимость различных опасных процессов сопровождается синергетическим эффектом, однако при оценке степени риска необходимо учитывать, что роль триггерного механизма в основном принадлежит антропогенному фактору.

Наиболее неблагоприятными районами для ведения сельскохозяйственной деятельности и недропользования оказались северные и северо-восточные провинции области (Вахская, Кеть-Тымская, Юганская, Васюганская), для которых характерны обильные и продолжительные осадки, значительное промерзание грунтов. Для землепользования, лесопользования и водопользования в южных провинциях (Южновасюганская, Кеть-Чулымская, Томская) наибольшую степень природной опасности несут овражная и водная эрозии, которые снижают экономическую эффективность сельскохозяй-

ственного производства на 25 - 30%.

## Классификация рисков природопользования на территории Томской области

Вид природной опасности	Количественный показатель опасности	Количественный показатель опасности для Томской области	Оценка опасности природных процессов	Социально-экономические последствия рисков природопользования			Физико-географические провинции Томской области, где проявляются риски природопользования
				Землепользование	Недропользование	Лесопользование, Водопользование	
<b>Климатические:</b>							
короткий период для активной вегетации, дней в году	70 - 30	70-90	сезонно опасные	гибель зерновых и овощных культур, низкий урожай кормовых культур	деформация трубопроводной магистрали	низкий урожай дикоросов, снижение лесной фитомассы	Важская, Кеть-Тымская, Юганская, Кеть-Чулымская
засухи, дней в году	> 30	15-25	сезонно опасные	потеря плодородного слоя, снижение урожайности	пожары на нефтедобывающих предприятиях	пожары, снижение лесной фитомассы	Важская, Васюганская, Кеть-Чулымская, Томская
сильный порывистый ветер, м/с	> 25	20-25	временно умеренно-опасные	разрушение инфраструктурных объектов	повреждение кабельных наземных и воздушных линий коммуникаций	лесоповалы, повреждение насосных и водозаборных станций	Обская пойменная, Кеть-Чулымская, Томская
обильные продолжительные летние осадки, мм/сутки	> 50	40-50	временно умеренно-опасные	смыв плодородного слоя		порча заготовленной древесины	Важская, Кеть-Чулымская, Томская, Обская пойменная
молнии (плотность разрядов), разр./км <sup>2</sup> в год	> 10	1-4,5	временно малоопасные		повреждение линий электропередач	пожары	Обская пойменная
град, градины в мм	> 20	15-20	временно малоопасные	гибель зерновых и овощных культур		гибель лесных молодых насаждений	Томская, Обская пойменная, Кеть-Чулымская
обильный снегопад, мм слоя снега за 12 ч.	> 30	15-20	временно малоопасные		деформация трубопроводной магистрали		Важская, Кеть-Чулымская, Васюганская
<b>Гидрологические:</b>							
подъем уровня воды над среднесуточным (подтопление), м	3-5	1-1,5	временно умеренно-опасные	разрушение населенных пунктов и промышленных объектов и коммуникаций	разлив нефтепродуктов	деградация пойменной лесной экосистемы	Важская, Кеть-Тымская, Юганская
размыв берегов, м/год	0,5-1	> 1	постоянно опасные	разрушение населенных пунктов	повреждение коммуникаций	деформация пойменной экосистемы, затруднение судоходства	Обская пойменная, Кеть-Чулымская, Кеть-Тымская
максимальная продолжительность стояния высоких вод, дней в году	> 35	5-20	сезонно умеренно-опасные	уменьшение срока вызревания кормовых культур		деформация пойменной экосистемы, затруднение судоходства	Обская пойменная, Важская, Кеть-Тымская, Юганская
<b>Геориологические, геоморфологические:</b>							
промерзание грунтов, м	3,5-5	1-2	сезонно опасные	разрушение фундамента зданий и сооружений	порыв теплотрасс, трубопроводов	повреждение насосных и водозаборных станций	Важская, Кеть-Тымская, Юганская, Васюганская, Кеть-Чулымская
морозобоинные процессы, % площади распространения от общей площади	> 50	40	временно умеренно-опасные	деформация и разрушение коммуникаций	деформация трубопроводной магистрали	деформация лесных молодых насаждений	Важская, Кеть-Тымская, Юганская, Кеть-Чулымская
интенсивность роста оврагов, м/год	> 5	2-5	постоянно опасные	уменьшение экономической эффективности сельского хозяйства	повреждение трубопроводных магистралей		Кеть-Чулымская, Томская, Кеть-Тымская

**3. Впервые проведен фрактальный анализ эрозионного рельефа и извилистости рек. Доказана и подтверждена практически необходимость и возможность изучения самоподобных природных структур с позиции фрактальной теории. Впервые для эрозионного расчленения поверхности построен модельный фрактал геоморфологической структуры, отображающий нарастание генераций склонов.**

Разработан метод построения фрактального масштабного-инвариантного множества, характеризующего расчлененный эрозионный рельеф. Установлено, что фрактальная размерность является мерой сложности морфологии русла и позволяет сохранить информацию о пространственной структуре его компонент. Исследованиями закладываются основы принципиально новой методики фрактального картографирования.

Фрактал эрозионного рельефа позволяет определить площадь поверхности по трем параметрам: площади основания рельефа, средней крутизне и числу генераций склонов. Данный вывод использован при разработке алгоритма формирования рельефа в результате взаимодействия двух литопопоков вещества, переходов его в состояние динамического равновесия и режим автоколебания.

В результате проведенных исследований установлена ранее неизвестная закономерность, согласно которой изменение наклона  $\beta$  склонов эрозионных форм рельефа зависит от уклона  $i$  соответствующего тальвега долины:

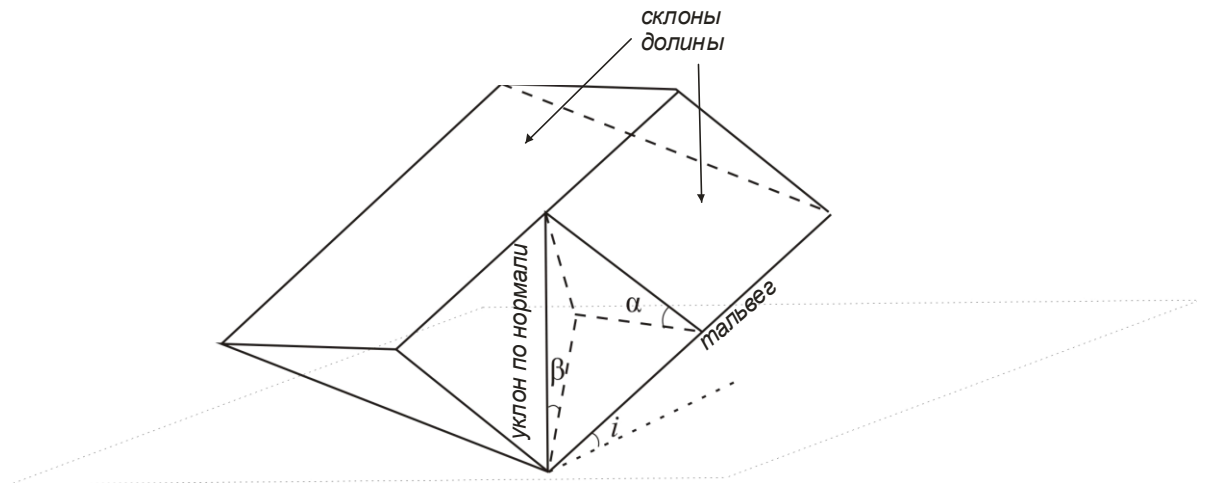
$$\beta_{n+1} = \arccos(\cos \alpha_n \cdot \cos i_n),$$

где  $\alpha$  – угол наклона склона по отношению к тальвегу, а  $n$  – число генераций склонов.

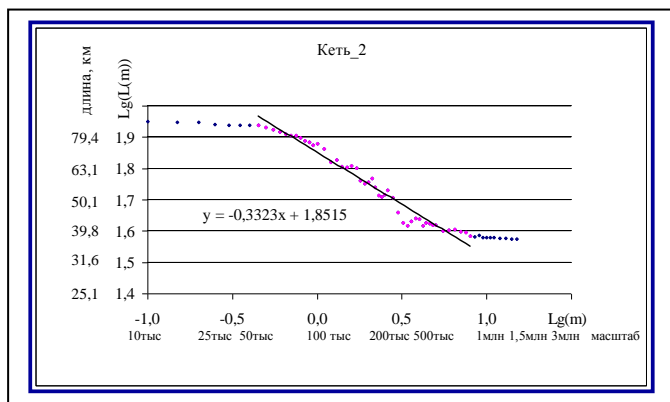
В соответствии с данной закономерностью, площадь  $S$  поверхности рельефа, независимо от густоты и глубины эрозионного расчленения, определяется соотношением:

$$S = S_0 / \cos^n \alpha,$$

где  $S_0$  – площадь проекции рельефа на горизонтальную плоскость (рис. 34).



Полученные зависимости обусловлены тем, что наклон  $\alpha$  склонов, образуемый линией, перпендикулярной тальвегу, всегда меньше угла  $\beta$ , образуемого нормалью (линией, соответствующей направлению действия силы тяжести) и ее горизонтальной проекцией.



Данная закономерность позволяет определять суммарный объем  $Q$  денудированных продуктов выветривания горных пород с заданной площади поверхности ( $Q=HS\sigma/\cos^n a$ ), необходимый при поисках россыпных месторождений полезных ископаемых и в геоморфологическом и палеогеографическом анализе.

Проведено обоснование применения нового метода и описана методика фрактального анализа морфологически однородных участков рек, как для однорукавного, так и для многорукавного русла.

В основу фрактального анализа участков рек положен метод Л. Ричардсона (1961), основанный на численном нахождении логарифмических зависимостей длины русла от масштаба рассмотрения. Графически эти зависимости представлены подобной S-образной формой. Автор выделяет три области логарифмических графиков, которые характеризуют различную степень потери информации о длине русла при изменении масштаба рассмотрения. Наиболее значимой является та часть графика, которая соответствует так называемым масштабам фрактальности, точки на ней аппроксимируются прямой с ненулевым наклоном. Уравнение этой прямой определяет фрактальную размерность исследуемого участка русла, позволяет избежать потерь информации о длине при изменении масштаба и дает возможность установления длины русла на картах произвольного масштаба в пределах фрактальности объекта. Показано, что фрактальная размерность может выступать новой морфометрической характеристикой сложности формы русла. На примере анализа двух карт различного масштаба участка р. Чуя (Горный Алтай) продемонстрировано преимущество фрактального масштабирования (рис. 35). Определение регулярных и иррегулярных характеристик





( $k=1-DH$ ,  $k=-0.3323$ ,  $DH=1.3323$ ) меандрирующих рек с помощью фрактального анализа позволяет численно оценить их истинную длину в любом масштабе.

Исследованиями закладываются основы фрактального картографирования - принципиально новой методики составления карт без потери информации вследствие изменения масштабов.

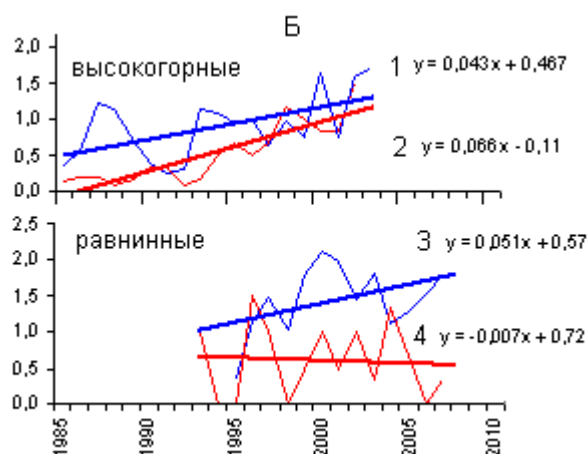
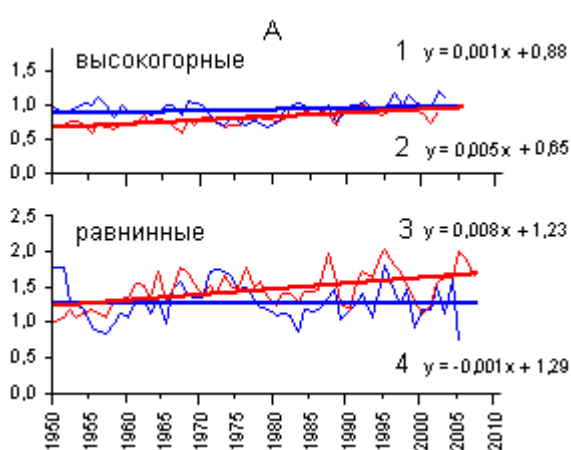
## II. Отражение динамики климата в типах органопрофиля почв лесоболотных экотонов

**Органопрофили почв лесоболотных экотонов представлены различным сочетанием торфяного, перегнойного, современного и реликтового гумусовых горизонтов. В Западной Сибири выделяются, гумусово-аккумулятивный, органо-аккумулятивный, гумусово-метаморфический, элювиально-глеевый и торфяно-болотный типы органопрофиля, отражающие разнообразие биоклиматических условий.** Гумусово-аккумулятивный тип формируется в условиях умеренно-теплого климата на богатых почвообразующих породах, гумусово-метаморфический – в условиях теплого, органо-аккумулятивный отражает условия умеренно-холодного климата, элювиально-глеевый - характерен для холодного климата. При избыточном поверхностном или грунтовым увлажнении на поверхности почв формируются органогенные горизонты перегнойного типа в условиях умеренно теплого климата и торфянистого в холодных и умеренно-холодных условиях. При недостатке влаги в экстраридных условиях процессы деструкции органического вещества замедлены и в почвах накапливается грубая мумифицированная органика. Сочетание в профиле горизонтов, отражающих разные климатические условия, свидетельствует об изменчивости климата. Современное потепление связано с повышением зимних температур и относительной стабильностью летних. При неизменной увлажненности это не приведет к трансформации почв. При повышении увлажнения активизируется формирование на поверхности почв органогенных горизонтов, усиливаются процессы заболачивания, повышаются риски землепользования.

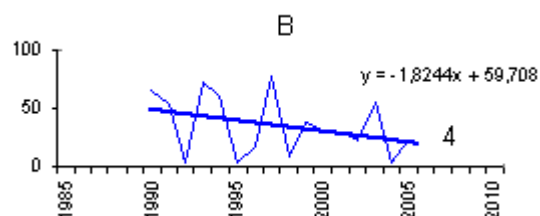
	Структура профиля	Ведущие процессы	Климатические условия
1	AK-BPL-Bca-Cca	Мумификация	Холодно и сухо
2	OT-CR-Bm-C	Элювиально-глеевый	Холодно и умеренно влажно
3	OT-G-CRM-Cg	Торфонакопление	Холодно и влажно
4	Av-(Ay)-(Ael)-Bm-C	Дерновый	Умеренно холодно и сухо
5	Av-Ay-Bt- Bm-C	Элювиальный	Умеренно холодно и умеренно влажно
6	T-(H)-Ag-(Au)-Cg	Органо-аккумулятивный	Умеренно холодно и влажно
7	Aca- Bca-Cca	Окарбоначивание	Умеренно тепло и сухо
8	Au-Bca- Cca	Гумусонакопление	Умеренно тепло и умеренно влажно
9	(H)-(Au)-Gca--	Перегнойно-глеевый	Умеренно тепло и влажно
10	Au- BF -C	Брюнификация	Тепло и влажно
11	O-Ay- BM -C	Метаморфизация	Тепло и умеренно влажно
12	AKL-Bmca-Cca	Мумификация	Тепло и сухо

## III. Динамика роста и плодоношения кедра сибирского на границах ареала: сопряженный анализ и климатическая интерпретация

Обобщены результаты многолетних стационарных наблюдений за ростом и плодоношением кедра сибирского в контрастных климатических условиях. За последние 20 лет радиальный прирост деревьев изменился незначительно. **Репродуктивная сфера более чувствительна к климатическим изменениям, чем вегетивная. Урожай шишек и особенно качество семян на южной границе равнинного фрагмента ареала в условиях потепления климата существенно снизились, главным образом, из-за нестабильности погодных условий весной и осенью. На верхней границе распространения в Центральном Алтае плодоношение заметно усилилось предположительно из-за увеличения продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода.** При сохранении выявленных тенденций проблемы с воспроизводством могут привести к ослаблению позиций кедров в растительных сообществах на южной границе таежной зоны. В верхней части лесного пояса в горах кедровая формация останется стабильной, а в будущем, возможно, усилит свои позиции.



Ширина кольца ксилемы, мм (А), число созревших шишек, шт./побег (Б) и число полнозернистых семян, шт./шишку (В) у деревьев кедров сибирского из высокогорных и равнинных кедровников баданового (1), ерниково-лишайниково-зеленомошного (2), зеленомошного (3), припоселкового разнотравного (4).



**Проект 7.13.1.2. Развитие методов и технических средств на основе оптических, радиоволновых и акустических эффектов для изучения природных и техногенных систем (научный руководитель: д.т.н. А.А.Тихомиров)**

Проект состоит из 4- блоков:

- Блок 1. Оптические газоанализаторы, включая лазерные, для мониторинга природных и техногенных систем. (Отв. исполнитель д.т.н., проф. Тихомиров А.А.):
  - Подраздел 1. Газоанализатор на явлении СКР (ответственный исполнитель к.ф.-м.н., доцент М.А. Булдаков).
  - Подраздел 2. Газоанализатор с использованием перестройки частоты лазерного излучения (ответственные исполнители: д.ф.-м.н., внс Ю.А. Андреев, д.ф.-м.н., внс П.П. Гейко, к.ф.-м.н., снс А.И. Грибенюков).
- Блок 2. Новые ультразвуковые термоанемометры для измерения первых и высших моментов метеорологических величин с расширенным диапазоном измерений темпе-

ратуры и скорости ветра. (Отв. исполнитель к.ф.-м.н., снс Богусевич А.Я.).

- Блок 3. Приборы неразрушающего контроля природных и техногенных систем на основе регистрации электромагнитной эмиссии в радиодиапазоне. (Отв. исполнитель к.т.н., снс Гордеев).
- Блок 4. Приборы на основе металлов с памятью формы для контроля техногенных систем. (Ответственный исполнитель к.ф.-м.н., снс В.Я. Ерофеев).

2. Выполненные в 2007 г. этапы:

- По блоку 1.
    - Подраздел 1. Разработка и изготовление стенда для исследования особенностей молекулярного рассеяния света при анализе многокомпонентных газовых сред.
    - Подраздел 2. Создание элементов газоанализаторов с перестройкой частоты:
      1. Исследование зависимости реальной структуры дефектов монокристаллов  $ZnGeP_2$  и  $GaSe$ , предназначенных для создания источников мощного ИК излучения систем дистанционного мониторинга, от условий выращивания кристаллов в специализированном (прецизионно управляемом) термическом оборудовании.
      2. Модельный и экспериментальный анализ процессов преобразования частоты в твердых растворах для анализа состава газовых сред с использованием генераторов вторых гармоник и разностных частот.
      3. Проведение расчетов по реализации квазисинхронного взаимодействия в нелинейных средах с целью создания многочастотного источника излучения для систем мониторинга атмосферных газов.
  - По блоку 2. Экспериментальное исследование факторов, влияющих на регистрацию ультразвуковых сигналов в воздухе при критических значениях скорости ветра (60 м/с) и температуры ( $-70$  °С), и путей устранения их влияния. Развитие алгоритмов оценивания микроструктуры полей температуры и ветра из значений высших моментов их пульсаций.
  - По блоку 3. Разработать алгоритм обработки сигналов электромагнитной эмиссии деформируемых композиционных материалов с учетом твердости поверхности.
  - По блоку 4. Исследовать влияние легирующих добавок на функциональные свойства сплавов с эффектом памяти формы при их многократном использовании для метеорологических наблюдений и контроля техногенных систем.
3. Актуальность выполненных исследований. Данный проект является в большей части продолжением работ, выполнявшихся в предыдущем проекте ИМКЭС СО РАН 28.2.3 "Разработка новых методов, технологий и приборов на основе оптических, радиоволновых и акустических эффектов для контроля природных и техногенных систем, а также для решения спецзадач" и направлен на создание новых методов, технологий и технических средств для исследования природных и техногенных систем.

4. Основные научные результаты, полученные в ходе выполнения этапа.

- По блоку 1.

Подраздел 1: Одним из перспективных направлений в создании многокомпонентных газоанализаторов является использование явления спонтанного комбинационного рассеяния света (СКР), который позволяет одновременно регистрировать любые молекулярные компоненты газовой среды с помощью одного источника света с фиксированной длиной волны. Сигнал СКР любой молекулярной компоненты газовой среды пропорционален ее концентрации, не подвержен тушению и не зависит от состава газовой среды. Несмотря на достоинства этого метода, в настоящее время СКР-газоанализаторы сложных газовых сред, работающие в режиме мониторинга, отечественной и зарубежной промышленностью не выпускаются. Появление в последнее время малогабаритных, надежных и серийно выпускаемых твердотельных лазеров с диодной накачкой и многоканальных ПЗС-фотоприемников обеспечивают возмож-

ность создания многокомпонентных СКР-газоанализаторов для мониторинга газовых сред природного и техногенного происхождения.

1. Разработана принципиальная схема газоанализатора. Разработаны и изготовлены оптические и механические узлы лабораторного стенда газоанализатора (рис. 36).
2. Разработаны, изготовлены и отлажены печатные платы блока управления на основе микроконтроллера Atmega128 и программное обеспечение нижнего уровня, которое осуществляет непосредственное взаимодействие микроконтроллера с объектами управления – ПЗС-матрицей, лазером, монохроматором и АЦП (рис.37).
3. Разработано программное обеспечение верхнего уровня для компьютера, которое осуществляет взаимодействие компьютера с управляющим микроконтроллером, прием измеренных данных, их графическую визуализацию и сохранение на диске компьютера для дальнейшего анализа.

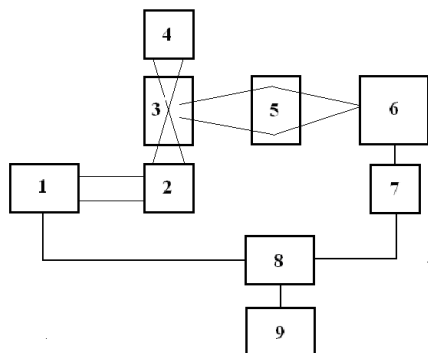


Рис. 36. Структурная схема СКР-газоанализатора: 1 – лазер; 2 – фокусирующая оптическая система; 3 – кювета; 4 – отражательное зеркало; 5 – система сбора рассеянного света; 6 – монохроматор 7 – ПЗС-матрица; 8 – блок управления; 9 – компьютер.

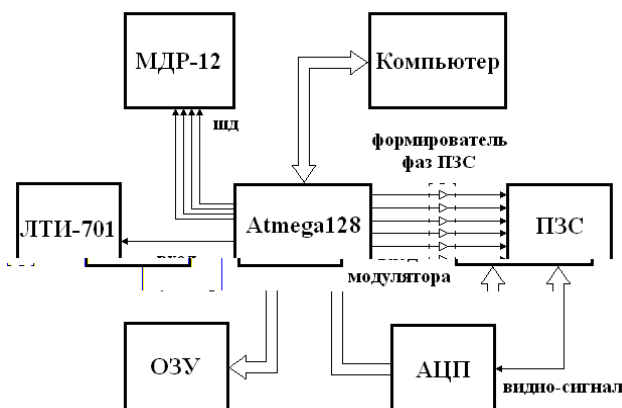


Рис. 37. Функциональная схема СКР-газоанализатора.

### Подраздел 2а:

1. С целью развития элементной базы для систем лазерного газоанализа и высокоэффективных источников субмиллиметрового (ТГц) излучения, в ИМКЭС СО РАН получены монокристаллы  $ZnGeP_2$  с рекордными в мировой практике размерами (диаметр до 30 мм, длина 110-120 мм, вес 320-350 г) и высоким структурным совершенством.
2. Для реализации условий выращивания таких кристаллов в институте разработано и изготовлено прецизионно управляемое термическое оборудование (на основе технологии планарных печных конструкций) и проведены исследования влияния динамических параметров теплового поля, ориентации затравочных кристаллов и состава паровой фазы на процессы формирования дефектной структуры кристаллов  $ZnGeP_2$ .



Рис. 38. Монокристалл  $ZnGeP_2$ , выращенный в прецизионно управляемой термической установке для

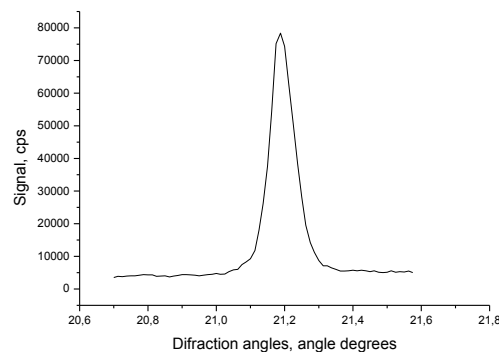


Рис. 39. Типичная зависимость интенсивности монохроматического рентгеновского излучения

выращивания кристаллов методом Бриджмена (вертикальный вариант).

$\text{Co}_{\text{Ka}}$  дифрагированного от выращенного монокристалла  $\text{ZnGeP}_2$  (кривая качания от плоскости 200). Поскольку аппаратное уширение составляет около 0,05 градуса, то собственная ширина кривой не превышает 0,05 градуса и, следовательно, структура этих кристаллов весьма близка к структуре эталонного образца Ge.

### Подраздел 2б:

1. Разработана полная обобщенная система топологической классификации типов локальных фазового синхронизма для всех известных разновидностей коллинеарных трехчастотных взаимодействий в положительных и отрицательных нелинейных двухосных кристаллах, в том числе в кристаллах твердых растворов (КТР). Система позволяет определить потенциальные возможности реализации и спектральные диапазоны работы различных типов преобразователей частоты на их основе по коэффициентам уравнений Сельмейера путем расчета простого набора впервые определенных элементарных классификационных символов.
2. На основе разработанной математической модели процессов параметрического преобразования частоты в нелинейных КТР, имеющих пространственные вариации отношения смещения исходных компонентов, рассмотрена возможность инженерии преобразователей частоты с заданными характеристиками. Сформулированы выражения для расчета градиента линейной вариации состава рабочих образцов кристаллов при которых достигается определенная спектральная ширина фазового синхронизма и генерация второй гармоники (ГВГ) ультракоротких импульсов с определенной компрессией длительности.
3. Реализована ГВГ излучения непрерывных, импульсно-периодических, мини ТЕА и ТЕА  $\text{CO}_2$  лазеров (9,2-10,8 мкм), а также  $\text{Er}^{3+}:\text{Cr}:\text{YSGG}$  (2,79 мкм) лазера, в нелинейных КТР  $\text{GaSe}_{1-x}\text{S}_x$ ,  $x \leq 0,4$ , с эффективностью трехкратно превышающей эффективность ГВГ в чистых кристаллах GaSe, а также генераторы разностной частоты с преимуществом по эффективности в 1,4 раза. Более высокие, в сравнении с чистыми кристаллами, эксплуатационные характеристики позволяют применение разработанных преобразователей частоты в составе полевых оптических прикладных устройствах.

### Подраздел 2в:

1. Разработаны алгоритмы и составлены программы, позволяющие рассчитать период доменной структуры в периодически поляризованных кристаллах типа  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{CsTiOAsO}_4$ ,  $\text{LiTaO}_3$  и др. для получения перестраиваемого по частоте излучения в заданных наперед спектральных диапазонах при накачке параметрического генератора света излучением Nd:YAG лазера и его второй гармоникой.
2. Показано, что использование периодически поляризованных структур из кристаллов  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{KTiOPO}_4$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{CsTiOAsO}_4$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{KTiOAsO}_4$ ,  $\text{RbTiOAsO}_4$ ,  $\text{RbTiOPO}_4$  повышает в 3-9 раз эффективность нелинейно-оптического преобразования излучения по сравнению с монодоменными (пространственно однородными) нелинейными материалами того же типа.
3. Проведены расчеты по температурной перестройке частоты излучения при фиксированном периоде периодически поляризованных нелинейных сегнетоэлектрических структур. Показано, что изменяя температуру кристалла с регулярной доменной структурой от 300 до 400 К можно получить плавную перестройку по частоте в широких спектральных интервалах. Так в частности, в кристалле  $\text{KNbO}_3$  с фиксированным периодом структуры, равным 32 мкм диапазон перестройки составляет 1800 до 3300 нм.

### • По блоку 2:

1. На базе метеокомплекса АМК-03 разработан специализированный вариант авто-

номного метеокомплекса "Эксметео-01" для проведения научных исследований приземной атмосферы и подстилающей поверхности в экспедиционных условиях с записью информации на логгере, с координатной привязкой места измерений (система GPS) с источником питания (10...30 В), обеспечивающего измерения в течении 5 суток (рис. 40).

2. В аэродинамической трубе ИТиПМ СО РАН проведены экспериментальные исследования влияния высокоскоростного воздушного потока (до 60 м/с) на сигналы ультразвуковых датчиков и на работу метеокомплексов в целом (рис. 41). Эксперименты позволили выявить: 1) какие элементы конструкции этих устройств значимо влияют на измеряемую ими скорость ветра и численно оценить поправочные коэффициенты на их эффект затенения; 2) максимальную (критическую) скорость ветра (примерно в 40 м/с), начиная с которой применяемые в АМК-03 на данный момент ультразвуковые датчики принципиально не могут устойчиво регистрировать акустические сигналы. Установлено, что основными факторами, мешающими регистрации этих сигналов, являются генерируемые воздушным потоком на краях датчиков значительная турбулентность, приводящая к сильным амплитудным флуктуациям полезного сигнала (см. рис. 6), и широкополосный акустический шум (так называемый вихревой звук).

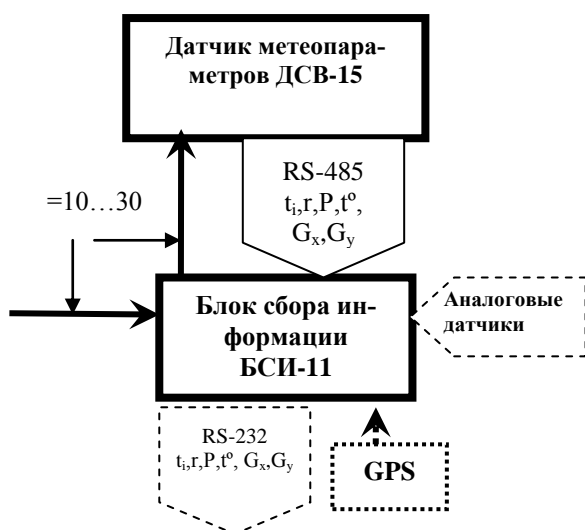


Рис.40. Структурная схема "Эксметео-01".

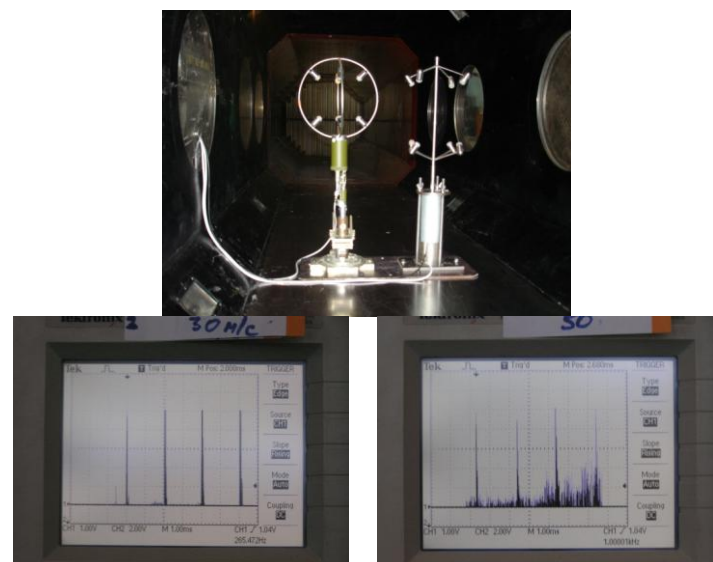


Рис. 41. Размещение термоанемометров в аэродинамической трубе (верхнее фото). Акустические сигналы и шумы в термоанемометре ДСВ-15 при скоростях воздушного потока 30 м/с (слева) и 50 м/с (справа).

3. Разработана технология изготовления ультразвуковых датчиков из пьезокерамических электроакустических преобразователей со встроенной системой их подогрева с целью создания в последующем метеокомплексов, которые смогут применяться при сверхнизких температурах воздуха (до минус 70 °С); получен положительный результат испытаний в климатической камере работы этих датчиков при указанных температурах.
  4. Завершена работа по метрологической аттестации метеокомплексов серии АМК-03 в ФАТРМ РФ с утверждением их как нового типа средств измерений.
- **По блоку 3:**
    1. Разработаны и реализованы технические решения для повышения точности уже существующего прибора "Прочность" при определении прочности бетона. Прибор основан на регистрации электромагнитной эмиссии при механическом возбуждении неметаллических материалов.
    2. Изучение влияния потерь механической энергии на границе контакта ударник-



верхность бетона проводилось с учетом измерения кинетической энергии подлетающего и отлетающего бойка ударного устройства. Установлено, что амплитуда электромагнитного отклика уменьшается с увеличением преобразования запасенной энергии на пластическую деформацию, т.е. амплитуда уменьшается, если отпечаток на поверхности бетона увеличивается.

3. При получении градуировочных зависимостей для определения прочности бетона по параметрам электромагнитной эмиссии с учетом твердости поверхности материала были разработаны критерии в параметрах электромагнитного сигнала, которые закономерно изменяются от твердости поверхности бетона. С учетом этих критериев были разработаны новая методика измерения и алгоритм определения прочности бетона, которые устранили влияние пластической деформации на точность измерения амплитуды электромагнитного отклика. Предложенные изменения методики повышают точность метода на 10 % и обеспечивают измерение величины реальной прочности в 95% интервале.
  4. Разработана функциональная схема и программное обеспечение алгоритма обработки сигналов для модифицированного регистратора "Прочность".
- **По блоку 4:**
    1. Проведено исследование влияния легирующих добавок на функциональные свойства сплавов с эффектом памяти формы двух составов: Ti-40Ni-10Cu и Ti-49,5Ni-0,5Fe. Критерием выбора сплавов служило полидоменное строение их мартенситных кристаллов с одной стороны и двухстадийность фазовых превращений, что как предполагается, способствует минимальному накоплению дефектов кристаллической решетки в ходе рабочих циклов. Испытания проводились при нагруженном исполнительном механизме.
    2. Испытания на циклоустойкость проводились двумя способами: кручением плоского элемента и растяжением-сжатием элемента в виде пружины. На конец октября 2007 г. произведено около 100 тысяч циклов кручения плоского элемента. Методами оптической микроскопии следов усталостных признаков не обнаружено. Пружинный образец к настоящему времени совершил два миллиона циклов без признаков усталостных явлений.
    3. Испытания на определение максимума развиваемых усилий исполнительных механизмов на основе сплавов Ti-50Ni показали, что величина развиваемых усилий достигла 1800мПа, при этом величина эффекта памяти формы составила 0,8%.

Научная новизна результатов, полученных на первом этапе проекта, подтверждается публикациями в соответствующих журналах, полученными патентами и направленными заявками на изобретения.

Все блоки проекта ориентированы на практическое применение.

#### **Проект 6.3.1.16. Разнообразие в экосистемах бореальных лесов: динамические и функциональные аспекты (научный руководитель: д.г.н. А.Г.Дюкарев)**

Основная цель проекта - выявление закономерностей функционирования и региональных механизмов формирования биологического разнообразия в бореальных лесных экосистемах в изменяющихся условиях природной среды и климата.

Достижения поставленной цели требует комплексного подхода к исследованиям с охватом всех уровней разнообразия лесных экосистем: видового, популяционного и экосистемного (биогеоценотического). В планы 2007 года было поставлено:

- изучение структуры разнообразия в группе 5-хвойных сосен Северной и Восточной Азии и генетического обмена между контрастными по климатическим адаптациям видами как фактора эволюционного процесса;
- изучение организации ценопопуляций индикаторных видов высокогорных климаксовых лесов;
- оценка типологического разнообразия лесных экосистем на основе данных таксации и ландшафтно-типологического анализа модельных территорий;
- разработка и апробация методов оценки состояния темнохвойно-кедровых насаждений по виталитетным спектрам.

Особенное внимание при проведении исследований уделялось динамическим аспектам формирования биоразнообразия в связи с изменениями климата и биоразнообразию как способу адаптации лесных экосистем к изменяющимся условиям среды. Результаты исследований в различной степени опубликованы и доложены на конференциях различного уровня.

#### Основные результаты

**Наиболее значимый и фундаментальный результат получен при исследовании процессов генетического взаимодействия и климатической адаптации разного вида 5-хвойных сосен.**

1. С использованием анатомо-морфологических и молекулярно-генетических признаков проанализирована структура разнообразия 5-хвойных сосен Северной и Восточной Азии. **Кедровые сосны не являются естественной группой монофилетического происхождения. Вместе с некоторыми видами веймутовых сосен они образуют единую филогенетическую систему, сформировавшуюся в результате сетчатой эволюции: чередования климатически обусловленных циклов дивергенции видов и их естественной гибридизации** (рис. 42). Современные процессы генетического взаимодействия между видами изучены на примере кедра сибирского и кедрового стланика в Забайкалье. Естественные гибриды встречаются по всей гибридной зоне. Из-за некоторой разбалансировки морфофизиологических адаптаций гибриды имеют пониженную устойчивость по сравнению с видами, но они способны к активному вегетативному размножению и занимают относительно свободную экологическую нишу во втором ярусе древостоя. Достаточная жизнеспособность и фертильность естественных гибридов между кедром сибирским и кедровым стлаником, а также их предрасположенность к скрещиванию между собой, позволяет рассматривать их как перспективное эволюционное новообразование, возможно «зародыш» нового вида.

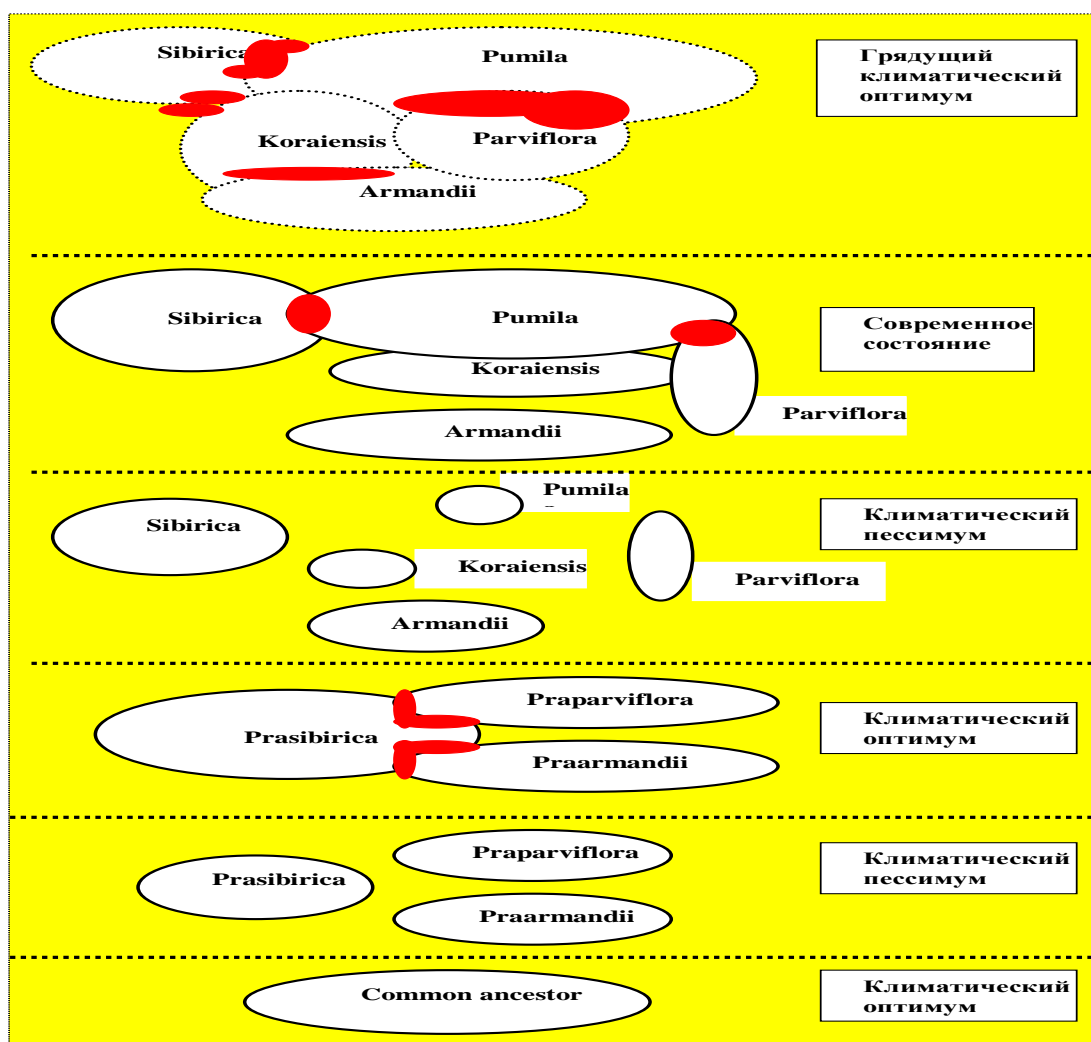


Рис.42. Гипотетическая схема сетчатой эволюции 5-хвойных сосен Северной и Восточной Азии. Белые овальные фигуры – схематические ареалы видов в системе географических координат. Красные фигуры – зоны естественной межвидовой гибридизации

**2. В ходе многолетних стационарных исследований установлено, что климаксовые леса Северо-Чуйского хребта (2150-2350 м над ур. м.) с преобладанием кедра в древесном ярусе устойчиво существуют в перигляциальной зоне с XIV века и имеют высокий естественный уровень онтогенетического (внутрипопуляционного) разнообразия. Устойчивость позиций кедра при значительных колебаниях климата (максимальное для последнего тысячелетия похолодание в начале-середине XIX века - современное потепление) определяется: структурой его ценопопуляций, в которых представлены особи всех онтогенетических состояний - от проростков до старых генеративных; большой продолжительностью жизни кедра (более 550 лет); высоким разнообразием морфологических адаптаций у средневозрастных и старых генеративных деревьев за счет регенерационных процессов в постоянно разрушающейся первичной кроне и образования разнообразных форм долгоживущей вторичной кроны (рис. 43).**

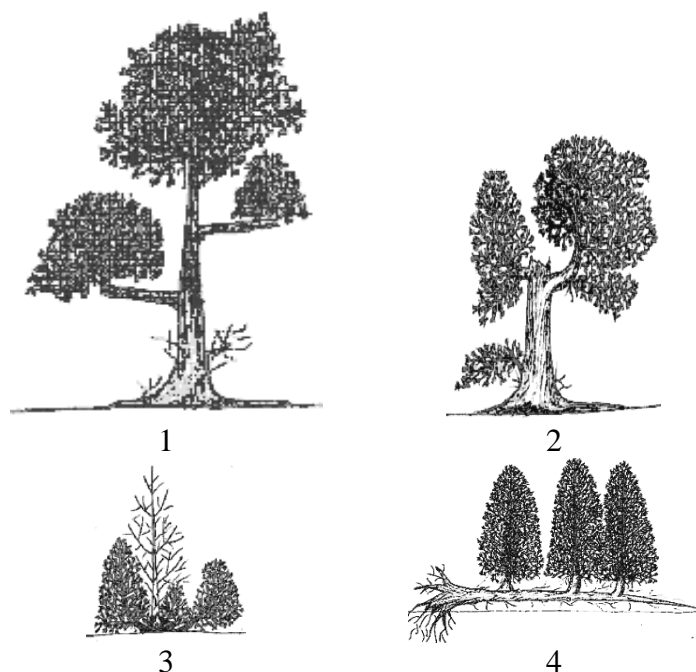


Рис.43. Формы вторичной кроны у средневозрастных и старых генеративных деревьев кедра в климаксовых кедровых лесах Северо-Чуйского хребта.

1-2 – канделябровидная,  
3 – кустовидная,  
4 – «стланиковая»  
с вертикальными активизи-  
ровавшимися стволиками.

**3. Разнообразие кедровых лесов определяется региональной спецификой факторов среды, обуславливающей сложный состав древостоев из темнохвойных пород и сосны, их смену на небольших пространствах.** Типизация лесных экосистем опирается на характеристику местообитаний и основные физиономические показатели растительности. Применение экологических шкал позволило выявить экологически однородные группы растительных сообществ. Установлена довольно четкая приуроченность основных типов кедровых лесов к разным диапазонам варьирования экологических показателей (рис. 44), а признаки условий местообитаний позволили полнее отразить региональную специфику характеризуемого типа. Экологическая оценка местообитаний по флористическому составу фитоценозов показывает приуроченность основных групп типов кедровых лесов к разным диапазонам варьирования экологических показателей, демонстрирует возможности типизации лесных биогеоценозов на флористической основе. Для каждой выделенной группы типов леса прослеживается зависимость соотношения увеличения увлажнения – снижение богатства, характеризующих совместно с признаками условий местообитаний изменение состояния кедровых лесов в условиях заболоченной равнины.

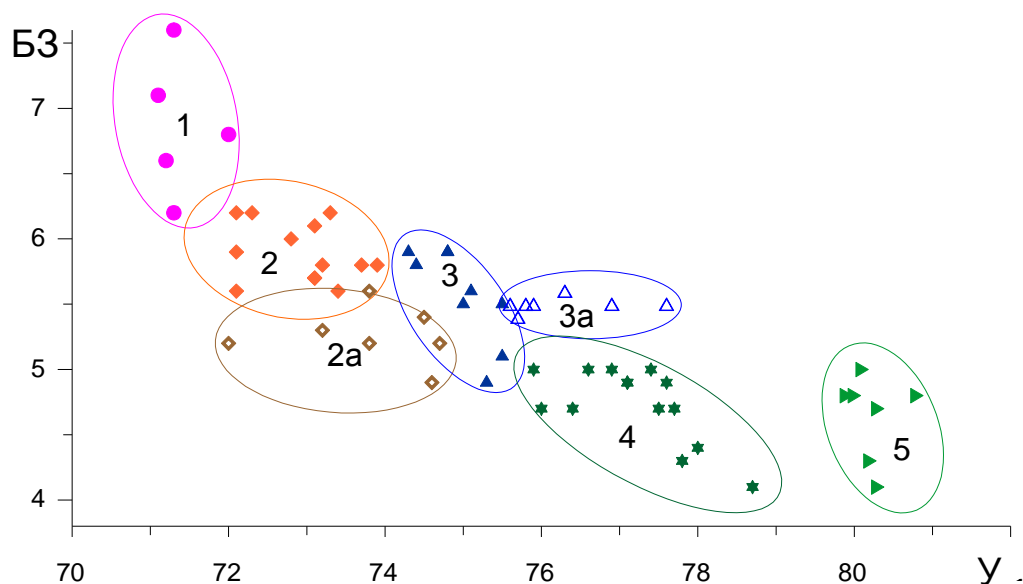
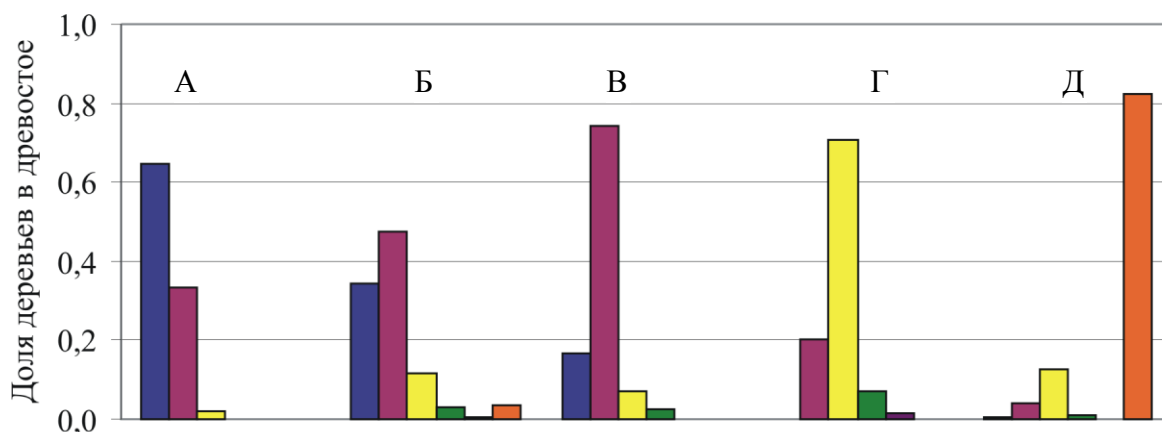


Рис.44. Распределение групп типов кедровых лесов по факторам увлажнения (У) и богатства почв (БЗ). 1- кедрово-пихтовых мелкотравно-гилокомиевые; 2, 2а, 3, 3а – зеленомошные с варьированием состава древостоев из кедра, ели, сосны; 4, 5 – кедровники кустарничково-сфагновые и осоково-сфагновые.

**4. С использованием методов диагностики состояния деревьев и древостоев, адаптированных к региональной специфике таежных экосистем Западной Сибири, определены количественные параметры жизненного состояния (виталитета) кедровых лесов, являющегося важной динамической характеристикой их биологического разнообразия.**

На примере южнотаёжных и подтаёжных припоселковых кедровников адаптирована и апробирована методика оценки жизненного состояния насаждений. Центральным элементом методики является установление виталитетных спектров древостоев кедра сибирского (распределение различных категорий состояния деревьев в насаждении), дополненное определением средневзвешенной категории состояния деревьев, показателя поврежденности древостоя и коэффициента изменения состояния насаждений. Выявлено значительное разнообразие жизненного состояния древостоев кедра сибирского на юге Западно-Сибирской равнины по всем показателям (рис. 45, 46), что может быть использовано для комплексного количественного мониторинга лесных сообществ, оценки их динамики, биологической ценности, экологической роли и ресурсного потенциала.



Категории состояния деревьев:

- здоровые деревья
- ослабленные деревья
- сильно ослабленные деревья
- отмирающие деревья
- свежий сухостой
- старый сухостой

Рис. 45. Виталитетные спектры древостоев припоселковых кедровников: А – здоровых, Б – незначительно ослабленных, В – ослабленных, Г – необратимо ослабленных, Д – деградированных.

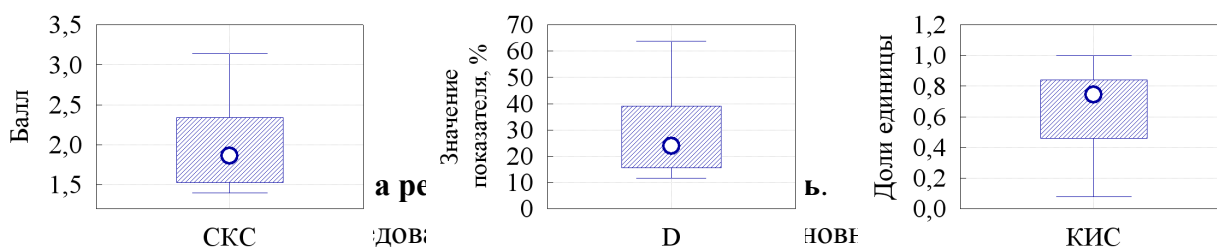


Рис. 46. Варьирование средневзвешенной категории состояния (СКС), показателя по-<sup>и</sup>-врежденности древостоя (D), коэффициента изменения состояния (КИС). Точкой обо-<sup>и</sup>-значена медиана, прямоугольником – квартильный размах, линиями – минимакс.

Результаты исследований позволяют выявить основные тенденции динамики и формирования биоразнообразия в бореальных и высокогорных лесах, выявить устойчивость и механизмы адаптации к изменениям природной среды и на этой основе дать прогноз их изменений при различных сценариях развития.

Выявленные закономерности обеспечивают разработку модели прогноза изменения лесных экосистем и на их основе технологии экономически выгодного в отдаленной перспективе и экологически безопасного природопользования. На региональном уровне результаты исследования внедрены при оценке состояния кедровых насаждений культурного типа, повышении их устойчивости и декоративности, введении в культуру новых эко- и морфотипов.



**Проект 4.5.2.2. Разработка научных основ информационно-вычислительной системы на основе Веб- и ГИС технологий для исследований региональных природно-климатических процессов (научный руководитель: д.ф.-м.н. Е.П.Гордов)**

*Основной результат, полученный в ходе работ по проекту в 2007 г.*

**Разработана трехуровневая (данные и вычисления, метаданные и знания) архитектура информационно-аналитической веб-системы, включающей в себя архивы метеорологических данных, алгоритмы моделирования и инструменты для анализа динамики современных климатических процессов на территории Сибири.**

На этой основе создан научный веб-сайт (<http://climate.risks.scert.ru/>), в который, с помощью Java – технологий, интегрированы соответствующие структуры метео данных и аналитические модели для их обработки.

Сайт, открытый для специалистов, позволяет в режиме удаленного доступа обрабатывать и анализировать большие архивы метео данных и выявлять тенденции и характеристики климатических изменений в регионе, что создает надежную основу для изучения и прогнозирования природных, социальных и экономических последствий изменения окружающей среды, вызванных как естественными, так и антропогенными изменениями в окружающей среде Сибири.

**1. Построение онтологий и стандартов метаданных для метеорологии и климатологии.**

На основе рекомендаций W3C Semantic Web будут построены необходимые для создания распределенных баз данных и управления потоками данных об окружающей среде онтологии и стандарты метаданных для метеорологии и климатологии.

**Выполнение:**

Был выполнен анализ современной ситуации по разработке стандартов основными стандартизирующими организациями в мире и стране, такими, как W3C, Open Geospatial Consortium (OGC), International Standards Organization (ISO)/ TC 211- Geographic information/Geomatics, European Committee for Standardization (CEN) /TC 287 - Geographic Information, Federal Geographic Data Committee (FGDC), American National Standards Institute (ANSI) и время Государственный научно-внедренческий центр геоинформационных систем и технологий (Госгисцентр). Анализ показал, что в настоящее время Госгисцентр разработан и направлен на утверждение проект ГОСТ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ. МЕТАДААННЫЕ (<http://www.gisa.ru/20434.html>). Он разработан в соответствии с положениями международного стандарта ИСО 19106 и является профилем международного стандарта ИСО 19115, подготовленного Техническим комитетом ISO/TC 211 «Geographic information/Geomatics». Настоящий стандарт определяет методологию формирования метаданных для пространственных данных и услуг. Стандарт позволяет последовательно описать следующую информацию о географических данных:

- идентификационная информация;
- информация о качестве и происхождении материалов и данных;
- информация о пространственно-временных характеристиках;
- информация о способах получения данных и периодичности их обновления;
- информация о сертификации, интеллектуальной собственности и об ограничении

на распространение.

Следуя положениям ИСО 19115 о создании профилей, настоящий стандарт наследует ядро метаданных. В таблице приведены обязательные (О), условные (У) и рекомендуемые необязательные (Н) элементы ядра метаданных ИСО 19115.

В связи с этим, было принято решение перенести часть запланированных работ по разработке стандартов на следующий год и выполнять их на основе уже утвержденного ГОСТа.

## 2. Структурирование и форматирование пространственно-привязанных рядов характеристик природно-климатических процессов Западной Сибири

Будут подготовлены данные о состоянии лесообразующих пород, приросте сосны на болотах, ширине годичных колец сосны, вспышках размножения насекомых и стратиграфии торфяных отложений.

### Выполнение:

Подготовлены данные, характеризующие типичные экологические системы Западной Сибири, такие как состояние лесообразующих пород, прирост сосны на болотах, ширина годичных колец сосны, вспышки размножения насекомых, повреждающих леса Западной Сибири и стратиграфия торфяных отложений на нескольких болотах региона. Проведено структурирование этих данных и выбраны форматы, позволяющие описывать качественные и количественные характеристики экологических систем. Тем самым, создана надежная основа для создания Интернет-доступной базы данных характеристик типичных экологических систем Западной Сибири.

## 3. Разработка архитектуры распределенной системы, интегрирующей базы данных, модели и ГИС в полнофункциональный научный веб-сайт по наукам об окружающей среде

Будут разработаны веб-приложения для обработки климатических и метеорологических данных и визуализации получаемых полей характеристик соответствующих процессов.

### Выполнение:

На основе первой версии разработанной архитектуры распределенной системы созданы ее первые элементы, направленные на обработку и визуализацию климатических и метеорологических данных и на оценку качества воздуха в городе (на примере г. Томска). В ходе работы были собраны данные разного происхождения из различных источников, проведена их систематизация, преобразование к унифицированному формату и организация в виде некоторой структуры, хранящейся на носителях большого объема мощной вычислительной платформы. В дальнейшем была разработана онлайн-информационная система, которая имеет набор стандартных программных инструментов для обработки и визуализации собранных данных и организован Интернет-доступ к ней. Данная информационная система предоставляет возможность не только для визуализации архивных данных, но и для исследования тенденций изменения глобальных и региональных характеристик окружающей среды и климата в результате природных и антропогенных процессов.

Веб-система (<http://climate.risks.scert.ru/>) открыта для квалифицированного пользователя после регистрацию. Она состоит из трех частей: графического интерфейса пользователя, набора программ, написанных на языке сценариев системы GrADS (Grid Analysis and Display System, <http://www.iges.org/grads/>) или IDL (Interactive Data Language, <http://www.itvis.com/idl/>), и структурированных метеорологических данных. Графический интерфейс разработан на базе ядра веб-портала ATMOS с использованием языков HTML, PHP и Java, и представляет собой динамическую форму для ввода параметров расчета и визуализации (Рис. 47). Программы представляют собой независимые модули, подключаемые с помощью PHP и выполняемые системой GrADS/IDL, которая по окончании расчетов производит графический вывод результатов в файл. Этот файл в дальнейшем передается в ядро системы для отображения на веб-странице. Метеоданные в структурированном виде хранятся на жестком диске сервера и доступны только для обработки системой. Пользователь не имеет непосредственного доступа к данным и не может скачать их, однако свободно может получить результаты графического отображения, как данных, так и результатов их обработки.

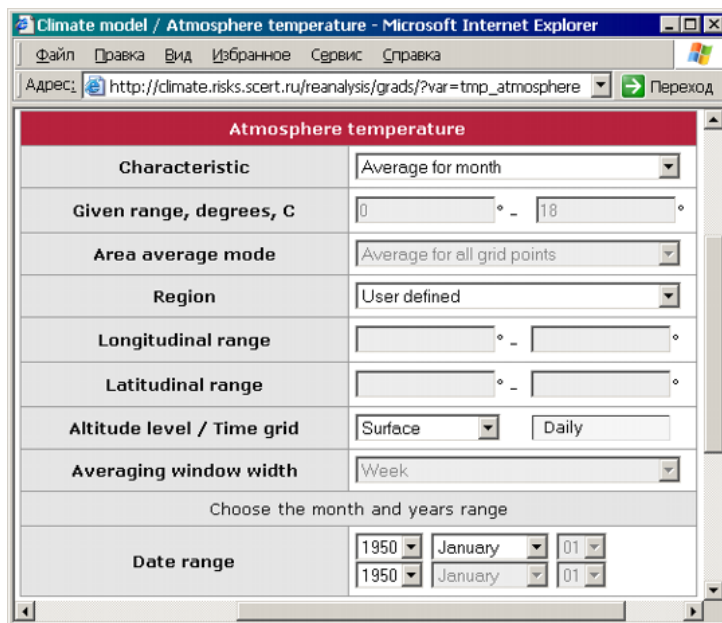


Рис. 47: Окно ввода параметров расчета и визуализации для температуры атмосферы

На данный момент система успешно работает с данными Реанализа NCEP/NCAR (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml>) и Реанализа 2 NCEP/DOE AMIP II (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html>). Эти наборы данных содержат множество метеорологических параметров, полученных как на основе наблюдений, так и по результатам моделирования для всей Земли в период с 1950 по 2002 годы. Из них было выбрано несколько ключевых параметров, характеризующих общее состояние климата или основные тенденции в его изменениях (температура, давление, влажность атмосферы, температура и влажность почвы, а также уровень осадков и геопотенциальная высота). Благодаря ядру веб-портала ATMOS, гибкая структура системы обеспечивает простое и быстрое расширение возможностей, как интерфейса пользователя, так и внутреннего программного обеспечения.

Система обладает следующей функциональностью:

- выполнение различных математических и статистических операций над данными реанализов;
- вычисление минимальных, максимальных, средних величин;
- определение дисперсии, стандартного отклонения, абсолютного диапазона значений;
- подсчет числа дней с абсолютными значениями параметра, лежащими в заданном диапазоне;
- сглаживание во времени значений параметра скользящим осредняющим окном в заданный период времени для произвольных пространственных и временных диапазонов;
- вычисление коэффициента корреляции для произвольной пары параметров;
- расчет коэффициентов линейной регрессии между средней годовой температурой Северного полушария и средней температурой выбранного временного интервала;

10. определение первого (последнего) теплого (холодного) дня (недели, месяца) года.

Пользовательский интерфейс дает возможность задавать географическую область, временной диапазон, выбирать исследуемую климатическую характеристику, а также зада-

вать параметры визуализации. Например, в выпадающем меню “Регион” можно выбрать: Сибирь, Европа, Азия, Евразия, вся Земля и пользовательские установки. Выбор последнего варианта приводит к появлению полей “Долготный диапазон” и “Широтный диапазон”, в который пользователь должен задать координаты интересующей географической области. Также пользователь может выбрать интересующую статистическую характеристику, интервал осреднения, высотный уровень и т.д. При расчете скользящего среднего, выбрав ширину осредняющего окна (неделя, месяц, три месяца, полгода и год), в качестве результат получается последовательность изображений с пространственным распределением исследуемой климатической характеристики. Этот набор представляется в виде анимации, которую можно просматривать, как в автоматическом, так и в ручном режимах. Ниже показаны несколько изображений из такой последовательности (в нижней части рисунков видны кнопки управления воспроизведением).

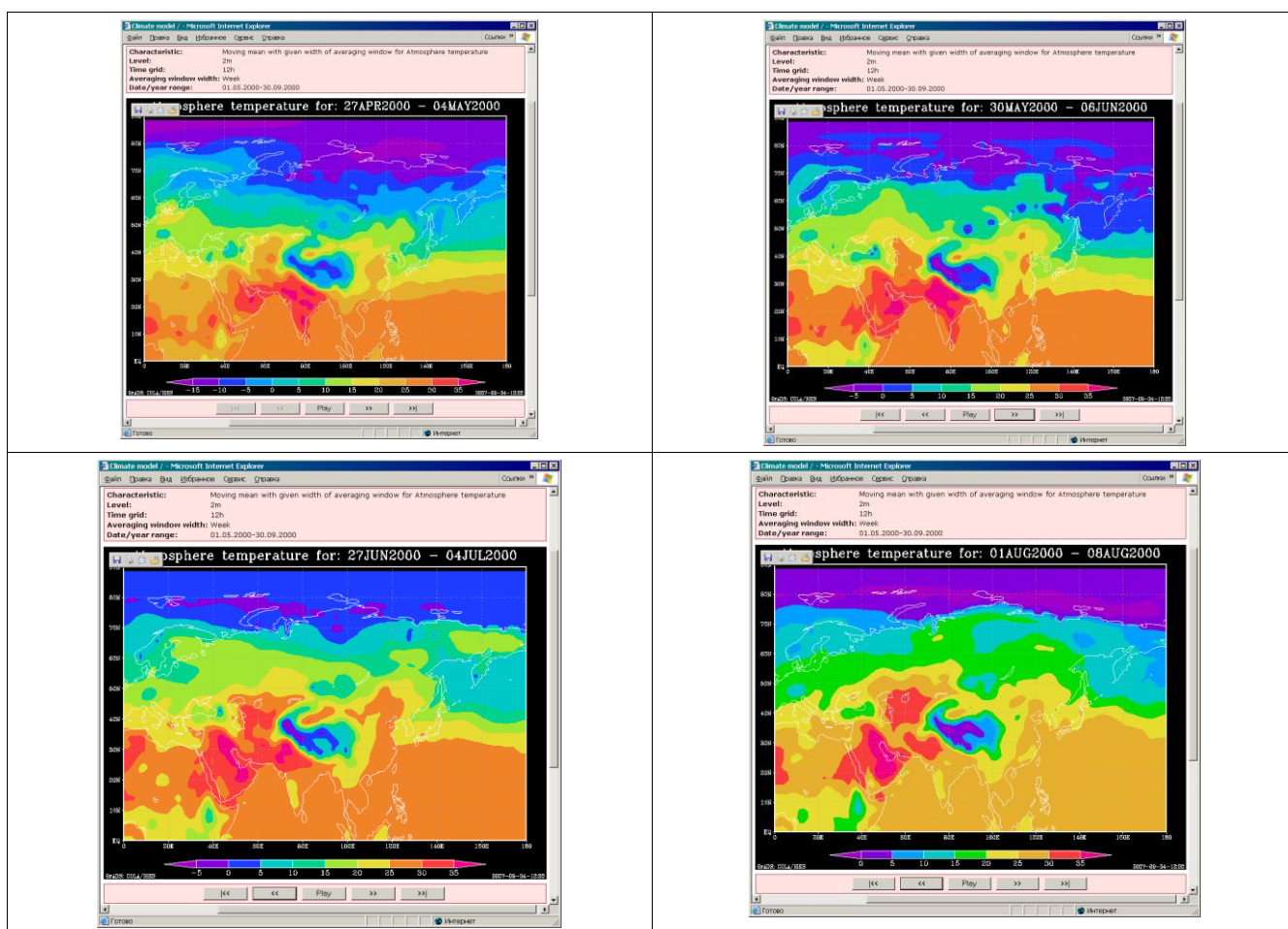
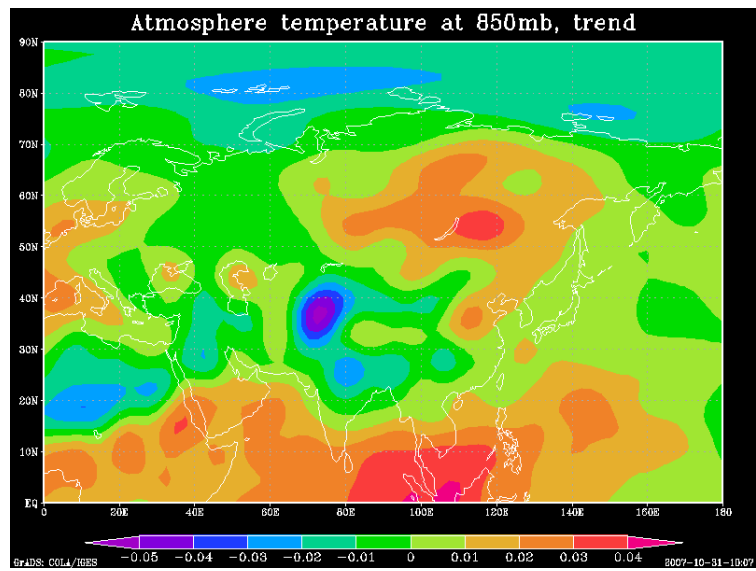
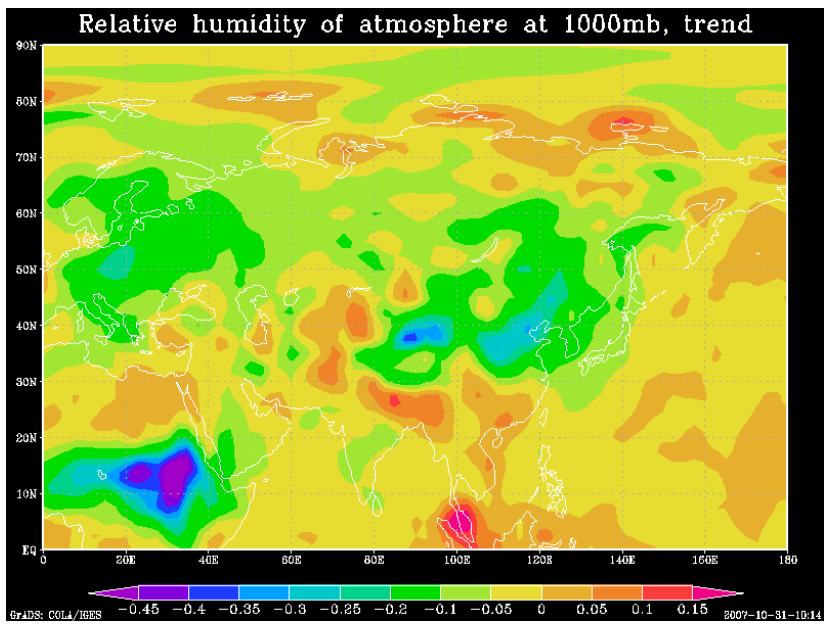


Рис. 48: Результаты осреднения скользящим средним

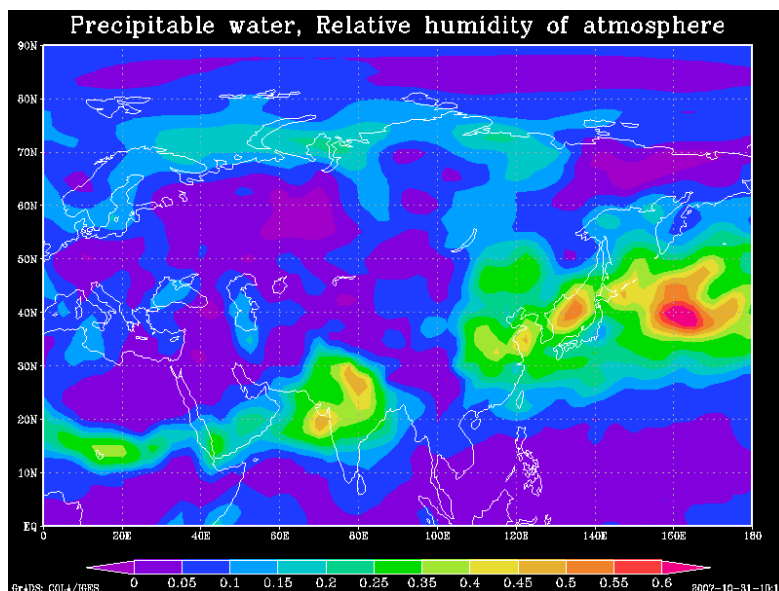


Тренд летних температур (1950-1990)



Тренд относительной влажности (май-сентябрь, 1950-1990)





Корреляции между осадками и относительной влажностью (лето 1998)

Подпроект 39.1.2.1. *Разработка методов и программных средств для обработки мультиспектральных космических снимков на основе ГИС-технологий* (рук. д.т.н. Ю.М. Полищук; Институт химии нефти, Томск).

Наименование работ: *Разработка методов и программных средств для обработки мультиспектральных космических снимков на основе ГИС-технологий.*

Краткое содержание этапа

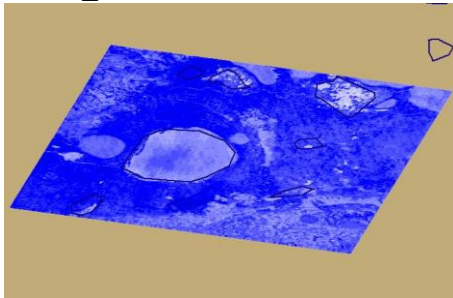
Разработка модуля расширения к ГИС (ArcGIS) для объединения отдельных слоев цифровых карт, построенных по разномасштабным спектральным полосам космических снимков, в единое покрытие с общей таблицей атрибутивных данных для последующего многомерного анализа.

Выполнение:

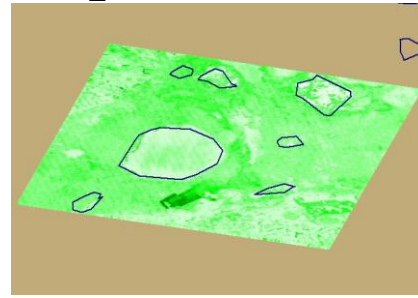
На основе предложенного ранее подхода разработаны программные средства для импорта космических снимков ASTER космического аппарата Terra, поставляемых в формате HDF (Hierarchical Data Format), в цифровые слои ГИС. Разработанные программные средства состоят из двух компонент: 1) программа преобразования спектральных полос исходного космического снимка в цифровые слои точечных и полигональных объектов с атрибутом значения интенсивности спектра, 2) модуль объединения отдельных цифровых слоев в единый слой с общей атрибутивной таблицей. В программу преобразования встроены функции геометрической коррекции координат и радиометрической коррекции интенсивности сигнала на основе данных имеющихся в исходном файле HDF. Модуль объединения реализован на основе встроенных в ГИС функций пространственного анализа и учитывает несовпадение разрешающей способности разных спектральных полос космического снимка на местности. Объединенный слой, с общей атрибутивной таблицей значений интенсивности сигнала разных спектральных полос, упрощает применение многомерного пространственного анализа для тематической обработки мультиспектральных космических снимков.



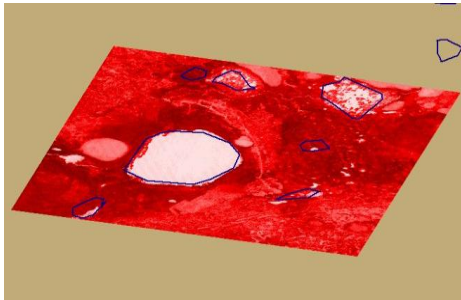
VNIR\_Band1:



VNIR\_Band2:



VNIR\_Band3N:



Общая таблица атрибутов:

FID	S	BAND1	BAND2	BAND3N
836631	Po	891	757	744
836632	Po	891	757	781
836633	Po	884	689	699
836634	Po	877	731	750
836635	Po	891	768	781
836636	Po	891	802	813
836637	Po	891	800	878

Рис. 49. Фрагмент космического снимка в виде цифровых слоев

На рисунке (рис.49.) на фоне контуров гидрографических объектов показан фрагмент (800\*800 из 4200\*4100 пикселей) космического снимка ASTER pg-PR1A0000-2001082801\_035\_030 после преобразования в цифровые слои и общая таблица атрибутивных данных объединенных по спектральным полосам (Band1, Band2, Band3N) видимого диапазона (VNIR).

### **1.3.2. РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ ПО ПРОГРАММЕ ПРЕЗИДИУМА РАН**

#### **Программа 16. «Изменения окружающей среды и климата: природные катастрофы». Проект 5: «Комплексный мониторинг современных климатических и экологических изменений в Западной Сибири» (координатор проекта чл.-корр. РАН М.В.Кабанов)**

В свете наблюдаемых глобальных изменений под воздействием гелиосферных, геосферных, биосферных и техногенных факторов проблемы региональных климатических и экосистемных изменений относятся к числу наиболее актуальных. Большой диапазон именно региональных особенностей в наблюдаемых изменениях выдвигает в число приоритетных интегрированные региональные исследования, при проведении которых необходим учет воздействующих факторов за рамками простой парадигмы «причина-следствие». По мере накопления фактических данных и результатов их анализа в условиях интенсивного развития информационных технологий и технических средств климато-экологического мониторинга становится неизбежным систематическое обновление приоритетных задач при исследованиях природно-климатических изменений, в том числе таких научно-методических задач, как:

-исследование доверительных интервалов тех доступных по Интернету результатов обработки инструментальных данных (наземных и спутниковых), которые используются для анализа закономерностей современных природно-климатических изменений;

-разработка сопряженных форматов для результатов инструментальных наблюдений и результатов математического моделирования при анализе закономерностей современных природно-климатических изменений;

-дальнейшее развитие концепции регионального климато-экологического мониторинга с учетом задач не только по выявлению закономерностей природно-климатических изменений, но и по разработке методов предупреждения об экстремальных (катастрофических) отклонениях природно-климатических режимов.

**1. Развитие научно-методических и технологических основ комплексного мониторинга, включая разработку новых методов и измерительных средств.**

*Отв.исполнители: д.г.н. Винокуров Ю.И. (ИВЭП), д.г.н. Дюкарев А.Г.,  
д.т.н. Тихомиров А.А. (ИМКЭС)*

**1.1. Разработаны методические средства дистанционной оценки влажности засоленных почвогрунтов и дистанционной оценки степени деградации почвенного покрова за счет влажности почв, определены калибровочные зависимости применительно к территории юга Западной Сибири (ИВЭП СО РАН).**

Для оценки нарушения водного режима незасоленной почвы предложено использование временных трендов коэффициента излучения почвенного покрова, зависящего от влажности почвы в сантиметровом радиодиапазоне. Установлено, что высокие значения коэффициента излучения (0.85-0.93) соответствуют пересохшим участкам почвы, а низкие (0.5-0.6) – переувлажненным участкам, на которых возможны процессы подтопления и заболачивания.

Для оценки влажности засоленной почвы с карбонатным и хлоридным типами засоления установлены калибровочные зависимости коэффициента излучения почвенного покрова от объемной влажности (рис.50-а и рис.50-б).

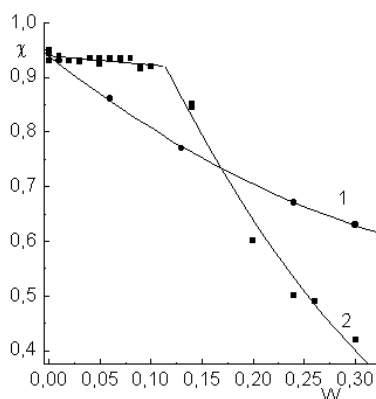


Рис.50-а. Зависимости коэффициента излучения песчаного почвогрунта с массовым содержанием  $NaCl$  0% (1) и 5% (2) от объемной влажности

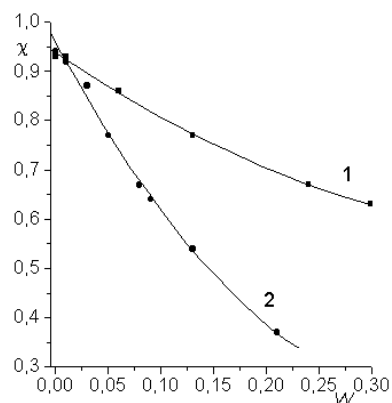


Рис.50-б. Зависимости коэффициента излучения песчаного почвогрунта с массовым содержанием  $Na_2CO_3$  0% (1) и 5% (2) от объемной влажности

**1.2. Анализ радиальных приростов сосновых древостоев за последнее столетие в Томском регионе выявил достоверно отрицательную связь прироста со среднегодовой температурой воздуха. Наибольшая ширина годичного кольца формируется при более низких летних и зимних температурах и большем количестве летних и меньшем – зимних осадков (ИМКЭС СО РАН).**

Влияние зимних температур на прирост выше летних. Связи прироста со среднегодовым количеством осадков менее выражены и не столь однозначные: с летними – положительные, с зимними – неопределенные. В разновозрастных сосняках по сравнению с одновозрастными антропогенные воздействия (рубки, пожары) не отразились на силе и направленности связи с климатическими показателями.

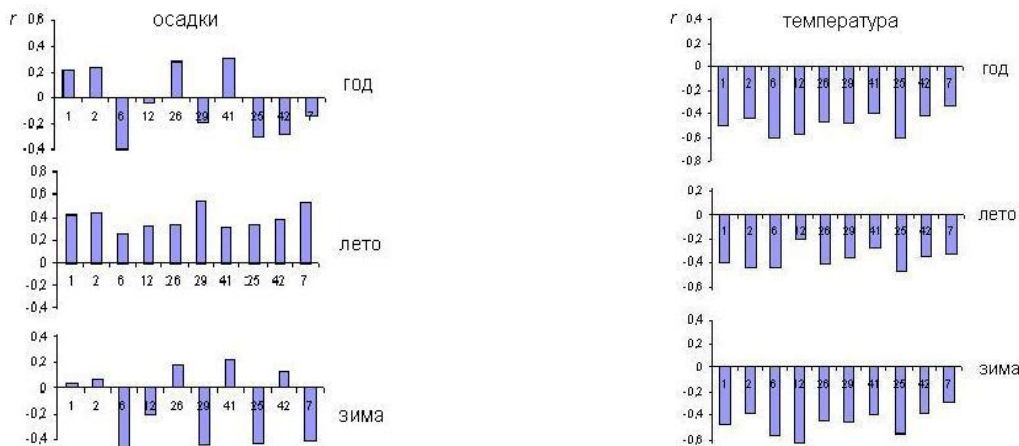


Рис.51. Корреляция радиального прироста сосновых древостоев с температурой и осадками

**1.3. Разработаны научно-методические основы анализа изменений климата и геосистем по результатам мониторинга с использованием предложенного формализма матричного описания рядов наблюдений, способов матричного описания географических объектов и метеорологических полей (ИМКЭС СО РАН).**

При матричном описании годового состояния климатической системы (КС) элементами матрицы могут быть сезонные, месячные метеовеличины, либо оценочные характеристики состояний холодного и теплого периодов года. Использование средств матричной алгебры открывает новые возможности математического исследования получаемой (в результате усвоения данных мониторинга) эмпирической модели эволюции состояний КС и описания закономерностей климатических изменений. Задача оценки ус-

тойчивости сводится к задаче оценки сходимости ряда матриц отклонений и, соответственно, числовых рядов характеристик к окрестности малого параметра.

При матричном описании географических объектов и распределений параметрических полей используются позиционные средства географической привязки информации о распределенных объектах. При этом позиция каждого элемента матрицы однозначно связана с географическими координатами (строки матрицы соответствуют широтным поясам, а столбцы-меридианам). Распределение годовых (сезонных) метеовеличин на территории Сибири в выделенном районе с географическими координатами 60°-120° В.Д. 52°-67° С.Ш. описывается матрицей  $M_p$

	60°	80°	100°	120°	ВД	
$M_p =$	$M_{11}$		$M_{13}$			
	$M_{21}$					
	$M_{31}$		$M_{33}$	$M_{34}$		$M_{37}$
		$M_{42}$			$M_{45}$	
			$M_{53}$		$M_{55}$	
					67°	$M_{11}$ -Салехард
					СШ	$M_{13}$ -Туруханск
					65°	$M_{21}$ -Ханты-Мансийск
						$M_{31}$ -Тобольск
					60°	$M_{33}$ -Колпашево
						$M_{34}$ -Енисейск
					58°	$M_{37}$ -Алдан
						$M_{42}$ -Омск
						$M_{45}$ -Братск
					55	$M_{53}$ -Барнаул
						$M_{55}$ - Иркутск

Элементы матрицы  $M_p$  указывают значения метеовеличин в регионах, которые расположены в соответствующих квадратах географической сетки. Например, матрица годовых температур 2006 года имеет вид:

	-7,6		-7,5			
	-1,9					
$M_{2006} =$	-0,1		-2,2	-2,8		-6,9
		1,3			-2,0	
			1,1		0,3	

Обработка и анализ матричных рядов полей метеовеличин, ресурсов фитомассы, полей характеристик подстилающей поверхности (по результатам спутниковых измерений) открывают перспективы решения новых прикладных задач.

**1.4. Проведена опытная эксплуатация многофункциональной системы автоматизированного мониторинга первых и высших моментов метеорологических полей в приземной атмосфере, реализованной на базе метеорологического комплекса АМК-03. Проведена метрологическая аттестация АМК-03 и регистрация в Государственном реестре средств измерений (№ 36115-07 от 19.10.2007) как нового типа средств измерений (ИМКЭС СО РАН).**

В указанной системе данные с ультразвукового датчика метеопараметров из состава АМК-03, смонтированного на мачте, непрерывно поступают в компьютер на рабочем месте оператора. Из первичных данных измерений в компьютере с помощью специального программного обеспечения «МЕТЕО 3.0» (свидетельство о регистрации в Роспатенте РФ № 2002612038) через каждые 10 минут вычисляется до 60-ти характеристик атмосферы. В базе данных накапливается следующая информация:

- средние, минимальные и максимальные значения температуры, влажности и плотности воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра;
- вторые, третьи и четвертые статистические моменты температуры и компонент вектора скорости ветра, включая их взаимные корреляционные моменты;

- стандартные параметры турбулентных флуктуаций температуры и ветра (их энергетические характеристики, потоки тепла и импульса, характерные масштабы атмосферной турбулентности, структурные постоянные  $C_T^2$ ,  $C_V^2$  и  $C_n^2$ ).

**2. Исследования пространственно-временных масштабов и экстремальных характеристик наблюдаемого потепления, а также изменения режимов атмосферной циркуляции, энергомассообмена и влагооборота в Западной Сибири.**

*Отв. исполнители: д.ф.-м.н. Ипполитов И.И. (ИМКЭС),  
д.ф.-м.н. Суторихин И.А. (ИВЭП)*

**2.1. На основе анализа накопленных инструментальных данных оценены масштабы пространственной неоднородности наблюдаемого потепления в конце 20-го века для Сибири (до 0,5 град/10 лет в районах ускоренного потепления) с тенденцией к выравниванию широтной зональности температурного режима, а также выявлена многоэтапная трансформация климатической системы в фазовом пространстве: среднегодовая температура – межсезонная амплитуда температур (на примере Иркутска) при переходе из состояния с отрицательными среднегодовыми температурами к состоянию с устойчиво положительными среднегодовыми температурами (ИМКЭС СО РАН).**

Пространственная неоднородность наблюдаемого потепления в Сибири была определена по результатам вычислений линейного тренда среднегодовой приземной температуры по накопленным рядам среднемесячных температур за вторую половину XX столетия для 134 метеостанций. По результатам вычислений на карте строились изолинии для линейных трендов. На рис. 52 приведена карта пространственного распределения величины трендов для Сибири. Изолинии на карте выделяют районы с разной величиной тренда (разная степень зачернения) через 0.1 градус потепления за 10 лет.

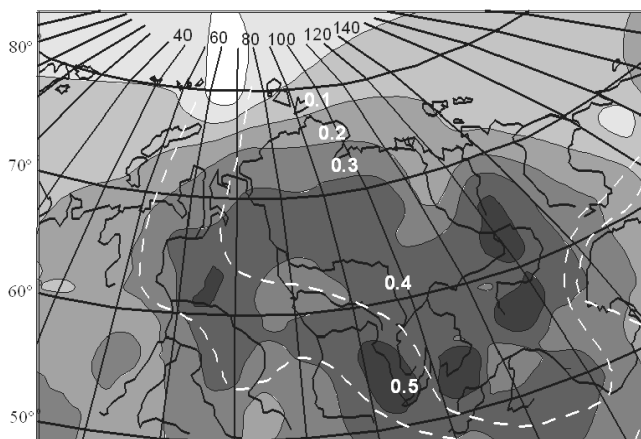


Рис.52. Карта линейных трендов потепления в период 1965-2000 гг. Сравнение с изолиниями января (-28°C – верхняя, и -20°C – нижняя) в период 1881-1935 гг.

Из сравнения карты потепления на рис.52 с данными Климатического атласа СССР (1961 г.) за период 1881-1935 гг. следует, что в последние десятилетия в ходе ускоренного потепления выравнивается широтная зональность температурного режима в Сибири, что объясняется изменением режима атмосферной циркуляции.

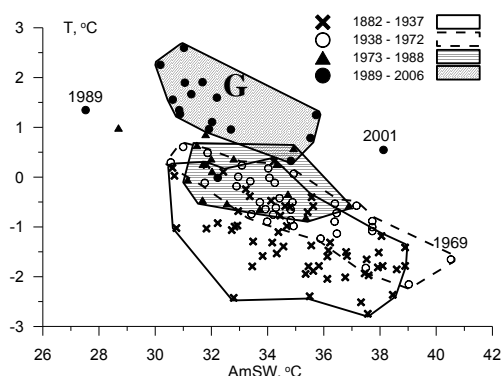


Рис.53. Трансформация области состояний климата Иркутска в фазовом пространстве: средняя годовая температура – амплитуда годового хода сезонных температур.

В ходе многоэтапной трансформации климата область его состояний уменьшается в размерах и смещается в направлении роста годовых температур (рис.53). На этапе 1938-1972 г.г. возросла амплитуда годового хода сезонных температур до  $40.5^{\circ}\text{C}$  (1969г.). В восьмидесятых годах XX века повышение температур весеннего сезона ( $T_{\text{МАМ}} > 0^{\circ}\text{C}$  после 1981 г.), осеннего сезона ( $T_{\text{SON}} > 0^{\circ}\text{C}$  после 1988 г.) и зимнего сезона (с 1989г.) привело к переходу последовательности состояний климата в область G с положительной среднегодовой температурой. Для этих состояний характерно выравнивание температур зимнего и летнего сезонов (уменьшение амплитуды годового хода сезонных температур) и снижение продолжительности холодного периода года ( $\tau_{\text{хп}} < 150$  суток).

**2.2. На основе анализа изменений оценочных характеристик ансамблей состояний региональных климатов и пределов многолетней изменчивости годовых (сезонных) температур проведена идентификация хода многоэтапной трансформации и масштабов очагового потепления в Сибири. Установлены общие тенденции роста температур зимнего сезона, температур мая, октября, роста частоты гумидных состояний с интенсивным влагооборотом; тенденция устойчивого потепления с 1978 г. в южных регионах Сибири (ИМКЭС СО РАН).**

Потепление на этапе 1914-1950 г.г. носило очаговый характер. Пределы изменчивости годовой температуры на этом этапе повысились существенно в северных регионах (Салехард, Туруханск). На юге Сибири (Омск, Барнаул, Иркутск) повышение этих пределов имело место на этапе 1951-1968 г.г. Тенденция потепления на современном этапе (с 1978 года) характеризуется переходом ансамбля сезонных состояний в область с повышенной среднегодовой температурой (см.таблицу 13). Рост частоты годовых состояний с повышенной среднегодовой температурой наблюдается в умеренных широтах Сибири (в Тобольске частота состояний с  $T > 1,3^{\circ}\text{C}$  повысилась от 0,1 до 0,52, в Колпашево частота состояний с  $T > 0^{\circ}\text{C}$  повысилась от 0,06 до 0,37, в Енисейске – с 0,07 до 0,32).

Таблица 13. Оценка пределов изменчивости средней годовой температуры,  $^{\circ}\text{C}$

Этапы	1881-1913	1914-1950	1951-1968	1969-1977	1978-1994	1995-2001	с 2002 г.
Тобольск	-1.6-2.4	-1.7-1.7	-1.8-2.1	-3.5÷0.9	-0.7÷2.2	-0.9÷2.6	-0.1÷2.3
Ханты-Мансийск	-3.8÷-0.2	-2.8÷0.3	-3.9-1.0	-4.9-0.7	-3.3÷0.6	-2.9-1.5	-1.9-0.8
Салехард	-10.8÷-4.2	-8.3÷-2.9	-8.7÷-3.6	-9.0÷-5.3	-8.5÷-3.7	-8.3÷-2.9	-7.6÷-4.4
Омск	-1.5-2.4	-1.5÷2.3	-1.0÷3.1	-2.0÷2.0	0÷3.6	0.3÷3.1	1.3÷3.6
Барнаул	-1.6 ÷+2.8	-0.6÷2.1	-0.1÷3.5	-1.0÷+3.0	0.3÷4.3	1.1÷4.3	1.1÷4.9
Колпашево		-3.3÷0.6	-3.5÷0.2	-4.2.÷-0.4	-2.3÷1.0	-2.3÷1.1	-2.2÷0.6



### 3. Исследования изменений болотных и лесных экосистем Западной Сибири под воздействием климатогенных и антропогенных факторов современными методами дендроэкологии и палеостратиграфии торфяных залежей.

Отв. исполнители: д.ф.-м.н. Тартаковский В.А., к.б.н. Горошкевич С.Н., к.б.н. Прейс Ю.И. (ИМКЭС)

3.1. На основе применения метода стандартных экологических шкал при сравнении современного растительного покрова с ранее существовавшим, восстановленным по ботаническому составу торфа, получены количественные оценки происходящих изменений в экосистемах: за последние 50 лет увлажнение топяных местообитаний на Обь-Томском междуречье трансформировалось от болотного до сыро- и влажно-лугового (ИМКЭС СО РАН).

В торфяных болотах, незатронутых мелиорацией на Обь-Томском междуречье, на фоне изменений климата и комплекса антропогенных воздействий на экосистемы (осушения отдельных крупных массивов болот в 60-е годы, водоотбора подземных вод с 1976 г., сельскохозяйственного освоения земель), выявлено как плавное течение сукцессионных процессов в растительных сообществах, так и их катастрофические смены. Наиболее заметные трансформации происходят в топяных местообитаниях мелкозалежных и по периферии крупных торфяных болот. В напочвенном покрове периферийных топей происходит смена экологических групп видов с гидрофильной на гидромезофильную и мезофильную: уменьшается доля болотных гипогидрофитов, а затем и гемигидрофитов (до полного их выпадения), поселяются, постепенно становясь доминантами покрова, лесоболотные и лесные мезогидрофитные и мезофитные виды. При катастрофических сменах формируются мертвопокровные молодые леса. Ослабление болотообразовательного процесса при обсыхании болот приводит к формированию древесного яруса, повышению пожароопасности иссушенных торфяных залежей.

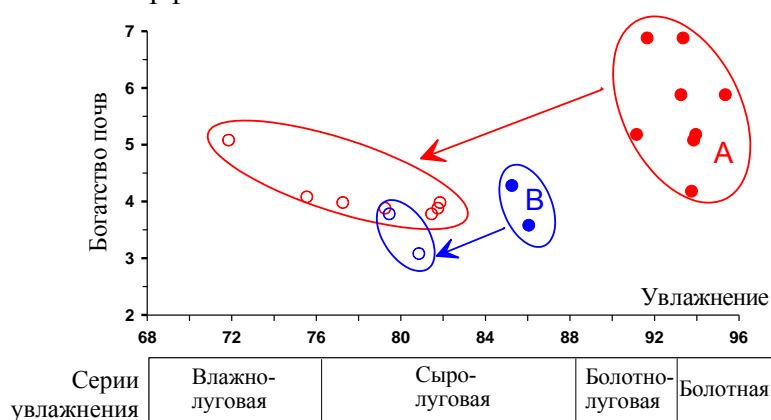


Рис. 54. Изменение экологических условий топяных болотных местообитаний в системе экологических координат Увлажнение-Богатство по шкале Л.Г. Раменского (в степенях): А – мезотрофные и мезоолиготрофные топи; В – олиготрофные топи.

3.2. На основе палеореконовструкций и сопряженного анализа спектров временных рядов установлены тесные корреляционные связи (коэффициенты корреляции 0,91-0,96) характеристик цикличности водного палеорежима болот и палеоклимата Западной Сибири. Выявлены периоды, при которых изменения климата вызывали синхронные изменения водного режима болот и уровня Каспийского моря (ИМКЭС СО РАН).

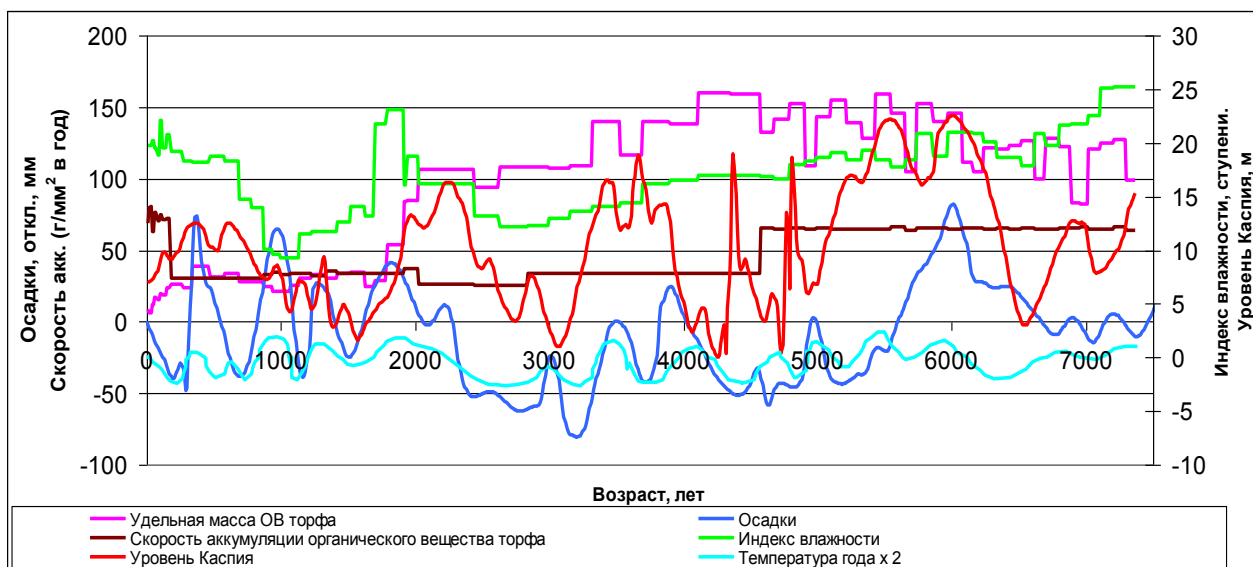


Рис.55. Изменение интегрированных показателей водного режима Иксинского болота, климата (южная тайга Западной Сибири) и уровня Каспийского моря в голоцене

Реконструкция водных режимов болот выполнена путем расчетов индекса влажности (методика Елиной, Юрковской, 2002) по ботаническому составу торфа, с учетом удельной массы и скорости аккумуляции торфа. Характеристики цикличности и оценка корреляционных связей циклов интегрированных показателей водных режимов болот, палеоклимата южной тайги Западной Сибири и палеоуровней Каспийского моря (реконструкция Лаврушина и др., 2001) в голоцене получены методами наименьших квадратов и главных компонент. Коэффициенты корреляции между типовым спектром и спектрами временных рядов климатических параметров составили 0,91-0,94, индексов влажности – 0,93, скорости аккумуляции торфа – 0,96, уровней Каспия – 0,76. Установлено, что синхронное обсыхание болот и понижение уровня Каспия происходило в периоды сухих похолоданий: а повышение обводненности болот и уровня Каспия - в периоды влажных потеплений.

**3.3. Анализ изменчивости структуры лесов в высокогорьях Алтае-Саянского региона за последние сто лет выявил увеличение площади редколесий и сомкнутых лесов, площадь редины колеблется на одном уровне, площадь тундры с одиночными деревьями и формами роста уменьшается. При этом происходит сужение экотона и повышение репродуктивной границы вида, наблюдается тенденция уменьшения разнообразия различных форм роста.**

Верхняя граница произрастания вида и экотон лес-тундра – высокочувствительный компонент экосистемы. Среди реакций хвойных растений на изменения климата и среды выделяются четыре группы индикаторов: изменение роста, изменение репродукции (количество и качество семян, возобновление, выживание сеянцев), изменения форм роста и структуры (плотность и характер размещения в пространстве). Процессы протекают медленно, с характерным запаздыванием (до 50 лет), и это необходимо учитывать при разработке моделей динамики высокогорных экосистем при изменении климата.

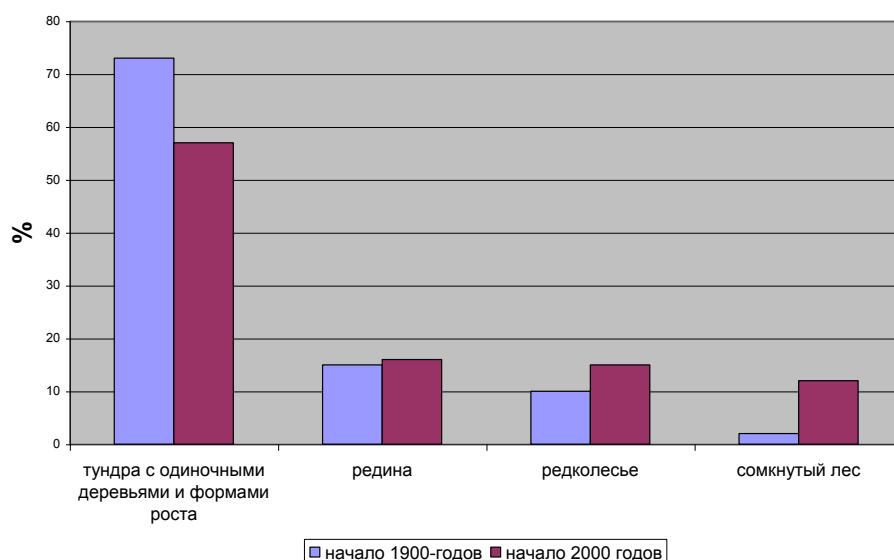


Рис. 56. Распределение площадей, занятых различными типами лесотундровых сообществ в начале 1900-годов и в начале 2000-годов

#### 4. Системно-эволюционный анализ и моделирование региональных климатообразующих и средообразующих процессов с учетом геосферных, биосферных и антропогенных факторов.

Отв. исполнители: д.ф.-м.н Крутиков В.А., к.т.н. Шишлов В.И. (ИМКЭС)

Создана эмпирическая основа для модели формирования болотного массива в условиях континентального климата: семейства зависимостей кумулятивной массы, глубины, толщины торфяной залежи и возраста стратиграфических горизонтов, зависимости скорости аккумуляции торфа от возраста, соответствующих реконструированных водных режимов, палеоклиматических условий и важнейших палеостратиграфических рубежей, которые отражают многообразие параметров изменчивости торфонакопления и линий регрессий (ИМКЭС СО РАН).

По результатам обработки материалов многолетних полевых исследований болот Обь-Иртышского междуречья и детально датированным по  $^{14}\text{C}$  (104 образца) стратиграфическим колонкам (2500 образцов, 74 торфяных разреза) выявлена многоэтапная эволюция растительных палеосообществ, реконструированных по ботаническому составу торфа водных палеорежимов болот и процесса аккумуляции торфа в голоцене (рис.57).

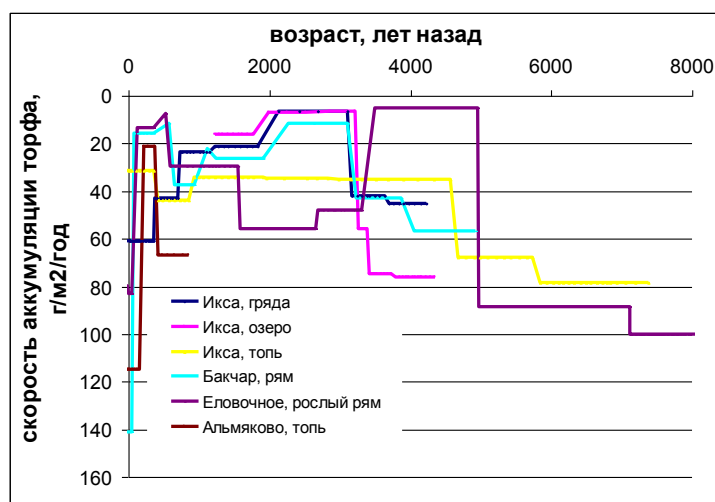


Рис. 57. Зависимость скорости аккумуляции торфа от возраста торфяной залежи

Проведено определение удельной массы 1470 образцов торфа, построены графики зависимости кумулятивной массы торфа от глубины залежи для 38 торфяных разрезов. Полученное семейство (рис.58) характеристических зависимостей (кумулятивная масса – глубина – возраст), составляет эмпирическую основу для анализа, интерпретаций, палеореконокструкций и моделирования эволюции болотных массивов в условиях эволюции континентального климата Сибири.

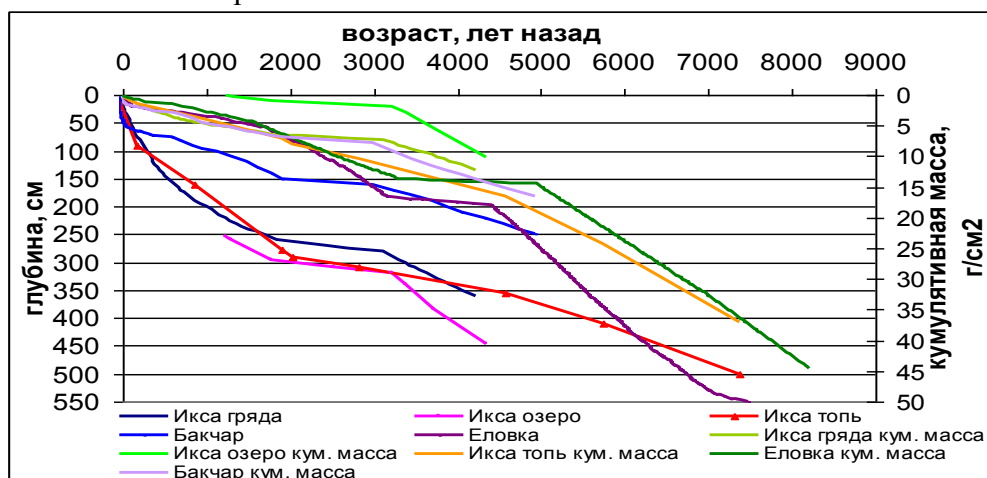


Рис. 58. Зависимости кумулятивная масса – возраст – глубина торфяных залежей

### 5. Обобщенная оценка соотношения природных и антропогенных факторов в наблюдаемых природно-климатических изменениях на территории Западной Сибири.

Отв. исполнители: ак. Васильев О.Ф.(ИВЭП),чл.-корр. РАН Кабанов М.В. (ИМ-КЭС)

На основе архивных (за последние 200 лет) данных хронологических особенностей развития промышленности на Алтае и в Алтайском горном округе были выявлены причины изменения в керне ледника г. Белуха концентрации "экс-сульфатов", непосредственно связанной с антропогенной составляющей поступления в атмосферу оксидов серы (в первую очередь от сжигания топлива). На основании полученных данных была детализирована хронология промышленных периодов на Алтае, которая показала отличие временных рамок доиндустриального и промежуточного периодов для Алтайского региона и Центральной Европы (ИВЭП СО РАН).

По результатам сопоставления данных о концентрации "экс-сульфатов" в разных слоях ледяного керна и архивных данных по промышленному развитию на Алтае составлена сопряженная хронология промышленных периодов, обобщенная в таблице 2. В графе "годы" стрелками показано направление снижения-повышения промышленных выбросов в указанные годы.

Таблица 14.Хронология промышленных периодов в Алтайском регионе

Периоды	Годы	Причины подъема или спада
Доиндустриальный период	до 1727	только кочевое население
Переходный период (разработка рудников и выплавка Ag, Pb, Cu, Au и Fe)	1727-↑	Устойчивый подъем производства продукции отмена крепостного права 1861 гг., кризис, падение цен на металлы Усиление кризиса (конкуренция с аналогичной продукцией технически более развитых стран Европы) Формирование рынка труда Курс на предоставлении концессии
	1860	
	1861-↓	
	1880	
	1881-↓	
1890	1890-↓	
1890-↑	1890-↑	
1905	1905	

	1914	1906-↑	
Период низкой индустриальной активности	1930	1915-↓	Кризисная политическая ситуация, гражданская война
Индустриальный период (черная и цветная металлургия)	1940	1931-↑	Начало индустриализации Эвакуация заводов с запада СССР и строительство Максимальный уровень развития промышленности Промышленный кризис, вызванный перестройкой Оживление горной промышленности и металлопроизводства
	1960	1941-↑	
	1990	1961-↓	
	1998	1991-↓	
	2004	1999-↑	

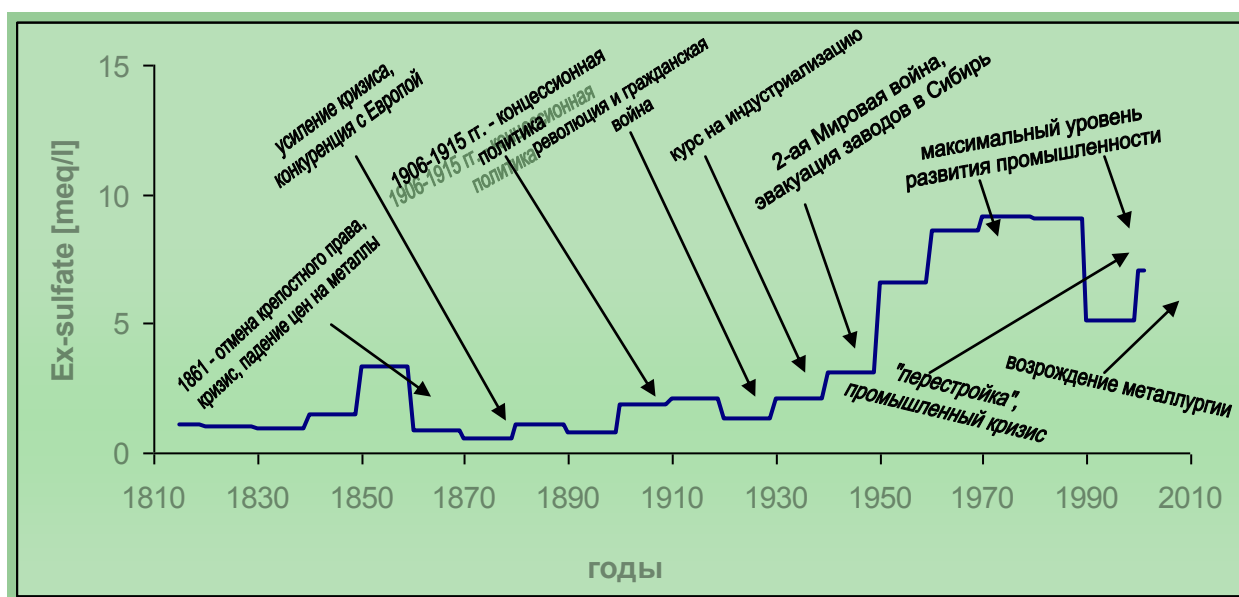


Рис. 59. Корреляция хронологических особенностей промышленности на Алтае с концентрацией экс-сульфатов (ex-sulfate) в керне г. Белухи  
Усредненные по 10-летиям концентрации «экс-сульфатов» показаны жирной линией. Среднегодовые величины экс-сульфатов (ex-sulfate) получены из расчета каждой величины по следующей формуле:  $[ex-sulfate] = [SO_4^{2-}] - 0.21[Ca^{2+}]$  (концентрация в мг-экв/л).

**Программа 16 «Изменения окружающей среды и климата: природные катастрофы».**

**Проект 4: «Природные и антропогенные факторы динамики криогенных геосистем Евразии».**

В 2007 году получены следующие результаты по теме «Современные климатические характеристики территории Северной Евразии и тенденции их изменения»:

В 2007г. выполнялось сравнительное климатическое описание двух территорий, расположенных в одной широтной зоне. Общей южной границей территорий является широта  $58^{\circ}$  с.ш., общей северной границей полярный круг  $66^{\circ}33'$  с.ш. С запада территории ограничены отрезком долготы  $40^{\circ}$  в.д. с востока отрезком долготы  $80^{\circ}$  в.д. Внутренней границей разделения западной и восточной частей является территория Урала. Различие между участками заключается в том, что западный участок не подвержен криогенным процессам, а восточный находится в зоне прерывистой мерзлоты. Средние по территории за отдельные месяцы характеристики приземного воздуха и грунта определялись из данных реанализа NCEP/DOE AMIP-II (<http://www.cdc.noaa.gov/PublicData/>) за 1979-2006гг. В число характеристик на данном этапе работы входили:

- температура воздуха на уровне 2м
- температура почвы в слое 0-10см
- температура почвы в слое 10-200см
- характеристики радиационного баланса.

Каждый участок содержал 45 узлов реанализа с расстоянием между ними  $1.875^{\circ}$  по долготе и  $1.915^{\circ}$  по широте. Использовались данные с 6-часовым временным разрешением. Территория Урала не включалась в рассмотрение, поскольку горный рельеф имеет режим формирования климата, отличный от равнинных территорий.

**1. Изменения температурного режима.**

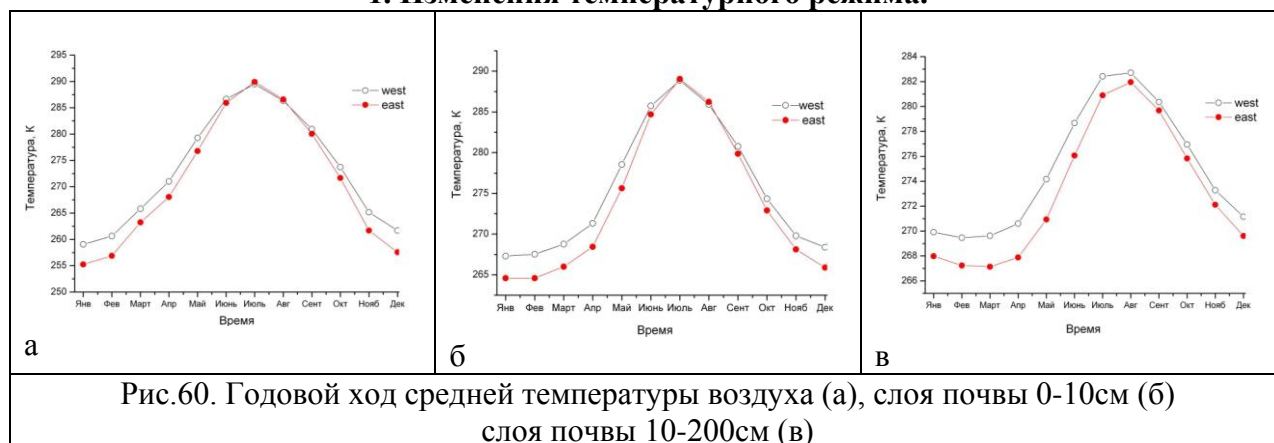


Рис.60. Годовой ход средней температуры воздуха (а), слоя почвы 0-10см (б) слоя почвы 10-200см (в)

На рис.60 показаны годовой ход температуры воздуха на 2м для западного и восточного участков (а); годовой ход температуры почвы в слое 0-10см (б) и годовой ход температуры почвы в слое 10-200см (в). Амплитуда годового хода уменьшается в последовательности воздух → слой 0-10см → слой 10-200см и они имеют большую величину для восточного участка.

Годовой ход разности температур представлен на рис.61.



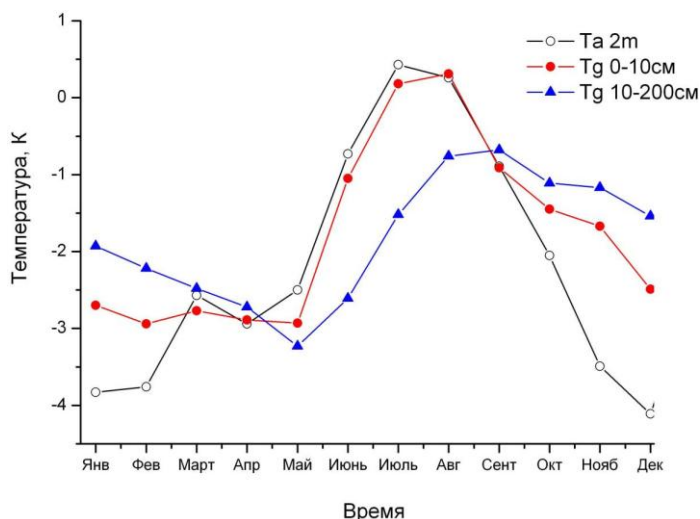


Рис.61 Годовой ход разности температур для различных участков.

Из рис.61 видно, что минимальные разности температур, составляющие  $-0.5 \div -1^{\circ}\text{C}$  имеют место в вегетационный период, а максимальные  $-2 \div -4^{\circ}\text{C}$  в переходные и холодные периоды года.

Результаты вычисления средних по территории месячных трендов температур за 1979-2006гг. для отдельных календарных месяцев приведены в таблице 15.

Таблица 15. Средние месячные тренды температур ( $^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$ ) для западного и восточного участков за период 1979-2006гг.

	T <sub>2m</sub> , К			T <sub>0-10cm</sub> , К			T <sub>10-200cm</sub> , К		
	T <sub>West</sub>	T <sub>East</sub>	dT=T <sub>E</sub> -T <sub>W</sub>	T <sub>West</sub>	T <sub>East</sub>	dT=T <sub>E</sub> -T <sub>W</sub>	T <sub>West</sub>	T <sub>East</sub>	dT=T <sub>E</sub> -T <sub>W</sub>
Январь	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.411	-0.460	-0.049
Февраль	0.000	0.924	0.924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Март	0.000	0.720	0.720	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Апрель	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Май	0.000	1.148	1.148	0.000	1.204	1.204	0.000	0.386	0.386
Июнь	0.000	0.709	0.709	0.000	0.697	0.697	0.000	0.915	0.915
Июль	0.000	0.000	0.000	0.483	0.000	-0.483	0.000	0.000	0.000
Август	0.424	0.000	-0.424	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Сентябрь	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.644	-0.644	0.000	0.000	0.000
Октябрь	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ноябрь	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.772	-0.772	0.000	0.000	0.000
Декабрь	0.000	0.000	0.000	-1.043	-1.171	-0.128	-0.507	-0.622	-0.115
Год	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

В таблицу помещены только тренды значимые для доверительной вероятности 95%. Видно, что для западной территории рост температуры воздуха происходит лишь в августе. Для слоя почвы 0-10см рост температуры в июле сопровождается ее понижением в декабре. Для слоя почвы 10-200см температура понижается в декабре и январе. Для восточной территории рост температуры воздуха отмечается в феврале, марте, мае, июне. Для слоя почвы 0-10см рост температуры в мае и июне сопровождается ее понижением в сентябре октябре и декабре. Для слоя 10-200см рост температуры в мае, июне сопровождается ее понижением в декабре и январе.

В течение 1979-2006гг. тренды среднеквадратических отклонений, как температуры воздуха, так и температуры почвы имеют отрицательные значения, что говорит об уменьшении амплитуды флуктуаций температурных полей, а, следовательно, и амплитуд возмущающих факторов. Для западного участка значимые изменения приходятся на месяцы

переходного периода, в то время как для восточного участка тренды практически не значимы за исключением верхнего слоя почвы в зимний период. Отличием западного участка является существенный рост минимальных значений температур в переходные месяцы. Он составляет  $0.79 \div 0.91$  °C/10лет для приземной температуры,  $0.48 \div 0.71$  °C/10лет для температуры слоя почвы  $0 \div 10$ см и  $0.35 \div 0.60$  °C/10лет для температуры слоя почвы  $10 \div 200$ см. Кроме того, именно тренд минимальной температуры слоя почвы  $0 \div 10$ см в декабре месяце определяет динамику средней температуры месяца на этом участке.

Анализ динамики максимальных температур на западном и восточном участках показывает, что значимые величины трендов в  $1.5 \div 2$  раза меньше, чем скорости изменения минимальной температуры. Наибольшие изменения максимальных температур воздуха и слоя почвы  $0 \div 10$ см происходят в летние и зимние месяцы.

Отсюда можно сделать заключение, что выраженное на восточной территории повышение температуры воздуха в отдельные месяцы за период 1979-2006гг. не приводят к возникновению однонаправленных изменений температуры грунта, но по-видимому, способствует интенсификации процессов сезонного протаивания и промерзания мерзлоты.

## 2. Изменения радиационного режима.

Для оценки изменений радиационного режима на двух территориях были вычислены следующие характеристики осредненных по каждому участку и по отдельным календарным месяцам:

- нисходящая коротковолновая радиация (DSR),
- нисходящая длинноволновая радиация (DLR),
- восходящая коротковолновая радиация (USR),
- восходящая длинноволновая радиация (ULR),
- радиационный баланс  $R = (DSR + DLR) - (USR + ULR)$ .

На рис.62а приведен годовой ход нисходящей коротковолновой радиации для западного и восточного участков, на рис.62.б – годовой ход нисходящей длинноволновой радиации.

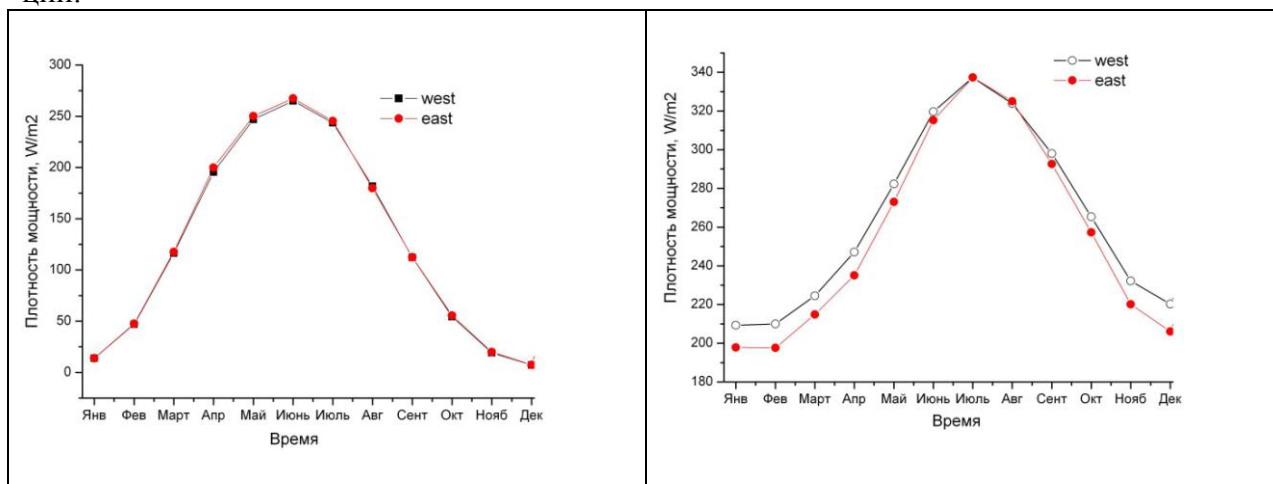


Рис.62. Годовой ход нисходящей коротковолновой (а) и длинноволновой (б) радиации для западного и восточного участков.

Видно, что разница между потоками на двух участках имеет место только для длинноволновой радиации в холодный период года. На рис.63а приведен годовой ход восходящей коротковолновой радиации, а на рис.63.б годовой ход восходящей длинноволновой радиации.

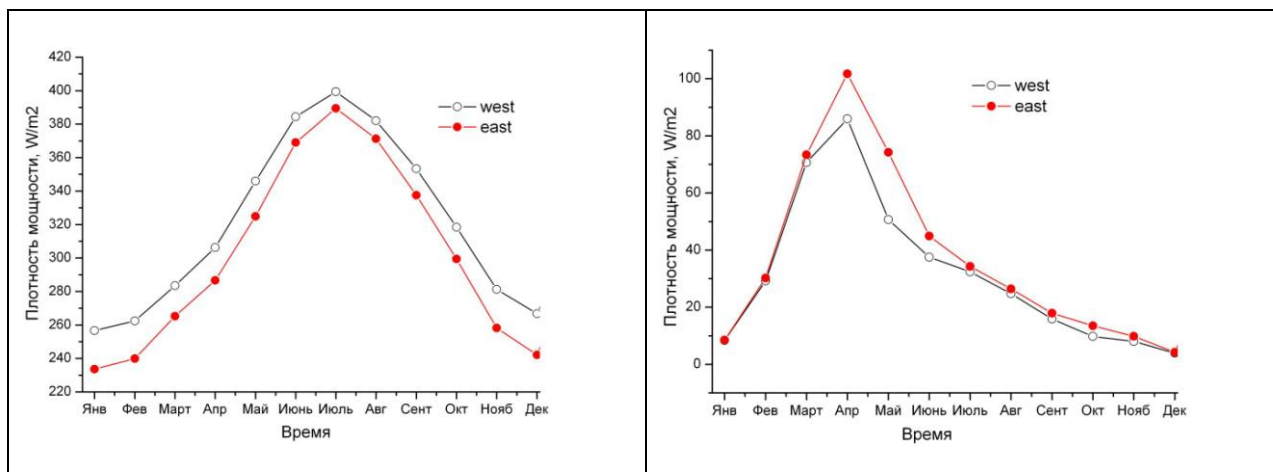


Рис.63. Годовой ход восходящих коротковолновой (а) и длинноволновой (б) радиаций для западного и восточного участков.

Для обеих видов восходящей радиации отличия более заметны по сравнению с нисходящей ветвью. На восточной территории восходящий поток коротковолновой радиации превышает соответствующий поток на западной территории в течении большей части года. Для восходящей длинноволновой радиации имеет место обратная ситуация: поток с восточной территории меньше потока с западной территории в течении всего года. Разница в потоках восходящей коротковолновой радиации может быть отнесена к различию в сезонном ходе альbedo подстилающей поверхности: на восточной территории оно оказывается меньше в течении всего вегетационного периода. По-видимому эта разница формируется за счет различий в динамике растительного покрова на двух территориях.

Различия в потоках уходящей длинноволновой радиации сложны для интерпретации, поскольку в их формировании принимают участие, как слои приземной атмосферы, так и слои грунта.

Годовой ход радиационного баланса для рассмотренных территорий представлен на рис.64.

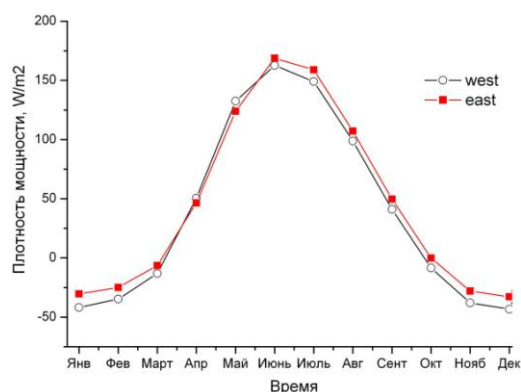


Рис.64. годовой ход радиационного баланса для западного и восточного участков.

Из рисунка 64 видно, что различия в радиационном балансе рассмотренных территорий не превышают  $10 \text{ Вт/м}^2$ . Из приведенных в этом разделе результатов можно сделать вывод о том, что радиационные факторы формирования климата на двух рассматриваемых территориях оказываются весьма схожими. Особо примечательным является тот факт, поступающая на подстилающую поверхность радиация оказывается практически идентичной для обеих территории. Это говорит, в частности о том что средние состояния облачного покрова над территориями мало различаются для рассматриваемого временного интервала. Это обстоятельство облегчает поиск причинно-следственных связей между процессами потепления и эволюцией многолетне-мерзлотных пород.

В 2007 году получены следующие результаты по теме «Состояние и границы криолитозоны на юге лесной зоны Западной Сибири в периоды похолоданий голоцена»:

1. В основу реконструкция физического состояния почвогрунтов (ПГ) на момент заболачивания положены известные подзональные различия современных типов заболачивания ПГ в зависимости от их физического состояния. Евтрофный тип заболачивания типичен для южнотаежных ПГ, находящихся в талом состоянии практически на протяжении всего вегетационного периода, мезотрофный - для среднетаежных длительнооттаивающих сезонномерзлых (СМ) ПГ, а олиготрофный - для северотаежных многолетнемерзлых (ММ) ПГ. Для олиготрофного заболачивания карбонатсодержащих ПГ необходимым условием, препятствующим произрастанию евтрофных видов растений, является формирование ММ водоупора. Однако, при достаточно мощном слое сезонного оттаивания, свойства ПГ могут оказывать влияние на состав растительных сообществ. Поэтому, мезотрофное заболачивание могло быть характерно не только для длительнооттаивающих СМ, но и для ММ ПГ. Диагностический признак наличия ММ - быстрая олиготрофизация мезотрофных сообществ (толщина слоя переходного торфа менее 50 см). Оценка масштабов проявления палеокриогенных процессов в почвогрунтах проводилась по фондовым материалам детальной и предварительной геологической разведки 27-ми типичных болот южной и средней тайги. Площадь каждого типа заболачивания и соответственно физического состояния ПГ по конкретному болоту рассчитывалась как процент пунктов отбора с определенным типом придонного образца (для многолетнемерзлого и с учетом толщины слоя переходного торфа) от общего количества пунктов.

В результате выявлено (табл. 16), что в лесной зоне Западной Сибири заболачиванию в значительной степени способствовало формирование многолетнемерзлых водоупоров в почвогрунтах. В южнотаежной подзоне на крупных водораздельных олиготрофных болотах, подстилаемых карбонатными глинами и суглинками, процент площади криогенного (сумма олиготрофного и кратковременного мезотрофного) заболачивания варьировал от 20 до 42%, а на небольших, подстилаемых песками, достигал 92%. В среднетаежной подзоне на крупных водораздельных олиготрофных болотах процент площади криогенного заболачивания был выше (чисто олиготрофное заболачивание варьировало от 12 до 34%).

Таблица 16.

Соотношение площадей разных типов заболачивания болот южной и средней тайги Западной Сибири (по фондовым материалам геологической разведки)

Наименование болота	Евтрофный		Мезотрофный				Олиготрофный		Сапрпель		Всего
	Площадь, га	%	всего		Кратковременный		Площадь, га	%	Площадь, га	%	
Площадь, га			%	Площадь, га	%						
Южная тайга											
Васюганское:											
Участок №6 *	11756	20,6	40862	71,6	7134	12,5	4452	7,8			57070
Участок №5 *	2331	12,8	14750	81,0	2932	16,1	1129	6,2			18210
Участок №20*	2517	14,2	12691	71,6	4910	27,7	2517	14,2			17725
Участок №22	5178	42,4	6160	50,4			689	5,6	188	1,5	12215
Бакчарское *	-	9,4	-	51,6	-	31,3	-	39,0			
Югинское*	8559	72,5	2219	18,8	342	2,9	1027	8,7	2757	4,3	11805
Чистое	186	9,8	785	41,3			909	47,8			
Рыжиково			22	8,3			244	91,7			266
Кулигино			60	23,1			200	76,9			260
Браггно			110	57,1			83	42,9			193
Глыбино			223	87,5			32	12,5			255
Сайга			956	64,3			591	35,7			1547
Карасевое	3945	52,9	2807	37,6			397	5,3	318	4,3	7467

Тузейга	1208	40,9	1208	40,9			540	18,3			2956
Темное	1254	83,1	77	5,1			128	8,5	51	3,4	1510
Лучай	8060	91,3	640	7,2					128	1,4	8828
Чангарское	16237	86,1	847	4,5					1770	9,4	18854
Суйгинское	3216	88,0	439	12,0							3655
Илиндукское	4742	66,7	2371	33,3							7113
Средняя тайга											
Центральное	1325	30,2	2188	49,2			873	19,6	63	1,4	4449
Березовское	663	27,8	1341	56,2			288	12,1	94	3,9	2386
Колпашевское	750	14,0	2576	47,9			1806	33,6	243	4,5	5375
Ларино	1254	5,7	17236	78,6			3447	15,7	-	-	21937
Дубровка	531	24,3	1241	56,6			354	16,2	65	3,0	2191
Саим		23,8		57,1				15,9		3,2	
Комаровка	2825	58,6	1826	37,8			174	3,6			4825
Полуденовское-2		38,5		40,3				21,2			

\*- данные предшествующих исследований (Прейс, 2001)

2. Для выявления влияния криогенных процессов на стадии заболачивания и определения их абсолютного возраста проведено полевое обследование южнотаежных болот Томской области: Иксинского болота (рис. 1, пункты отбора №1 – 6), на Шегаро-Иксинском водоразделе (57°04' сш; 82°26' в.д.), в Шегарском районе и болото Аргатьюл (рис. Пункт отбора №1), в междуречье р.Улуул и Аргатьюл (57°52'01" с.ш.; 86°08'16" в.д.) в Первомайском районе. Отобрано и проанализировано на ботанический состав и степень разложения 350 проб, определен возраст по <sup>14</sup>C 10-ти проб торфа.

На основании полученных данных и использования ранее разработанной методики поиска и реконструкции палеокриогенных процессов в торфяных отложениях, выявлены проявления криогенных процессов южнотаежной подзоне в периоды похолоданий голоцена около 11300 (11245±190, диагностический признак - последующее разболачивание); 7200 (7180 ± 70 и 7125 ± 210, диагностический признак - мезотрофное заболачивание с последующим разболачиванием); 5100-4800 (5120 ± 90, мезотрофное заболачивание); 4300-3800 (3900±100, олиготрофное заболачивание с последующим разболачиванием, 3710 ± 60, возобновление мезотрофного торфонакопления); 3100-2800 (2640 ± 60, 2610 ± 70, 2490 ± 50, олиготрофное заболачивание в конце похолодания - начале последующего потепления).



Рис. 65. Стратиграфическая колонка торфяных залежей южнотаежных болот: I – Аргатьюл, II - Иксинское

На рис. 65 приведены стратиграфические колонки южнотаежных болот с результатами радиоуглеродного датирования слоев торфа по <sup>14</sup>C, по которым проведена реконструкция влияния криогенных процессов на заболачивание почвогрунтов.

3. Для определения абсолютного возраста последней стадии промерзания болот в среднетаежной подзоне (Ханто-Мансийский автономный округ) отобраны монолиты торфа толщиной 50 и 60 см (рис. 2) на облесенном высоком кедром многолетнемерзлом торфяном бугре (61°29'11"с.ш.; 66°37'06" в.д.) и гряде мезотрофного болота, являющейся,

судя по концентрической форме, обилию *Polytrichum strictum* в моховом покрове из *Sphagnum fuscum* и сильно разложившейся прослойке торфа, основанием деградировавшего многолетнемерзлого бугра ( $60^{\circ}49'39''$  с.ш.;  $63^{\circ}37'48''$  в.д.). Кроме того, получены данные по абсолютному возрасту 2-х проб из ранее изученного разреза многолетнемерзлого торфяного бугра, расположенного в южнотаежной подзоне (Бакчарский район Томской области), в долине правого притока реки Костиha на Бакчаро-Иксинском водоразделе ( $57^{\circ}04'$  с.ш.;  $82^{\circ}26'$  в.д.).

На основании данных датирования по  $^{14}\text{C}$  установлено, что последняя стадия промерзания торфяных отложений с формированием многолетнемерзлых бугров в южнотаежной подзоне имеет абсолютный возраст  $150 \pm 35$  лет (рис.66, I, глубина 25 см), что совпадает с последним периодом похолодания Малого ледникового периода в начале XIX века. При этом, судя по наличию вышелегающей прослойки топяного гипнового торфа, происходила деградация мерзлоты, предположительно в период потепления в 30-е годы XX века, и возобновление промерзания торфяных отложений в более поздний период, предположительно в период похолодания в 60-70-е гг. (проба торфа с глубины 8 см датирована как современная). Кроме того, дополнительное датирование по  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{137}\text{Cs}$  верхних слоев торфа, выявило прекращение торфонакопления также  $150 \pm 70$  лет назад в переходной залежи ранее обследованного олиготрофного топяного болота Альмяково, расположенного в южнотаежной подзоне (Первомайский район Томской области), на террасе р. Чулым ( $57^{\circ}40'54''$  с.ш.;  $85^{\circ}42'19''$  в.д.). Это свидетельствует о том, что формирование многолетней мерзлоты на мелкозалежных участках низинных и переходных торфяных залежей при условии их обсыхания возможно даже при незначительном похолодании климата в будущем.

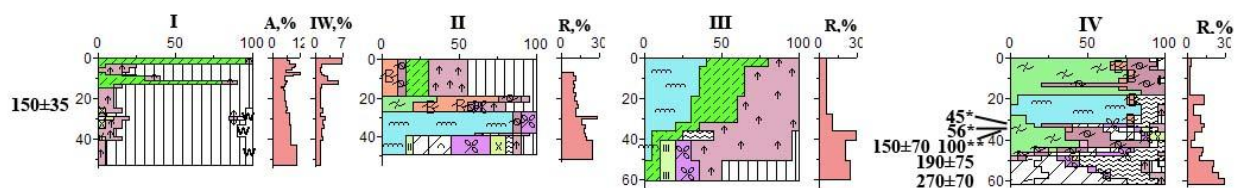


Рис. 66. Стратиграфические колонки торфяных залежей современных и деградировавших многолетнемерзлых бугров, обследованных в 2006-2007 гг.: I - ММБ в долине р. Костиha, II - ММБ и III - гряда на болотах среднетаежной подзоны

Свойства торфа: А – зольность, R – степень разложения, IW – индекс влажности.

Датирование возраста слоя торфа:  $150 \pm 35$  лет – по  $^{14}\text{C}$  (от 1950 г.), 45\* лет назад – по  $^{137}\text{Cs}$  и 100\*\* лет назад – по  $^{210}\text{Pb}$  (от 2006 г.)



### **1.3.3. РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ ПО ПРОГРАММЕ ОТДЕЛЕНИЯ НАУК О ЗЕМЛЕ РАН**

**Программа 7.3 «Техногенное преобразование недр Земли: развитие теоретических основ эффективного использования и сохранения георесурсов».**

**Проект 7.3.1 «Обоснование путей повышения эффективности и экологической безопасности открытой добычи твердых полезных ископаемых»**

К концу девяностых годов прошлого столетия довольно четко определилось и стало интенсивно развиваться новое направление изучения горного массива – экологическая геофизика. Оно охватывает широкую проблематику исследований - от очагов нарушения экологической и инженерной устойчивости в зонах активизации экзогенных геологических процессов (карст, оползни, выбросы угля и газа в геодинамических зонах и др.) до случаев техногенеза (термокарст, деформации поверхности в зонах горных подработок, подтопление массива техническими водами, нефтезагрязнения пр.).

Общая тенденция нового направления – это смещение акцентов в сторону оперативной оценки, контроля и прогноза экологической и инженерной устойчивости грунтов; большей детальности и прецизионности при сборе полевых результатов и их интерпретации в комплексе с базами данных геоинформационных систем (ГИС), разработка принципиально новых геофизических технологий. Естественно, что в этой связи все более широкое применение находят радиоволновые методы, основанные на регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Первые работы по использованию ЕИЭМПЗ в технологии геофизических исследований в нашем коллективе послужила гипотеза профессора Томского политехнического университета А.А. Воробьева о подземной грозе, высказанная им в конце 60-годов прошлого столетия [Воробьев 1970].

Импульсы электромагнитного поля, несущие информацию о строении земной коры и используемые в данном способе, возникают в массивах горных пород вследствие естественного, постоянно существующего геодинамического и приливного движения земной коры. Процессы механоэлектрических преобразований энергии, вызванные этим движением, сопровождаются потоком электромагнитных импульсов, интенсивность и амплитудно-частотный состав которого определяется структурным и литологическим строением подстилающих пород, их напряженно-деформированным состоянием.

При постановке этих работ предполагалось, что процессы механоэлектрических преобразований энергии (независимо от способов их возбуждения) будут усиливаться, прежде всего, в зонах, где имеются значительные нарушения земной коры в виде геологических разломов, разрывных нарушений, на границах разнородных и разно напряженных пород. Пространственные вариации импульсных электромагнитных полей, в этом случае, должны отражать строение земной коры, что и предполагалось положить в основу разрабатываемых методов, оценки напряженно-деформированного состояния массивов горных пород.

В данном отчете представлены результаты применения разработанных в группе методов и средств для оценки напряженно-деформированного состояния оползневого склона правого берега реки Кама в районе магистрального газопровода Ужгородского коридора.

Так как решение поставленной задачи было основано на использовании естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), то при постановке этих работ необходимо было: усовершенствовать работу имеющейся аппаратуры, проверить ее работоспособность в полевых условиях и создать задел для расширения функциональных возможностей предлагаемого метода.

## 1. Многоканальный геофизический регистратор для маршрутных измерений.

На основании многолетних исследований временных вариаций естественного импульсного электромагнитного поля Земли, в ИМКЭС СО РАН, было сформулировано техническое задание и совместно с ООО «Сибаналитприбор», при финансовой поддержке фонда Бортника, разработана конструкторская документация и выпущена малая серия многоканального геофизического регистратора «МГР-01», внешний вид которого представлен на фото. 1. Регистратор успешно прошел метрологические испытания, получен сертификат, а сам «МГР-01» зарегистрирован как средство измерения в Государственном реестре РФ.



Многоканальный геофизический регистратор МГР-01 предназначен для использования в качестве стационарной районной станции наблюдения за параметрами ЕИ-ЭМПЗ при решении задачи оперативного прогноза землетрясений, либо в качестве полевой маршрутной аппаратуры для поиска структурных неоднородностей земной коры, при разведке месторождений полезных ископаемых, оценке напряженно-деформированного состояния горных массивов. Поставленные задачи решаются как путем измерения и анализа параметров ЕИЭМПЗ, так и путем измерения поля, возникающего при искусственной активизации земной поверхности ударом или взрывом. Регистратор состоит из блока сбора и предварительной обработки аналоговых сигналов, датчиков регистрации магнитной и электрической составляющей ЕИЭМПЗ. Работа регистратора осуществляется под управлением нескольких программируемых микроконтроллеров, предварительные результаты хранятся в энергонезависимой памяти и в автономном режиме «МГР-01» может работать не менее 28 часов.

Программное обеспечение регистратора позволяет устанавливать параметры регистрации ЕИЭМПЗ и переводить прибор в режим регистрации. Это программное обеспечение удовлетворяет требованиям работы регистратора в качестве стационарной районной станции наблюдения, работающей в режиме мониторинга. Но для маршрутных измерений данная программа неудобна по следующим причинам. Для выполнения маршрутных измерений нужно установить параметры регистрации и перевести устройство в режим измерения. Далее, не выключая регистратор, оператор двигается по точкам намеченного профиля. При этом регистрируется, как полезная информация, зарегистрированная на точке измерения, так и бесполезная, которая регистрируется во время перехода от точки к точке и оператору нужно на бумаге записать время установки датчиков на точке, т. е. зафиксировать время начала и окончания измерения. В связи с этим сделаны усовершенствования, которые существенно упрощают эксплуатацию регистратора и исключают субъективные ошибки в работе оператора.

В «МГР-01» внесены следующие доработки: добавлена кнопка запуска регистрации, сам процесс регистрации сопровождается звуковым сигналом, модернизировано программное обеспечение в микроконтроллерах и статистической обработки полученных результатов.

В программное обеспечение добавлен ряд команд, которые позволяют определить количество точек регистрации на профиле и продолжительность регистрации на одной точке. Так же изменена структура хранения данных в памяти регистратора. Теперь, с помощью нового программного обеспечения, можно получить не один файл данных, а такое количество файлов, которое соответствует количеству пройденных точек.

Работа оператора на маршруте заключается в следующем. Перед прохождением профиля устанавливаются параметры регистрации, а так же время регистрации на одной точке. Прибор рассчитывает, сколько точек может поместиться в его памяти. После этого регистратор можно выключить и отправляться на первую точку профиля. На точке прибор включается и нажимается кнопка запуска регистрации. При этом регистратор переходит в

режим измерения ЕИЭМПЗ, который сопровождается звуковым сигналом, фиксирует время запуска процесса регистрации и сохраняет данные во внутренней памяти. После истечения заданного времени регистрации генерация звуковых сигналов прекращается и прибор можно выключать и переходить на следующую точку.

Следует отметить, что данное усовершенствование регистратора позволяет увеличить энергоресурс аккумуляторной батареи, что напрямую отражается на продолжительности работы регистратора. Память регистратора не расходуется на регистрацию бесполезной информации, следовательно можно сохранять больше точек измерений.

Для статистической обработки информации разработан и создан дружественный интерфейс, позволяющий оперативно получать результаты маршрутных измерений. Суть исследований пространственных вариаций ЕИЭМПЗ, заключается в том, что ведется сравнение параметров сигнала, полученного с маршрутной станции и станций, работающих в режиме мониторинга, расположенных в местах с известной геологией (репер). Причем реперных станций может быть несколько. Программное обеспечение позволяет в автоматическом режиме выбрать те отрезки времени, когда работала маршрутная станция и показать результаты измерений реперных станций в то же время. Алгоритм сравнительного анализа выбирается оператором, а результаты обработки позволяют представить их в виде двумерной карты с привязкой к географическим координатам.

В заключении следует отметить, что создание данного программно-аппаратного комплекса позволяет в несколько раз увеличить производительность проведения полевых измерений, исключить субъективные ошибки в работе оператора, а следовательно повысить достоверность получаемых результатов.

## **2. Оценка активности оползневых процессов методами регистрации ЕИЭМПЗ**

Применение методов регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) при решении задач инженерной геологии и, в частности, оценки оползневых процессов было предложено сравнительно давно сотрудниками Томского политехнического института и Симферопольского Института минеральных ресурсов. Однако до настоящего времени этот метод не нашел широкого применения в мировой практике. Главная причина – наличие в регистрируемом сигнале импульсов различного, до конца, не выясненного происхождения, в том числе и многочисленных импульсов, не несущих информацию об объекте контроля. Это, прежде всего, атмосферерики – импульсы приходящие из центров тропических гроз и атмосферные импульсы местной грозовой активности. Естественно, что такие импульсы, возникающие в атмосфере за десятки и тысячи километров от места проведения работ, никоим образом не связаны с напряженно-деформированным состоянием (НДС) оползневого склона и при решении данной задачи являются помехой.

Помехой будут являться и импульсы, генерируемые мощными геологическими и структурными неоднородностями земной коры, находящимися за пределами объекта исследований. Это могут быть трансконтинентальные и континентальные разломы, импульсы от которых регистрируются на удалении нескольких десятков километров. Крупные региональные разломы, разрывные нарушения и трещины могут являться источниками помех даже при их удаленности до нескольких километров и сотен метров. Источниками техногенных помех могут являться высоковольтные линии электропередач, радиопередающие устройства и многое другое.

Как показывают наши исследования, более 80% регистрируемых импульсов являются «внешними», генерируются источниками, достаточно удаленными от точки измерения и не несут информацию о геофизических процессах на обследуемой территории. Устранить трудности с выделением «полезной» информации пытаются различными способами: повышением чувствительности аппаратуры, увеличением числа повторных замеров по одному и тому же профилю, периодическим возвращением на некоторые «опорные» точки и др. Однако такие способы либо слишком трудоемки, либо не достаточно эффективны.

В разработанном нами способе пространственных измерений параметров естественного импульсного электромагнитного поля Земли, реализованном в многоканальном геофизическом регистраторе «МГР-01», используется специальная очистка сигнала от шумов природного и техногенного происхождения. Сортировка импульсов по территориальному происхождению и удаление шумовой составляющей полей осуществляется несколькими способами, как на стадии регистрации, так и на стадии статистической обработки полученных результатов:

- использованием системы разнесенных в пространстве реперных и маршрутных станций измерения;
- способом расположения и ориентацией приемников поля;
- настройкой станций на оптимальную чувствительность;
- усилением и фильтрацией сигнала в оптимальном диапазоне частот;
- удалением шумовых составляющих полей, создаваемых техногенными источниками и природными процессами, на стадии обработки полученной информации;

На рис. 67 в качестве примера приведены результаты площадных измерений параметров естественного импульсного электромагнитного поля земли на оползневом склоне в районе перехода магистрального газопровода через р. Кама. Слева на рисунке показан вид местности в районе работ, а справа результаты измерений напряженно-деформированного состояния берегового склона, рассчитанные по результатам измерений ЕИЭМПЗ.

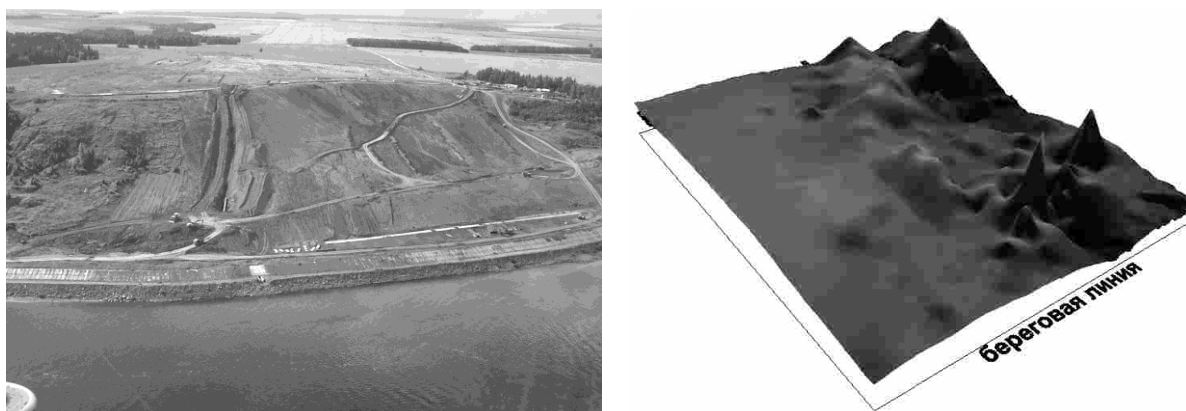


Рис. 67 Вид местности на переходе магистрального газопровода через р. Кама (слева) и результаты оценки НДС этой территории ЕИЭМПЗ-методом (справа).

Напряжения растяжения на объемном правом рисунке представлены в относительных единицах в виде «возвышенностей», а напряжения сжатия в виде «впадин».

Выполненные исследования показали принципиальную возможность предложенного способа и аппаратуры не только для оценки величины, знака и направления механических напряжений в грунтах на оползневых склонах, но и возможность мониторинга развития напряженно-деформированного состояния территории, контроля активности оползневых процессов в масштабе реального времени.

Правильное применение методов ЕИЭМПЗ и использование системы разнесенных в пространстве станций обеспечивает высокоточные, хорошо воспроизводимые результаты, отражающие активность геодинамических склоновых процессов с высокой достоверностью.

Применение методов регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли позволяет выявлять в структуре склона зоны повышенной и пониженной активности оползневых процессов, зоны растяжения и относительного сжатия, пространственную ориентацию напряжений.

### 3. Устройство для векторного анализа сигналов ЕИЭМПЗ

Толчком к постановке исследований естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), послужила гипотеза профессора Томского политехнического университета А.А. Воробьева о подземной грозе, высказанная им в конце 60-годов. Были предприняты попытки обнаружения электромагнитных импульсов, которые должны сопровождать электрические разряды в земле накануне землетрясения. Уже первые экспедиции в сейсмоактивные районы подтвердили существование электромагнитных предвестников землетрясений.

В последующие годы широко обсуждаются и разрабатываются методы прогноза стихийных природных явлений, основанных на регистрации импульсов ЕИЭМПЗ, возникающих в горных породах при их разрушении. Эти работы, начатые в Томском политехническом институте под руководством профессора А.А. Воробьева, постепенно получили признание и начали интенсивно разрабатываться в ведущих научных учреждениях России и за рубежом. Чрезвычайно высокая проникающая способность электромагнитных полей делает перспективными эти методы для наблюдения за процессами разрушения в горных массивах.

Патентный поиск позволил сформулировать общие недостатки аппаратуры по регистрации ЕИЭМПЗ, которые тормозят фундаментальные исследования и широкое использование в прикладной области. В частности, нет аппаратуры для векторного анализа сигналов ЕИЭМПЗ, в основном регистрируется импульсный поток и в некоторых случаях амплитуда. Именно по этой причине было принято решение создать макет по исследованию вопроса пеленгации сигналов ЕИЭМПЗ. За основу выбран многоканальный геофизический регистратор «МГР-01», зарегистрированный в Государственном реестре, как средство измерения и позволяющий регистрировать сигналы двумя перпендикулярно ориентированными ферритовыми антеннами по двум независимым каналам. В качестве решающего устройства в канале стоит пороговая система, построенная на базе аналогового компаратора. Чтобы определить направление прихода сигналов, необходимо регистрировать их *одновременно* по двум направлениям, что не позволяют независимые пороговые системы Н-каналов в «МГР-01». Для синхронизации работы каналов были проведены некоторые схемотехнические решения и внесены изменения в алгоритм программного обеспечения.

Для проверки работоспособности созданного устройства, использовался макет стандартного магнитного поля (кольца Гельмгольца). Поместив, антенный блок в кольца и поворачивая его по азимуту, регистрировали показания прибора с обоих каналов, в виде осциллограмм.

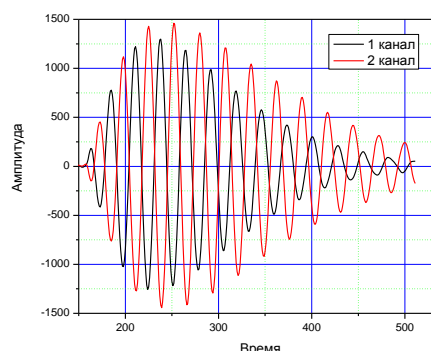
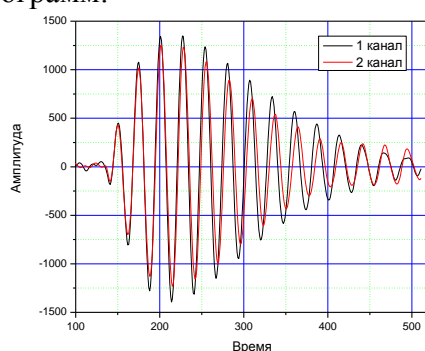


Рис. 68. Осциллограммы сигналов при  $\alpha=45^\circ$  Рис. 69– Осциллограммы сигналов при  $\alpha=135^\circ$

Полученные осциллограммы, приведены на рис. 69 ( $\alpha$  – угол поворота антенного блока относительно колец, т.е. вектора поля). Из рис. 68 видно, что амплитуды сигналов с обоих каналов равны и разница фаз равна  $0^\circ$ , т.е. поле дает одинаковую реакцию на две антенны и вектор поля составляет  $45^\circ$ . На рис. 69 отчетливо видно, что сигналы в противофазе и это соответствует направлению вектора в  $135^\circ$ .

Точность определения фазового сдвига определяется частотой дискретизации АЦП. Экспериментальным путем было установлено, что фазовый сдвиг на один отсчет

соответствует повороту антенны на  $6.4^\circ$ . Это довольно большая ошибка, поэтому в дополнение к фазовому методу предложено использовать и амплитуду сигналов.

Амплитудный метод отличается простотой реализации и лучшей разрешающей способностью, так как число уровней квантования значительно выше числа временных выборок АЦП. Поэтому окончательно уточняется направление вектора принимаемого поля по формуле:

$$\alpha = \sin\left(\frac{A_1}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}}\right).$$

Полевые испытания созданного макета проводились на метеостанции в Академгородке и на стационаре ИМКЭС СО РАН «Киреевск». На метеостанции антенный блок в начале был сориентирован на север и в течении 30 мин. устройство определяло вектор принимаемого поля, усредненного по 5 мин., затем антенный блок повернули на  $45^\circ$  к западу и измерение продолжалось еще 20 мин. Из рис. 3.3 видно, что азимут принимаемых сигналов в течении первых 30 мин. составляет 25-30 градусов, а после поворота антенного блока значение азимута стало 65-70 градусов.

На стационаре «Киреевск» устройство работало в течении 48 часов и результаты представлены на рис. 3.4, как средние значения азимута принимаемых сигналов ЕИЭМПЗ за каждый час измерений. Видно, что в течении суток угол преимущественного приема сигнала изменяется от  $40^\circ$  до  $70^\circ$

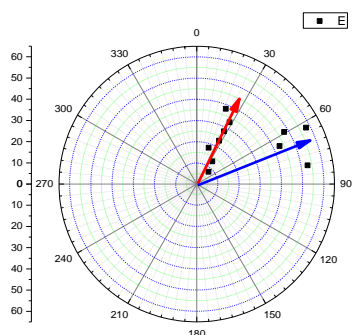


Рис. 70. Результаты на метеостанции.

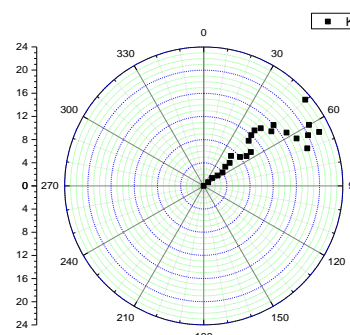


Рис. 71. Результаты испытаний в «Киреевск»

Созданный комплекс позволит более глубоко понять природу сигналов ЕИЭМПЗ и даст толчок к расширению практического использования методов в сейсмологии, геофизике и других областях народного хозяйства.

### Заключение

Модифицирован многоканальный геофизический регистратор «МГР-1», позволяющий проводить площадные измерения вариаций ЕИЭМПЗ, что создает возможность использования его для отработки новых геофизических методов оценки НДС горных массивов и поиска полезных ископаемых, включая месторождений углеводородов.

Приведенные выше результаты исследований, выполненных на оползневом склоне, показали возможность оценки напряженно-деформированного состояния массивов горных пород методами регистрации ЕИЭМПЗ. Многократной проверкой с применением повторных измерений через некоторый промежуток времени, синхронными измерениями несколькими станциями, сравнением полученных результатов с традиционными методами контроля оползневых процессов показано, что правильное применение методов ЕИЭМПЗ дает высокоточные, хорошо воспроизводимые результаты, отражающие активность геодинамических склоновых процессов с высокой достоверностью.

Применение методов регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли позволяет выявлять в структуре склона зоны повышенной и пониженной ак-



тивности оползневых процессов, зоны растяжения и относительного сжатия, пространственную ориентацию напряжений.

Векторный анализ параметров сигналов позволит сформулировать модель источников ЕИЭМПЗ.

#### ***1.3.4. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ФЦНТП "ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ РАЗВИТИЯ НАУЧНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ" на 2007 - 2012 годы»***

**Проект: «Научно-методическое и научно-организационное обеспечение проведения Международной конференции и школы молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “СITES-2007” Томск, Россия, 14-25 июля 2007 года»**

В ходе работ по Государственному контракту №02.517.11.9011 выполнено научно-методическое обеспечение проведения Международной конференции и школы молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “СITES-2007”.

Осуществлено оповещение научных организаций и высших учебных заведений Российской Федерации и зарубежных стран, молодых ученых и молодых преподавателей о проведении Международной конференции и школы молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “СITES-2007” и об условиях участия в ней молодых ученых и молодых преподавателей.

Проведен конкурс научно-исследовательских работ, выполняемых российскими молодыми учеными. На конкурс поступило 120 заявок молодых ученых. Конкурсной комиссией было отобрано 15 заявок для финансирования ИМКЭС СО РАН из средств Министерства образования и науки РФ. Заключено 15 договоров на выполнение указанных научно-исследовательских работ с 8 организациями из 5 городов России, направляющими молодых ученых для участия в школе.

Проведена оплата этим организациям их необходимых обоснованных расходов. Суммарная стоимость заключенных договоров составила 225000 рублей. Двадцать (20) проектов молодых ученых, набравших меньшее количество баллов, получили поддержку из проекта ЕС Enviromis-2 и проекта APN.

На базе Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и Сибирского центра климато-экологических исследований и образования (Томск, Россия) с 14 по 25 июля 2007 года была проведена Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “СITES-2007”. В ее работе приняли участие 58 молодых ученых (в возрасте до 35 лет), в том числе 50 участников – из России, стран ближнего (8 участников), представлявших 19 научных организаций и 10 высших учебных заведений. В школе участвовало 8 кандидатов наук в возрасте до 35 лет и 1 доктор наук в возрасте до 45 лет. Участие в работе школы молодых ученых было поддержано Министерством образования и науки РФ (15 участников), из средств проекта Enviromis-2 и проекта APN. Научная тематика докладов, представленных молодыми учеными, соответствовала основным тематическим направлениям школы.

Для участников школы была составлена 67-часовая программа обучения, охватывающая широкий спектр фундаментальных и прикладных проблем использования информационных технологий в исследованиях окружающей среды. В ходе работы конференции «СITES-2007» в рамках стендовых сессий в масштабе презентаций были представлены отчеты по результатам НИР, выполненных участниками школы.

Рабочей группой Конкурсной комиссии проведена экспертиза отчетов по НИР, выполненных молодыми учеными и преподавателями – участниками СITES-2007. Полнотекстовые варианты отчетов размещены на сайте школы.

Тщательная научно-методическая и научно-организационная подготовка Международной конференции и школы молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: "СITES-2007" в целом, четкая координация работы оргкомитета и специалистов всех служб обеспечили успешное проведение этих мероприятий. Программа школы выполнена полностью и в соответствии с Техническим заданием и Календарным планом, утвержденными Государственным контрактом №02.517.11.9011.

### 1.3.5. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ГРАНТАМ РФФИ

**Проект РФФИ № 06-04-49065а "Адаптивная структура популяций сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в оптимальных и пессимальных условиях"** Руководитель – С.Н.Велисевич. **Тема 2007 года: "Структура генеративных побегов сосны кедровой сибирской в ценопопуляциях лесоболотного экологического профиля на южной границе равнинной части ареала"**.

На примере 8 экологических групп зрелых генеративных деревьев лесоболотного экологического профиля проведено исследование вегетативного и генеративного морфогенеза побегов сосны кедровой сибирской. Анализ структуры женских побегов (Рис. 2) показал, что основные признаки, характеризующие успешность генеративного развития деревьев (наличие летнего побега; соотношение метамеров весеннего и летнего побегов; активность заложения шишек и их сохранность в процессе созревания), максимальных значений достигают в оптимальных лесорастительных условиях (средняя часть профиля, разнотравные и зеленомошные группы лесов, пробные площади №2, 3 и 4). Минимальное заложение и созревание шишек наблюдается в наиболее заболоченных местообитаниях – в кедровнике осоково-сфагновом (пробная площадь №6) и в сосняке сфагновом (низкий ярам, пробная площадь №8).

Размер и количество пазушных органов мужских побегов максимальных значений достигает у деревьев верхней части профиля и снижается по направлению к болоту. Доля ауксибластов сохраняется практически на одном уровне, а соотношение брахибластов и микростробилов, характеризующее активность генеративных процессов, существенно изменяется в зависимости от условий произрастания (рис. 72). Выраженный сдвиг в генеративную сторону мы наблюдаем у деревьев кедровника кустарничково-зеленомошного (пробная площадь №3), у которых микростробилы составляют более половины от суммы всех органов. Минимальные значения этого признака зафиксированы у деревьев сосняка осоково-сфагнового (пробная площадь №6) и сосняка сфагнового (пробная площадь №8).

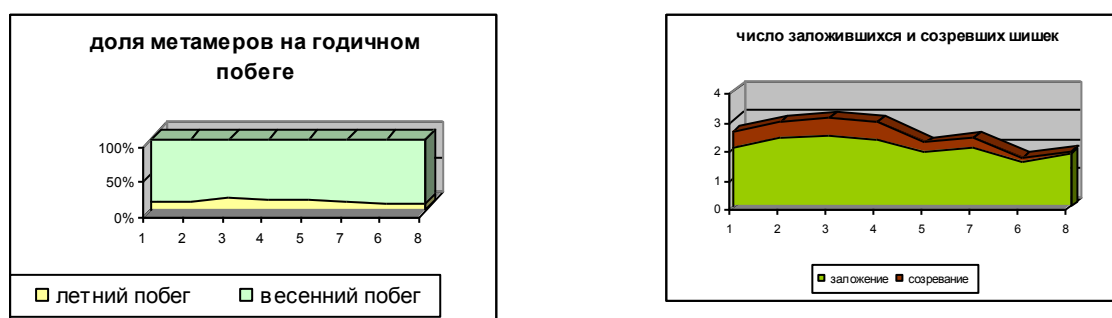


Рис. 72. Структура женских побегов у деревьев лесоболотного экологического профиля. По оси абсцисс – номера пробных площадей, расположенных в порядке увеличения влажности почвы.

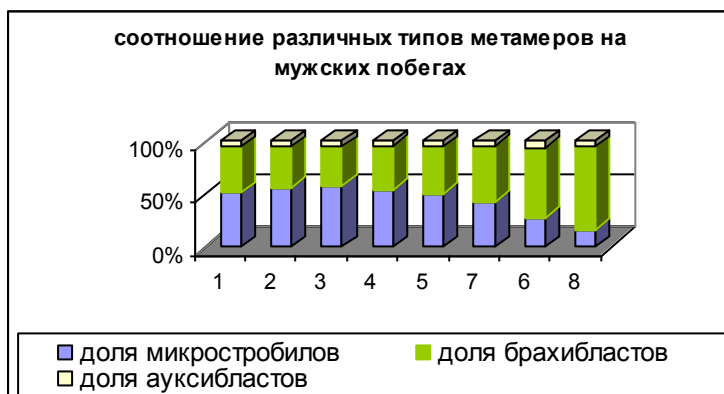


Рис. 73. Структура мужских побегов у деревьев лесоболотного экологического профиля. По оси абсцисс – номера пробных площадей, расположенных в порядке увеличения влажности почвы.

Следует отметить, что сам факт наличия и женских, и мужских генеративных органов на побегах у деревьев в крайней точке в ряду заболачивания – на низком ряме в сосняке сфагновом, представляющем гидроморфную границу распространения сосны кедровой сибирской как вида, свидетельствует об отсутствии стерильной формы на этой границе, в отличие от высотной.

**Проект РФФИ № 07-04-10120к "Организация и проведение экспедиционных исследований адаптивной структуры популяций сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в оптимальных и пессимальных условиях".** Руководитель – С.Н. Велисевич.

Экспедиционные исследования проведены в северной части междуречья Оби и Томи, на правом берегу болота Таган, где был заложен лесоболотный экологический профиль, длиной - 2,2 км (N56°11'369", E84°25'247" - N56°12'171", E84°24'055"; средний угол наклона 11°). Перепад высот между верхней и нижней точками профиля составляет около 40 м. Выделены 8 местообитаний, характеризующих последовательную смену экологических ступеней по градиенту влажности почвы (рис. 74). Комплексная экологическая характеристика местообитаний (рис. 75) дана на основе морфологического описания почв и определения их лесорастительных свойств, анализа напочвенного покрова, таксационной характеристики насаждений.

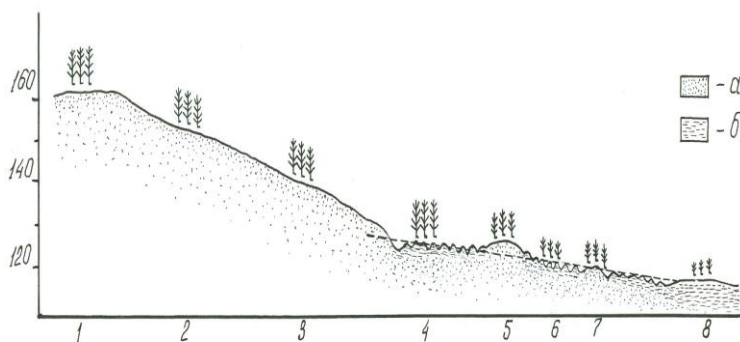


Рис. 74. Схема лесоболотного экологического профиля. По оси абсцисс – номера пробных площадей, по оси ординат – высота над уровнем моря, м. Пунктиром в нижней части профиля отмечен уровень грунтовых вод; а – минеральные почвы, б – сфагновый очес.

Рис. 75. Почвенные условия пробных площадей (номера в квадратах) в системе экологических координат «увлажнение-богатство» по шкале Л.Г. Раменского. По оси абсцисс – ступени увлажнения, по оси ординат – ступени богатства.

Для 250 модельных деревьев дана характеристика размеров ствола, вегетативной и генеративной структуры кроны, взяты образцы кернов для анализа динамики радиального роста и выделения онтогенетических групп деревьев, отобраны ветви для реконструкции динамики женского и мужского цветения, собраны образцы шишек для количественной и

качественной характеристики урожая. Для определения активности дыхания, водного обмена и пигментного состава зафиксированы образцы хвои модельных деревьев.

**Проект РФФИ 07-04-00593а, "Межвидовая гибридизация как фактор сетчатой эволюции азиатских видов 5-хвойных сосен"**, руководитель Горошкевич С.Н.

Известно, что у сосновых хлоропластный геном наследуется по отцовской, митохондриальный – по материнской линии, а ядерный – в равной мере от обоих родителей. В этой связи представляет интерес исследование энергетических процессов (фотосинтеза и дыхания) гибридов в сравнении с родительскими видами. Исследовали прививки кедр сибирского, кедрового стланика и их естественных гибридов из Прибайкалья на местном экотипе кедр сибирского в условиях Научного стационара "Кедр" на юге Томской области. Содержание фотосинтетических пигментов у стланика было значимо больше чем у кедр. Гибриды характеризовались промежуточным пигментным составом. Известно, что первичные реакции фотосинтеза напрямую не связаны с количеством пигментов, а зависят от организации макромолекулярных комплексов на поверхности тилакоидов (Рубин, 1995, Сулачев, Шувалов, 2006). Скорость фотовосстановления феррицианида калия (реакция Хилла) характеризует активность первичных фотохимических процессов фотосинтеза на уровне фотосистемы 2, которая наиболее лабильна по сравнению с фотосистемой I и быстро реагирует на изменение экологических факторов (Зотикова, 2004, Бухов, 2006). По данному параметру исследованные объекты различались между собой, несмотря на то, что они росли в одинаковых почвенно-климатических условиях. Функциональная активность хлоропластов у стланика была всегда выше относительно кедр сибирского. У исследованных гибридов наблюдали большой разброс в активности электрон-транспортных реакций на уровне фотосистемы II. Некоторые гибриды по данному параметру уступали обоим родительским видам, у других скорость реакции Хилла была примерно такая же, как у кедрового стланика. Исследование интенсивности темнового дыхания однолетней хвои показало, что стланик выделяет значительно больше углекислого газа, чем исследованные образцы кедр, что свидетельствует о большей интенсивности дыхания. Во всех случаях эмиссия CO<sub>2</sub> при темновом дыхании в хвое гибридов была выше по сравнению с кедром, но примерно такая же как у стланика (рис. 76). Полученные данные по интенсивности дыхания косвенно свидетельствуют о том, что данные гибриды унаследовали митохондрии от стланика.

Таким образом, проведенное исследование позволяет заключить, что более высокие значения исследованных фотосинтетических и дыхательных параметров у кедрового стланика, по сравнению с кедром сибирским, по-видимому, связаны с более высоким адаптивным потенциалом этого вида, который часто выступает в роли пионера при залесении каменистых склонов и может произрастать в довольно неблагоприятных почвенно-климатических условиях. Наблюдаемые физиологические отличия гибридов, как от родительских видов, так и между собой, вероятно, связаны с физиологическим проявлением индивидуальных генотипических комбинаций.

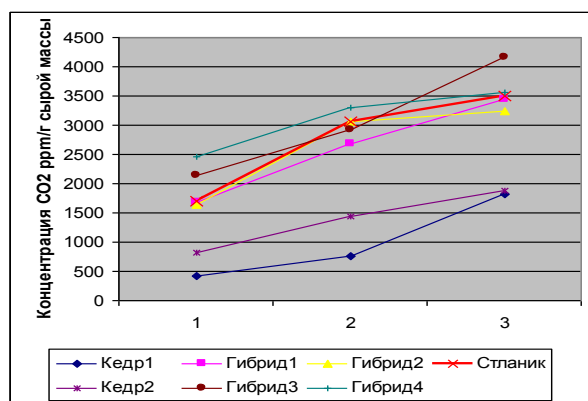


Рис. 76. Скорость эмиссии CO<sub>2</sub> при темновом дыхании хвои кедра сибирского, кедрового стланика и гибридов между ними.

**Проект РФФИ 07-04-10134к "Организация и проведение экспедиционных исследований межвидовой гибридизации как фактора сетчатой эволюции азиатских видов 5-хвойных сосен", руководитель Горошкевич С.Н.**

За счет экспедиционного проекта РФФИ проведена значительная часть работ на опытных объектах в окрестностях г. Томска. Кроме того, осуществлены две экспедиции в область перекрытия ареалов кедрового стланика и кедрового стланика. В дельте Верхней Ангары (Северное Прибайкалье) изучена фенология цветения видов и их естественных гибридов. Ранее методами молекулярной генетики в кооперации с японскими коллегами (проф. Wanano, Tibo University) было установлено, что в этом районе все естественные гибриды имеют митохондриальный геном кедрового стланика и хлоропластный геном кедрового стланика, т.е. происходят от опыления семян кедрового стланика пыльцой кедрового стланика. Фенологические наблюдения 2007 г. позволили объяснить это интересное явление. Оказалось, что у кедрового стланика период вылета пыльцы совпадает с периодом готовности шишек к ее восприятию, а для кедрового стланика характерна ярко выраженная протандрия: период вылета пыльцы, в основном, совпадает с таковым у кедрового стланика, а женские шишки раскрываются значительно (на 3-4 дня) позже. В период, когда шишки кедрового стланика готовы к восприятию пыльцы, в воздухе много пыльцы обоих видов. В период, когда шишки кедрового стланика готовы к восприятию пыльцы, в воздухе мало не только чужой, но даже и своей пыльцы. Поэтому материнским растением при гибридизации всегда выступает кедровый стланик, а отцовским – кедр сибирский. В центральной части Хамар-Дабана (Южное Прибайкалье, долина р. Мамай) проведено маршрутное обследование структуры популяций кедрового стланика и кедрового стланика. По результатам предшествующих исследований считалось, что для южной половины области перекрытия ареалов двух видов характерна высокая встречаемость естественных гибридов. Наблюдения 2007 г. показали, что на встречаемость гибридов большое влияние оказывают локальные климатические условия. Так, северный склон центральной части Хамар-Дабана – одно из самых влажных мест в Сибири (средняя годовая сумма осадков в верхней части лесного пояса – 1500 мм). В районе широко распространен как кедр сибирский, так и кедровый стланик. Но первый вид доминирует лишь в нижней части гор (до высоты 1100 м над уровнем моря), а второй – только в субальпийском поясе (с высоты 1500 м над уровнем моря). Два эти пояса разделены довольно широкой полосой с абсолютным преобладанием пихты сибирской. У двух видов кедровых сосен в этом районе очень мало возможностей для переопыления, поэтому естественные гибриды встречаются очень редко (примерно 1 экземпляр на 10-20 га): это примерно в 100 раз меньше, чем в расположенной неподалеку (130-150 км) северной части Хамар-Дабана.

**Проект РФФИ № 06-04-49328 “Остаточно-гумусовые органо-аккумулятивные почвы таежной зоны: география, генезис классификация”**, руководитель Дюкарев А.Г.

В южной части таежной зоны Западной Сибири в пределах Васюганской равнины исследован широкий спектр почв со сложным строением гумусового профиля, являющихся индикатором преобразований почвенного покрова в голоцене и современного гидроморфизма. Почвы распространены на территориях, где изменения зональных границ в голоцене были максимальны, а современные погодные условия отличаются высокой динамичностью. В Западной Сибири наибольшее разнообразие типов почв с остаточно-гумусовыми (вторыми гумусовыми) горизонтами приурочено к центральной части Обь-Иртышского междуречья. Наши исследования выявили, что органо-аккумулятивные почвы со сложным строением гумусового профиля формируются на относительно невысоких плоских поверхностях. В современном ландшафте, через систему слабо выраженных в рельефе понижений, они испытывают подтопление со стороны болотных массивов, занимающих центральные части междуречий.

Исследования региональной специфики почв, основанные на современной диагностике почв, позволили выявить разнообразие сочетаний в профилях морфологических форм гумусово-аккумулятивного, элювиального и гидроморфного типов почвообразования. Общими признаками в ряду исследованных почв являются: реликтовые гумусовые горизонты (A[hh]) разной степени сохранности и унаследованная от почвообразующих пород карбонатность.

Обобщенная схема строения органо-аккумулятивных остаточно-гумусовых почв включает следующие диагностические горизонты: Aw + AY + AU (A[hh]) + B (Bm) + Bca + Cca. Ряд почв гидроморфного направления трансформации характеризуется накоплением на поверхности перегнойных (H) или торфяно-перегнойных (TH) горизонтов и формированием метаморфического горизонта (Bm) в центральной части профиля. Органо-аккумулятивные почвы элювиального ряда отличаются подвижностью гумуса и формированием оподзоленных (AEL) и иллювиально-гумусовых (Bih) горизонтов.

Почвы формируются на карбонатных глинах, слабо выщелочены, слабо дифференцированы по гранулометрическому составу, хорошо оструктурены. Содержание свободного ила не превышает 5 % от общего количества. Отмечена высокая контрастность органо-аккумулятивных почв по кислотно-щелочным свойствам (рис. 77): кислая реакция в подподстилочных горизонтах, нейтральная в гумусовых и слабощелочная в подгумусовой части. Специфической особенностью почв является присутствие в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) одновалентных катионов K и Na. Даже незначительное содержание (2-4 % от ППК) приводит к проявлению процессов слитизации гумусового горизонта при переменном увлажнении и потечности гумуса, ухудшает технологические свойства почв.

Содержание гумуса в верхней части гумусового профиля достигает 8 %, в темно-гумусовом горизонте варьирует от 4 до 6 %, а в серогумусовом – 2-4 %. Остаточно-гумусовые горизонты, несмотря на темную окраску, редко содержат более 2 % гумуса. В современных серогумусовых горизонтах отношения C<sub>гк</sub>:C<sub>фк</sub> в пределах 1.4-1.6, увеличиваются до 1.6-2.1 в темногумусовых горизонтах, в остаточно-гумусовых имеют более высокие значения 1.9–2.6. Различия в качественном составе органического вещества показывает формирование горизонтов в разных палеогеографических условиях.



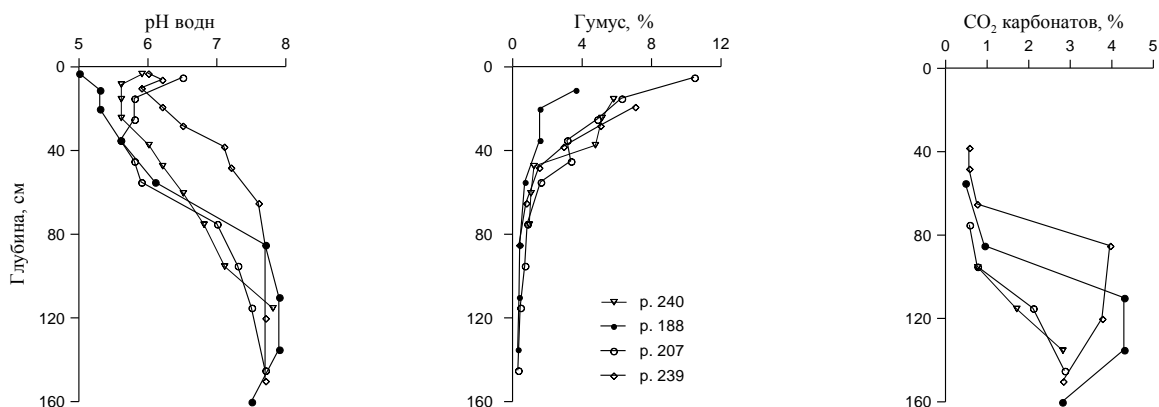


Рис. 77. Свойства органо-аккумулятивных остаточно-гумусовых почв южной тайги Западной Сибири.

**Проект РФФИ № 05-05-64182а «Формирование горно-долинных озерных бассейнов в Алтае-Саянской горной области вследствие неотектонических перекосов поверхности».**

Руководитель Поздняков А.В.

Изучались механизмы формирования бесплотинных горно-долинных озерных бассейнов вследствие неотектонических перекосов блоков земной коры в Алтае-Саянской горной области; геоморфологические последствия медленного и катастрофически быстрого спуска озер. Проводилось также аналитическое сопоставление различных типов грядовых русловых форм, образующихся в экспериментальном русле, с грядовым рельефом, установленным на террасах и аккумулятивных равнинах в бассейне р. Катунь и Верхнего Енисея. В результате проведенных исследований выявлено три участка: Ороктойско-Эдиганский, Чемальский и Манжерокский, на которые проведено картирование озерных отложений с детальным описанием литологического состава, мощности и границ распространения, условий аккумуляции. Составлены карты геоморфотектоники на территорию Алтае-Саянской горной области в м-бе 1:500000.

**Грант РФФИ № 06-02-96911/офи «Создание физико-химических и технологических основ получения и управления свойствами оптических монокристаллов многокомпонентных соединений для источников лазерного излучения ИК и субмиллиметрового (Терагерцевого) диапазонов».** Руководитель: Грибенюков А.И.

В рамках проекта в 2007 году выполнены следующие работы:

1. На базе прецизионно управляемого термического оборудования (вертикальная установка для выращивания кристаллов по Бриджмену - ПВБ) начаты исследования влияния динамических параметров теплового поля вблизи кристаллизационной зоны рабочего объема установки на процессы трещинообразования в зависимости от ориентации затравочных кристаллов и состава конденсата, формирующего паровую фазу над расплавом ZnGeP<sub>2</sub> (Ответственный исполнитель – главный технолог, к.ф.-м.н. Гинсар В.Е.)

Показано, что прецизионное и с высоким пространственным разрешением управление тепловыми потоками в рабочем пространстве установки позволяет реализовать непрерывную настройку режимов работы установки на оптимальные условия роста кристаллов и обеспечить получение кристаллов диаметром 30 мм без трещин.

2. Проведена конструкторская проработка компоновки новой установки для выращивания монокристаллов с контролем термического состояния газовой и твердой фаз, и управляемой динамикой жидкой фазы. Проведены конструкторские работы по термическим блокам и оснастке для их изготовления.

3. Разработан пакет базового программного обеспечения (Разработчик – программист 1 категории Лебедев И.Н.).

4. В кооперации с сотрудниками других организаций (Институт физики полупроводников СО РАН, г. Новосибирск, проф. Е.М. Труханов; Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, к.ф.м.н. А.О. Окунев; НОЦ ТГУ, г. Томск, проф. Найден Е.П.) проведен предварительный цикл исследований реальной структуры дефектов в монокристаллах  $ZnGeP_2$  с различной степенью технологической проработки – в состоянии «после роста», после отжига и облученных высокоэнергичными электронами. Использовались следующие методы исследований: рентгеновская топография на просвет и на отражение, сканирующая электронная микроскопия и микроанализ, измерения параметров решетки и съемка кривых качания. (Ответственный исполнитель – ст.н.с., к.т.н. Верозубова Г.А.).

Проведенные исследования показали, что выращенные монокристаллы имеют хорошее структурное качество. Вместе с тем топографические исследования обнаруживают различные типы дефектов: полосы роста, дислокации, и включения второй фазы. В ранее проведенных исследованиях большое число дислокаций обнаруживалось только на границах между блоками с разной ориентацией и предполагалось, что в кристаллах  $ZnGeP_2$  слабо выраженная дислокационная структура связана с существованием альтернативного механизма компенсации термомеханических напряжений – наличием амфотерного элемента (Ge) в составе соединения, замещающего, при необходимости, атомы цинка (при напряжениях сжатия) или фосфора (в случае напряжений растяжения). Прецизионные измерения параметров решетки кристаллов  $ZnGeP_2$  обнаруживают их зависимость от отжига, при котором параметры решетки возрастают, и противоположную зависимость в результате радиационного воздействия, при котором параметры кристаллической решетки уменьшаются.

5. В кооперации с сотрудниками ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров) найден способ подавления эффекта интерференции высокоинтенсивных пучков излучения накачки в нелинейных элементах, изготовленных из монокристаллов  $ZnGeP_2$ .

**Грант РФФИ № 06-05-96945/офи «Геоинформационные технологии пространственной локации и мониторинга структурных неоднородностей литосферы».** Руководитель: Крутиков В.А.

В рамках проекта решалась задача апробирования нового метода геофизической разведки поиска и доразведки месторождений углеводородов, разработанного в Институте. Решение поставленной задачи было основано на использовании нового принципа и аппаратуры, а именно на регистрации естественного импульсного электро-магнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), при этом решались следующие задачи: 1. Возможно ли выделение в структуре ЕИЭМПЗ импульсов местного происхождения, связанных с геофизическим строением земной коры непосредственно в пункте регистрации сигнала. 2. Какова воспроизводимость полученных пространственных вариаций. 3. При каких параметрах усилительных трактов достигается более высокая чувствительность метода к геофизическим неоднородностям и лучшая воспроизводимость результатов. 4. Оптимальная длительность измерений и число замеров на одной физической точке достаточные для удаления временных вариаций ЕИЭМПЗ с необходимой точностью. 5. Разработка научно-технических рекомендаций по дальнейшему усовершенствованию предлагаемого метода и аппаратуры геофизической разведки. Выполненные исследования показали принципиальную возможность использования методов регистрации пространственно-временных вариаций литосферной составляющей ЕИЭМПЗ для решения нескольких практически значимых задач. Это, прежде всего, использование метода ЕИЭМПЗ для поиска и картирования геофизических аномалий, связанных со структурно литологическими неоднородностями земной коры. Важным практическим аспектом может стать использование этого метода для оценки напряженно-деформированного состояния массивов горных пород в условиях их естественного залегания. Применение предлагаемого метода позволяет производить не только оценку величины, знака и направления механических напряжений в грунтах на оползне-

вых склонах, но и возможность мониторинга развития напряженно-деформированного состояния территории в масштабе реального времени.

Правильное применение методов ЕИЭМПЗ и использование системы разнесенных в пространстве станций обеспечивает высокоточные, хорошо воспроизводимые результаты, отражающие геофизические свойства земной коры, активность протекающих геодинамических процессов с высокой достоверностью. Разработано программное обеспечение прототипа ГИС для пространственно-временного анализа данных. Проведена апробация прототипа ГИС, показавшая его высокую эффективность при решении задачи пространственной локализации и мониторинга состояния литосферных неоднородностей и аномалий.

**Грант РФФИ 05-05-98010/р «Экспериментальные и модельные исследования состояния городской воздушной среды с использованием комплексной системы мониторинга и прогноза качества воздуха».** Руководитель: Гордов Е.П.

В ходе выполнения проекта мезомасштабные метеорологические модели MM5 и WRF интегрированы в создаваемую информационно-вычислительную систему мониторинга и прогноза качества воздуха и использованы для вычисления полей метеорологических характеристик необходимых для анализа переноса и химических трансформаций загрязняющих городскую атмосферу выбросов. Произведена инсталляция и тестирование известных информационно-прогностических систем CMAQ и CAMx, предназначенных для моделирования процессов эволюции загрязняющих веществ и их осаждения с учетом химических превращений. Тестирование моделей выполнено для условий Западной Сибири. Создано программное обеспечение для использования результатов исследования и прогноза погоды по мезомасштабной модели MM5 в системе моделирования химической погоды над индустриальным центром, разработанной в ТГУ-ИОА.

При поддержке ОГУ Облкомприрода из тома Предельно-допустимых выбросов (ПДВ) была сделана выборка предприятий города – основных источниках выбросов загрязнений в атмосферу. Проведено уточнение данных по движению транспорта в черте города и на этой основе уточнены характеристики линейных источников выбросов в атмосферу. На этой основе был подготовлен файл для использования данных о выбросах в вычислительных моделях переноса и трансформации загрязнений городской атмосферы. Выполнены измерения концентраций основных загрязнителей городской атмосферы и проведены наблюдения загрузки городской дорожной сети, полученные данные использованы при тестировании моделей химической погоды. Полученные результаты использованы для совместного анализа типичных экстремальных ситуаций химической погоды в городе на основе данных наблюдений и результатов моделирования. В частности, выявлены типичные метеорологические условия, способствующие экстремальным накоплениям в атмосфере города загрязняющих ее примесей.

Выполнено моделирование химической погоды в городе Томске для типичных для разных сезонов метеорологических условий 2000-2006 гг. Разработана веб-система для визуализации и анализа, на основе GrADS, полей концентраций примесей в городской атмосфере. Выявлены городские территории, подвергающиеся максимальной нагрузке в периоды экстремальных накоплений примесей в атмосфере. На основе разработанной в Датском метеорологическом институте системы DERMA базирующейся на моделях химической трансформации и переноса загрязняющих газовых примесей, апробированных в ходе выполнения проекта 5-ой рамочной программы ЕС FUMAPEX, выполнены расчеты долговременного атмосферного переноса примесей, включая радионуклиды. Результаты работы переданы в ОГУ Облкомприрода для решения вопроса об их дальнейшем практическом применении.

**Грант РФФИ 05-07-98009/р «Создание базы данных об экологическом состоянии Томского региона с использованием новых математических моделей годичных колец деревьев как биоиндикаторов».** Руководитель: Тартаковский В.А.

Разработано программное обеспечение ориентированное на последние достижения в IT-индустрии. В качестве системного решения использована технология управления ресурсами распределенных систем, называемая grid-технология. Анализ проблем в области дендрозкологии показывает необходимость разработки такого их информационного и программного обеспечения, которое бы поддерживало разделение и согласованное использование разнообразных территориально и организационно распределённых ресурсов с обеспечением требуемого качества обслуживания.

Сложившиеся научные школы в обработке дендрозкологических данных могут быть объединены в рамках специализированных вычислительных сегментов, которые включают вычислительные серверы для решения их функциональных задач. Для обеспечения возможности включения функциональных задач в пул информационно-вычислительных ресурсов необходимо, чтобы они имели единый интерфейс для связи с коммуникационным сервером.

Стратегия разработки архитектуры многомашинного вычислительного комплекса обработки дендрозкологических данных направлена на обеспечение возможности управления его ресурсами не как совокупностью компьютеров, а как набором информационных сервисов, каждый из которых использует определенный объем ресурсов. При таком управлении виртуализируются три основных технических ресурса, на которых и строится высокопроизводительный многомашинный комплекс обработки дендрозкологических данных (вычислительные серверы, серверы баз данных и глобальные коммуникации). Таким образом, не только технические, но программные ресурсы объединяются в единый виртуальный компьютер, а затем предоставляются в виде информационных сервисов исследователям. Такая стратегия разработки архитектуры комплекса уменьшает сложность при создании инфраструктур и сервисов, поддерживающих обработку дендрозкологических данных, сокращает время подготовки данных и инициализации функциональных задач, повышает уровень эффективности использования как технических, так и программных ресурсов.

В соответствии с принятой стратегией разработки архитектуры комплекса и разработана обобщённая функциональная структура многомашинного вычислительного комплекса обработки дендрозкологических данных - виртуальный центр обработки дендрозкологических данных, включающий вычислительные серверы, коммуникационный сервер и сервер баз данных. Для обеспечения функционирования виртуального центра были разработаны: алгоритм функционирования коммуникационного сервера, алгоритм функционирования менеджера баз данных, алгоритм динамического определения реального времени отклика вычислительных серверов, алгоритм контроля и разграничения прав доступа к информационно-вычислительным ресурсам комплекса. Была проведена оптимизация SQL-запросов, разработаны подсистема инструментальных средств администратора виртуального центра и интерфейсные средства пользователей виртуального центра.

Через компьютер с пользовательским интерфейсом осуществляется доступ к ресурсам виртуального центра обработки дендрозкологических данных. Пользователь входит в систему, выбирает grid-ресурсы, устанавливает свое задание на выполнение, получает вывод приложения, перемещает данные. С сервера конфигурации осуществляется полуавтоматическая установка и конфигурация (как первоначальная, так и вторичная) всех элементов управления базового уровня. Вычислительный элемент является основной рабочей точкой на локальном сайте. Этот узел обеспечивает единый интерфейс нижележащих вычислительных ресурсов. В его функции входит прием заданий, распределение их на выполнение, возвращение результатов работы. На нем же может быть расположена локальная система управления заданиями, которая работает с рабочими узлами. Рабочие узлы находятся за вычислительным элементом, на них осуществляется выполнение пользовательских вычислительных заданий. На практике сайт содержит несколько рабочих узлов. Элемент хранения данных обеспечивает единый доступ к хранилищам данных. Он прячет детали работы конечных систем хранения данных и обеспечивает универсальный доступ

пользователю МВК. Элемент хранения может контролировать большие дисковые массивы, системы хранения данных и т.п.

Модель управления вычислительными центрами основана на создании пула анонимных и лишенных самостоятельности информационно-вычислительных ресурсов. Управление подразумевает конфигурирование, администрирование и мониторинг этого пула ресурсов. В пуле предусмотрено управление пользовательским интерфейсом, управление данными, управление коммуникацией (связью) компонентов комплекса как единым целым, управление интеллектуальной обработкой дендроэкологических данных в вычислительных центрах. Описание пула ресурсов (метаописание пула) фиксируется в специальных таблицах базы данных.

Для реализации сегмента МВК были разработаны следующие базовые сервисы: средства безопасности МВК, сервис обнаружения ресурсов в МВК, сервис выполнения заданий, сервис управления передачей данных, сервис планирования заданий, сервис поддержки коммуникаций. Для решения разнообразных экологических задач в метаописании формируются профили вычислений.

Управление процессами обработки дендроэкологических данных возложено на специальный коммуникационный сервер. Взаимодействие всех исследователей с комплексом обработки осуществляется, в основном, через коммуникационный сервер. Основной задачей коммуникационного сервера является обеспечение оптимальной загрузки имеющихся в его распоряжении вычислительных серверов и обеспечение работы исследователей в реальном времени. В такой ситуации исследователю уже не важно, на каком конкретном вычислительном сервере выполняется его задание; он просто потребляет определенное количество виртуальной процессорной мощности, имеющейся в комплексе. Информация о всех вычислительных серверах комплекса хранится в базе данных.

Также может быть предоставлена возможность непосредственного взаимодействия исследователей для выполнения заданий с конкретным вычислительным сегментом через дополнительно установленный управляющий сервер, которому доступны информационно-вычислительные ресурсы только своего сегмента. В этом случае исследователю предоставляется информация о спектре задач, которые можно выполнить в данном сегменте, и загруженности его вычислительных серверов. И решение о запуске задания принимает сам исследователь. Если исследователь принял решение о выполнении задания на данном вычислительном сегменте, то сервер, принявший работу, модифицирует соответствующие записи о своём состоянии в базе данных.

Автоматизированный сбор, систематизация и хранение научной информации в области дендроэкологического мониторинга, а также формирование и ведение базы дендроэкологических данных возложено на менеджера данных. Менеджер данных управляет работой распределённых серверов баз данных, расположенных в вычислительных сегментах, но логически объединённых в единое информационное пространство. Взаимодействие менеджера данных с серверами баз данных осуществляется через специальный модуль административной части многомашинного вычислительного комплекса.

### ***1.3.6. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ИНТЕГРАЦИОННЫМ ПРОЕКТАМ СО РАН***

**Проект № 34 «Создание распределенной информационно-аналитической среды для исследований экологических систем».**

В течение второго года выполнения проекта продолжалась работа по созданию распределенной системы тематических научных сайтов (портала), каждый из которых должен позволить исследователю работать с данными по окружающей среде Сибири, проводить вычисления и анализировать результаты. Основное внимание при этом уделялось реализации возможности использования результатов анализа специалистами из других областей знания, в первую очередь биологами. Как уже указывалось, практическая

реализация этого подхода приводит к созданию элементов информационно-вычислительной инфраструктуры Интегрированного регионального исследования окружающей среды Сибири (ИРИС). Следует добавить, что такое региональное исследование является одним из приоритетов для нового состава Российского национального комитета по Международной геосферно-биосферной программе.

Методические основы выполненных работ были сформулированы в течение первого года выполнения проекта (см. отчет). В их число входит активное использование метаданных на современном языке общего назначения для представления информации в Интернете: RDF (Resource Description Framework, <http://www.w3.org/RDF/>) и использование недавно принятых стандартов их описания [OWL Web Ontology Language guide. W3C working draft, W3 Consortium, 2003, <http://www.w3.org/TR/2003/WD-owl-guide-20030331/>], включающих помимо RDF также язык семантической разметки для опубликования и совместного использования в Интернете онтологий: OWL (Web Ontology Language).

Основное внимание в ходе работ уделялось развитию функциональности веб-системы для обработки и визуализации метеорологических данных для исследования окружающей среды Сибири. Эта система была создана в течении первого года выполнения проекта на основе ППО портала АТМОСа. По сути, система является научным веб-сайтом предназначенным для оценки климатических изменений на территории Сибири (<http://climate.risks.scert.ru/>). В настоящее время, с помощью специально разработанных для этой информационной системы веб-сервисов специалисты могут анализировать ход климатических изменений по результатам моделирования (данные Реанализов NCAR-NCER). В нем также используется созданная ранее RDF-схема для метеорологических метаданных.

Как уже упоминалось, система является специализированным веб-приложением, созданное на основе ядра портала АТМОС, инструментарий которого предоставляет возможности для быстрого создания веб-приложений практически любой сложности. Она позволяет проводить различные математические и статистические операции над данными с целью исследования тенденций изменения глобальных и региональных характеристик климата. В настоящий момент для обработки доступны данные реанализов NCER/NCAR и NCER/DOE AMIP II. В частности, реализована возможность построения временных трендов метеорологических и климатических параметров для обоих реанализов и их сравнения. Для визуализации результатов использовался пакет GrADS с открытым кодом. Графический интерфейс разработан с использованием языков HTML, PHP и JavaScript. Разрабатываемая система, в ее конечном виде, позволит упростить и облегчить работу с большими наборами пространственно-распределенных метеорологических данных, а также обеспечить доступ к ним широкого круга научных исследователей. Предоставляя зарегистрированному квалифицированному пользователю доступ к унифицированному инструментарию для анализа хранящихся в ней архивов метео-данных, система решает одну из ключевых проблем в области изучения изменения климата, а именно, проблему обмена большими массивами данных для их сравнения и анализа. Кроме того, выбранный подход позволяет обойти сложности, которые вызывает использование различных методик сбора метеорологической информации. На сегодняшний день большинство научных учреждений предоставляют массивы метеорологических данных, содержащие характеристики, описывающие наблюдения и моделируемые состояния климата. Но, как правило, эти наборы различаются по способу их получения и хранения. Нередко программное обеспечение для их обработки в одной организации является несовместимым с программным обеспечением, используемым в других научных организациях. В итоге комплексное практическое применение полученных результатов становится затруднительным.

В ходе работы был усовершенствован графический интерфейс, разработанный с использованием языков HTML, PHP и JavaScript. Он является динамической формой для ввода параметров расчета и визуализации.



Для визуализации данных применяется ПО с открытым кодом Grid Analysis and Display System (GrADS), представляющее собой инструмент для обработки табличных данных и их вывода с помощью различных графических методов (контурных графиков, графиков рассеяния, сглаженных контуров, заштрихованных контуров и т.д.). Также имеется встроенный язык сценариев, позволяющий выполнять достаточно сложные процедуры обработки данных, результаты которых отображаются на веб-странице в графическом виде.

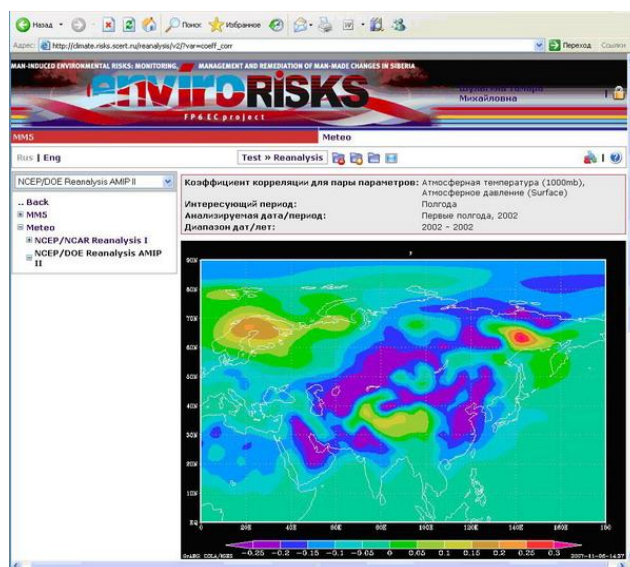


Рис. 78. Результаты вычислений коэффициента корреляции между температурой и давлением по данным реанализа NCEP/DOE AMIP II

На рис. 78 полученные значения коэффициентов корреляции показывают слабую зависимость между сравниваемыми величинами.

В настоящее время система функционирует с данными Реанализа NCEP/NCAR и Реанализа 2 NCEP/DOE AMIP II, которые содержат множество метеорологических параметров, полученных как на основе наблюдений, так и по результатам моделирования для всей Земли. Из них было выбрано несколько ключевых параметров, характеризующих общее состояние климата (температура, давление, влажность атмосферы, и т.д.) и являющихся определяющими для функционирования экосистем на выбранной территории. Система позволяет выполнять различные математические и статистические операции над метеоданными, а именно – вычисление среднего значения, стандартного отклонения, определение первого (последнего) теплого (холодного) дня (недели, месяца) в году (рис. 79), подсчет числа дней с количеством осадков из заданного интервала значений и др.

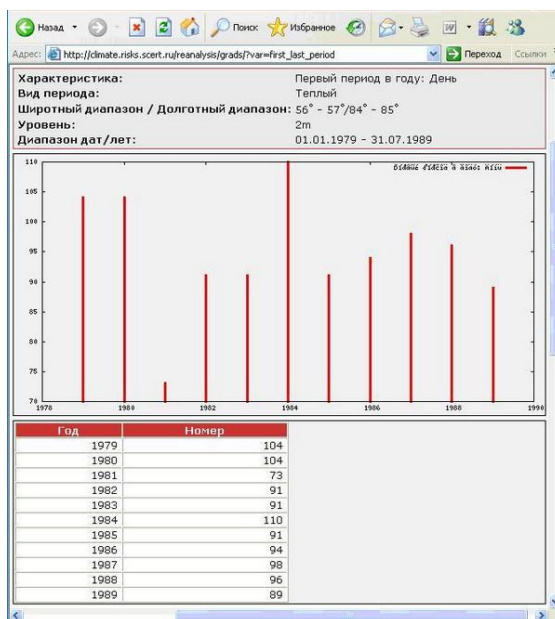


Рис.79. Вычисление первого теплого дня в году в период с 1979 по 1989 год по данным NCEP/NCAR Reanalysis

Наличие в системе нескольких массивов данных дает возможность для сравнения ключевых метеорологических и климатических характеристик. В качестве примера рассмотрим вычисление абсолютной и относительной разницы между средними значениями данных атмосферного давления за весенний период 2001 года. Для расчета абсолютной разницы, (рис.80), использована формула  $Abs\_dif = |b - a|$ , где  $a$  и  $b$  - усредненные значения метеопараметра в точке, согласно первому и второму набору данных, соответственно.

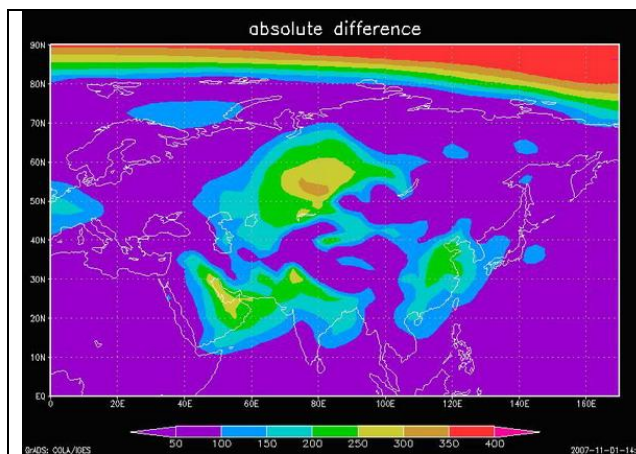


Рис. 80. Абсолютная разница атмосферного давления для двух наборов данных за весенний период 2001 года.

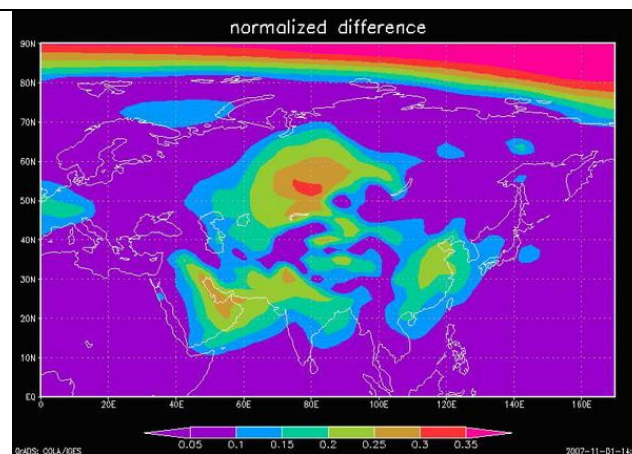


Рис.81. Относительная разница атмосферного давления для двух наборов данных за весенний период 2001 года, (%)

Относительная разность (рис. 81) вычислена по следующей формуле:  $Norm\_dif = |(b - a)/a| * 100\%$ , где  $a$  и  $b$  принимают те же значения.

Расчет относительной разницы атмосферного давления для двух наборов данных за весенний период 2001 года показал, что значение данного параметра на территории Евразии в рассматриваемый промежуток времени описывается примерно одинаково.

Так же в систему введена новая функция для построения временных трендов метеорологических и климатических параметров, являющаяся одной из основных характеристик, способствующей выявить общую долгосрочную тенденцию в изменении метеоро-

логических величин во временном ряду. Рассмотрим пример изменения среднегодового значения температуры за два 8-летних временных интервала на основе данных NCEP/NCAR Reanalysis и NCEP/DOE AMIP II.

Для расчетов используется следующая формула:  $Tr=(b-a)/n$ , где  $a$  - среднее за первый интервал,  $b$  - среднее за второй интервал,  $n$  - ширина интервала.

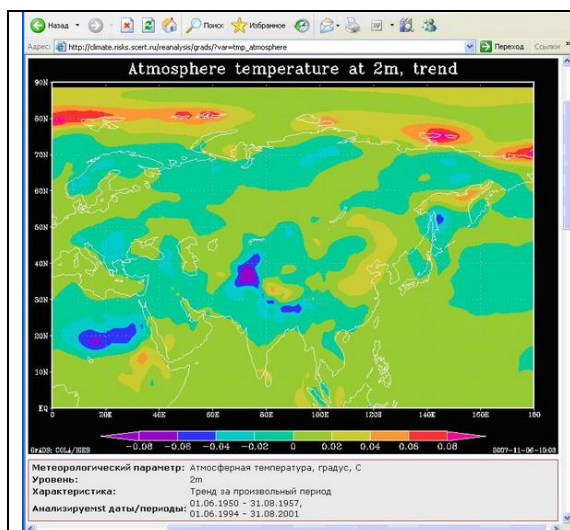


Рис. 82. Тренд атмосферной температуры на основе данных NCEP/NCAR Reanalysis за периоды с 1950 по 1957гг. и с 1994 по 2001гг.

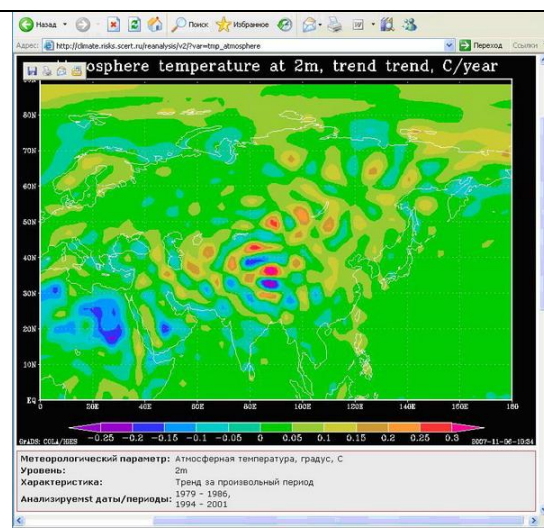


Рис. 83. Тренд атмосферной температуры на основе данных реанализа NCEP/DOE AMIP II за периоды с 1979 по 1986гг. и с 1994 по 2001гг.

Результаты вычислений, проведенные по данным NCEP/NCAR Reanalysis показывают, что по сравнению с 1950-ми годами не происходит существенного роста температуры. В свою очередь, расчеты проведенные по данным реанализа NCEP/DOE AMIP II, по сравнению с 1980-ми годами, отражают некоторое повышение температуры.

Таким образом, новые возможности создаваемой информационно-вычислительной системы позволяют ставить задачу о совместной обработке больших наборов пространственно-распределенных метеорологических данных и пространственно-распределенных данных о состоянии и сезонной динамике ключевых характеристик экосистем. Следует добавить, что в дальнейшем, для проведения комплексной математической и статистической обработки данных, а также визуализации результатов планируется использование системы IDL (Interactive Data Language), обладающей богатым набором специализированных функций и библиотек. Также планируется расширение числа доступных для обработки и анализа наборов данных, Реанализ ECMWF, Реанализ JRA-25, а также данные наблюдений с метеорологических станций, размещенных на территории Российской Федерации.

Полученные за первый год выполнения проекта результаты и созданные на этой основе элементы распределенной информационно-вычислительной системы являются существенным вкладом в создание инфраструктуры ИРИС, обеспечивающей на базе современных вычислительных технологий единое информационное пространство для междисциплинарных исследований окружающей среды.

Следует добавить, что создаваемая информационно-вычислительная инфраструктура ИРИС полностью опирается на информационно-телекоммуникационную сеть СО РАН. Благодаря работе Совета по информационно-телекоммуникационным ресурсам СО РАН существующая сеть уже позволит исследователям эффективно использовать эту инфраструктуру в исследованиях окружающей среды Сибири, а запланированное развитие сети СО РАН еще более облегчит доступ к распределенным информационно-вычислительным ресурсам.

**Проект № 86 «Создание средств спутникового мониторинга Сибири и Дальнего Востока на основе новых информационных и телекоммуникационных методов и технологий»**

*1. Разработка и создание ГИС-портала на «открытых кодах».*

В ИМКЭС СО РАН продолжается работа по созданию ГИС-портала (<http://gis.imces.ru/gisportal/>), разработанного на основе открытых кодов, который представляет интерактивный доступ к геоинформационной измерительно-вычислительной системе. Расширение стандартных возможностей геоинформационной системы обеспечивается дополнительными информационно-вычислительными блоками и оригинальным программным обеспечением.

В 2007 году проведено тестирование версии ГИС-портала, реализованного на двух различных платформах интерпретаторов ГИС на открытых кодах.

В качестве первой платформы продолжается использование разработки Университета штата Миннесота (University of Minnesota, UMN), США - MapServer (<http://mapserver.gis.umn.edu/>). В настоящее время данный продукт становится одним из самых популярных сред создания геоинформационных web-сервисов с открытым кодом. Он обеспечивает Интернет-доступ к пространственно-распределенным данным, как в векторном (ESRI shape files), так и в растровом (TIFF, JPG, GIF, ERDAS) форматах. Возможность работы MapServer практически на любых платформах (в том числе Windows, Linux, Mac OS, Solaris), широчайшие функциональные возможности, легкость интеграции с различными СУБД и открытость кодов и предопределила популярность программы. В современной версии MapServer является очень мощным инструментом, который по своей функциональности не уступает платному ПО, а по части легкости переконфигурирования и интеграции с СУБД превосходит многие из них.

Основной источник пространственно-распределенной информации – формируемая нами совместно с сотрудниками Института химии нефти СО РАН (бывший ГИС-центр Томского научного центра СО РАН) совокупность обработанных (с классификацией типа подстилающей поверхности) и частично векторизованных космических снимков и сканерных изображений земной поверхности в различных спектральных диапазонах.

В качестве второй платформы была использована связка Geoserver – OpenLayers. Серверная часть базируется на продукте Geoserver, реализованном на Java (<http://geoserver.org/>). В нем полностью поддерживаются стандарты OGC (Open Geospatial Consortium <http://www.opengeospatial.org/>), имеются модули поддержки всех современных и распространенных видов баз данных, а так же форматы других геоинформационных систем. Клиентская часть базируется на проекте OpenLayers (<http://www.openlayers.org/>), написанном на JavaScript, имеющим сопряжение с Google Maps и позволяющим создавать профессиональный интерфейс. Это направление работы связано с необходимостью обеспечения картографическим сервисом высокого разрешения и средствами спутниковой навигации натуральных комплексных исследований пространственно-временных характеристик геополей различной физической природы (см. п.4).

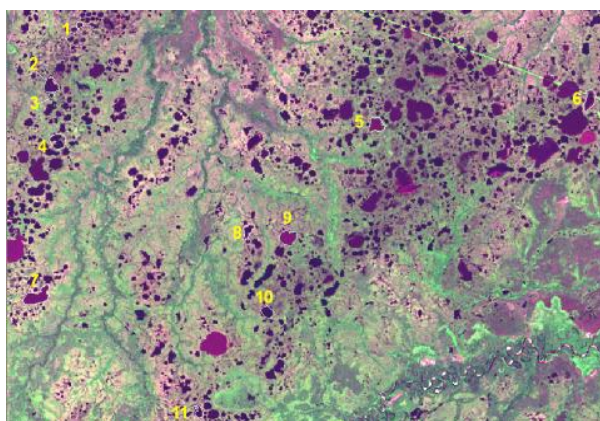
*2. Разработка объектно-ориентированной технологии обработки мультиспектральных космических снимков.*

Продолжено развитие и практическое использование предложенной ранее оригинальной технологии обработки мультиспектральных космических снимков и формирование базы геоданных для хранения результатов обработки космической информации.

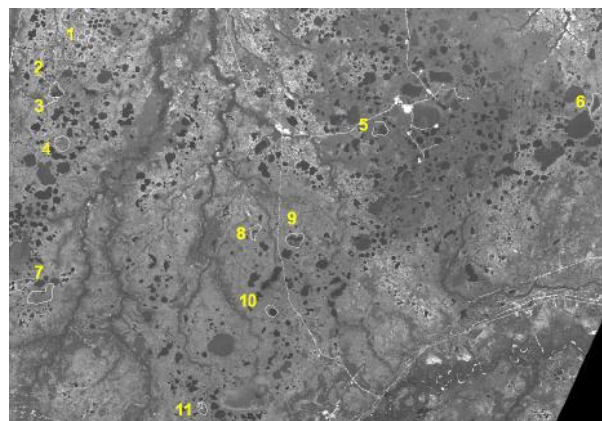
Проведен анализ изменения лесоболотной и озерковой пространственной структуры в районах нефтедобычи Западной Сибири. Для этих целей использовалась накопленная коллекция космических снимков высокого разрешения исследуемых географических районов за период 1973 – 2006 годы с использованием аппаратов Landsat, Ресурс и Spot. По данным климатологов именно в этой зоне в последние 30 лет происходят наиболее сильные климатические изменения, связанные с глобальными процессами потепления. На ри-



сунке ниже показано сравнение изображений подстилающей поверхности на основе данных Landsat-1 (10.08.1973) и Spot-5 (20.07.2005)

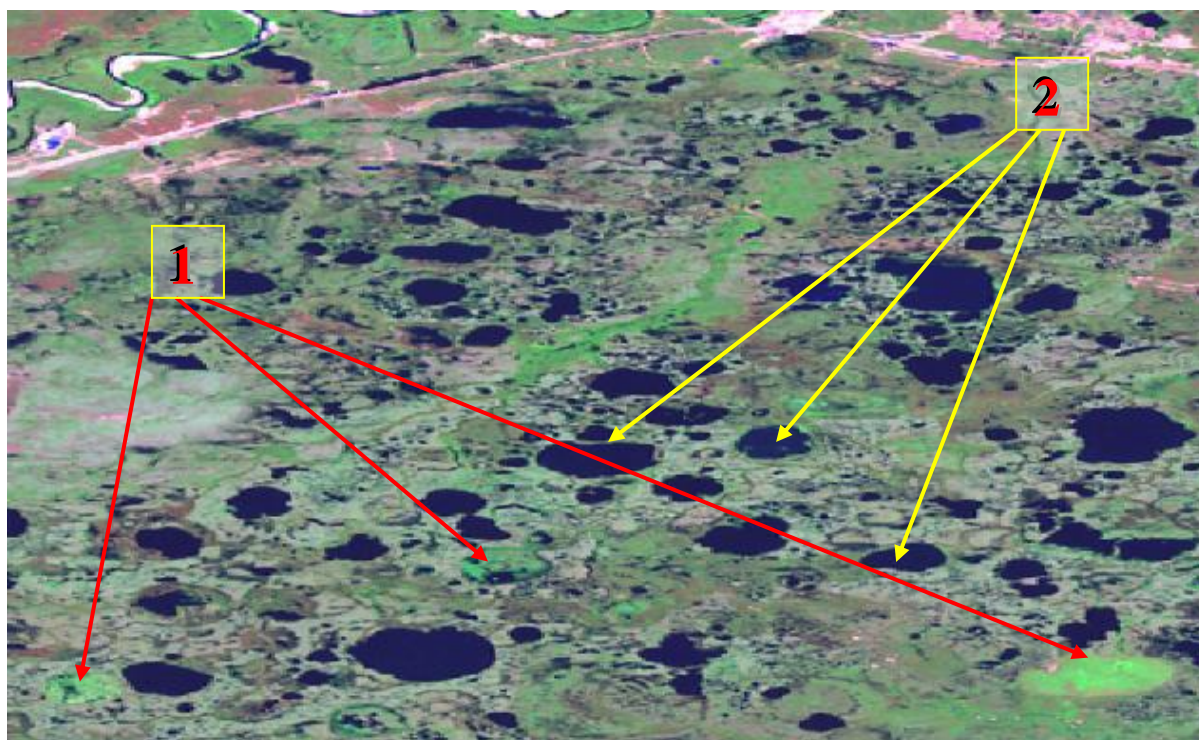


Landsat-1 (10.08.1973)



Spot-5 (20.07.2005)

На следующем рисунке на основе данных космического снимка аппарата Landsat-7 (07.08.1999 г.) показаны произошедшие изменения озерковой структуры: совокупность объектов 1 показывают на образовавшиеся после 1973 года термокарстовые озера, а 2 – соответственно на высохшие озерковые образования.

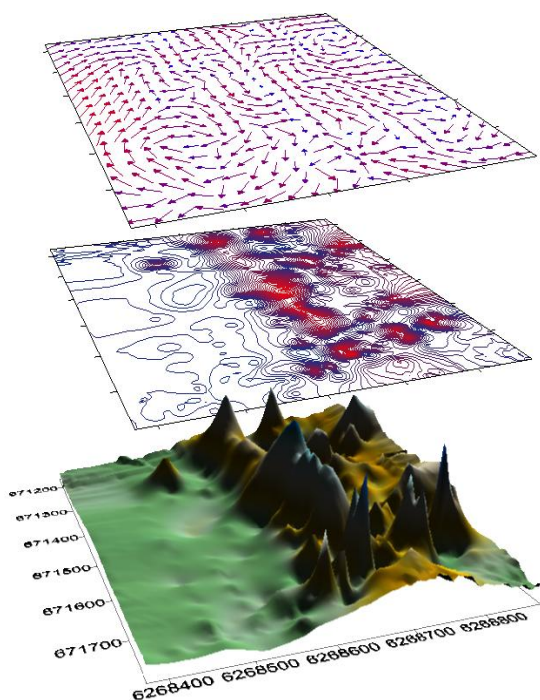


*3. Разработка специализированных вычислительных и ГИС-блоков для интегрированной обработки многопараметрической совокупности данных.*

Продолжено формирование комплексной базы данных на основе обработки результатов многолетних данных экспедиционных исследований стратиграфических колонок торфяных отложений на ключевых участках Большого Васюганского болота с торфяных отложений на ключевых участках Большого Васюганского болота с пространственной привязкой информации к данным классифицированных космических снимков. На этой основе предполагается создание информационно-вычислительной модели болотных комплексов Западной Сибири.

#### 4. Разработка комплексной информационно-измерительной технологии мониторинга литосферных процессов и неоднородностей.

В 2007 году на основе проведенных ранее в ИМКЭС СО РАН многолетних исследований фундаментальных основ и физической природы импульсного электромагнитного поля Земли начата разработка комплексной информационно-измерительной технологии мониторинга литосферных процессов и неоднородностей. В её основе – натурные инструментальные измерения пространственно временной структуры импульсного электромагнитного поля Земли в области очень низких частот (ОНЧ диапазон). При этом для пространственной привязки на исследуемой территории используются космические снимки высокого разрешения совместно с системой спутниковой навигации, позиционирования и синхронизации временных интервалов. Для формирования новых информационных слоев и многокомпонентного анализа данных в основном предполагается использование разрабатываемого нами ГИС-портала на открытых кодах. Практическая направленность указанных исследований – оценка вероятности природных и техногенных критических ситуаций за счет литосферных процессов, а также разработка принципиально новых технологий высокоточного картирования месторождений углеводородного сырья. В качестве примера на рисунке приведены новые информационные слои - пространственная структура интенсивности и направления вектора магнитного поля импульсного электромагнитного поля Земли для речного склона в районе перехода через реку Кама магистрального газопровода «Сибирь – Западная Европа». Эта структура соответствует пространственной структуре напряженно-деформированного состояния склона и определяет вероятность формирования оползня.



Пространственное распределение вектора направления импульсного магнитного поля

Пространственное распределение интенсивности импульсного магнитного поля

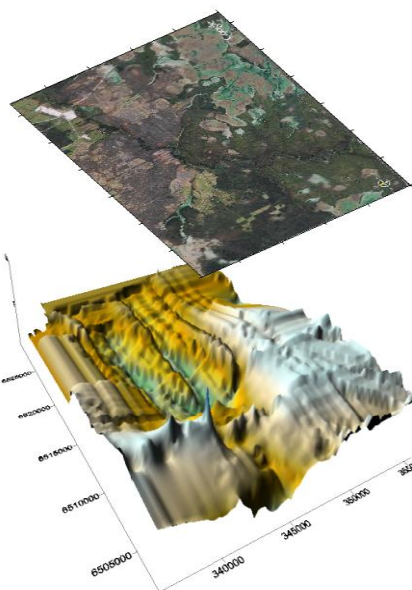
Пространственное распределение интенсивности импульсного магнитного поля (3D-представление)

Представленные данные являются, с одной стороны, основой для мониторинга локальных процессов, а с другой стороны – элементом распределенной сети станций мониторинга по всей трассе магистрального газопровода.

Другая практически важная область применения геоинформационного пространственного анализа структуры интенсивности импульсного электромагнитного поля Земли – картирование перспективных зон месторождения углеводородного сырья. В этом направлении значение качественных многоспектральных космических снимков высокого разрешения многократно возрастает, поскольку именно космоснимки дают не только наиболее полную картографическую информацию, но и содержат дополнительные данные, необхо-



димые для повышения надежности, как мониторинга состояния эксплуатируемых месторождений, так и обнаружения новых.



Космический снимок района нефтедобычи в Томской области

Анализ перспективности месторождений нефти по распределению пространственной структуры интенсивности импульсного электромагнитного поля Земли

Представленные в этом разделе даже предварительные результаты уже получили положительную оценку со стороны специалистов производственных подразделений «Газпрома» и Трансгаза» и в перспективе имеют вполне обоснованную хорошую инвестиционную перспективу. При этом возникают новые задачи обработки данных многоспектральной космической съемки высокого разрешения, а также совершенствования технологии обработки цифровых потоков информации, характеризующей пространственно-временную структуру электромагнитных шумов Земли.

### ***1.3.6. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ИНИЦИАТИВНОЙ ТЕМАТИКЕ***

В лаборатории экологического приборостроения проводится инициативная работа по развитию технических средств и технологии оптического мониторинга воздушного бассейна. Работа направлена на создание лидара для дистанционного контроля концентрации и размера водных капель в облаках и туманах.

В лидарном сигнале от облаков присутствует значительная доля многократно рассеянного излучения. Для интерпретации таких сигналов неприменимы классические методы, основанные на приближении однократного рассеяния. Известно, что сигнал однократного рассеяния связан только с оптическими характеристиками облака, в то время как сигнал многократного рассеяния связан с микроструктурой облака. Поэтому анализ лидарных сигналов при зондировании облаков представляет непосредственный практический интерес, прежде всего это касается возможности оценок не только оптических характеристик облаков, но и размера облачных капель. С ростом оптической плотности зондируемых объектов возрастает доля потока, рассеиваемого в переднюю полусферу. Это создает энергетическую основу для формирования компоненты многократного рассеяния, которая изменяет распределение яркости наблюдаемого рассеивающего объема. Такие изменения можно исследовать, анализируя изображение рассеивающего объема в приемной системе лидара. Наиболее простым средством анализа изображения рассеивающего объема является некогерентная пространственная фильтрация лидарных сигналов, реализуемая в MFOV лидарах (multiple-field-of-view lidars).

В отчете приведены результаты лазерного зондирования капельного облака и их анализ с использованием энергетических и пространственных характеристик, наилучшим образом представляющих лидарный сигнал в условиях многократного рассеяния.

Изображение рассеивающего объема обладает центральной симметрией. Это позволяет использовать для анализа функции распределения плотности мощности пространственный фильтр в виде круглых окон. На рис. 84 представлена функциональная схема используемого лидара. Пространственный фильтр выполнен в виде диска 7 с восемью окнами. Диск вращался электродвигателем 13, последовательно устанавливая в рабочее положение окна радиусом 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0; 2,8; 4,0; и 5,6 мм. Синхронизация работы лидара производилась с помощью оптронной пары 14, 15 и ряда специальных отверстий на краю диска. Оптронная пара 14, 16, связанная с компьютером, синхронизировала работу устройств регистрации сигналов с началом каждого цикла смены окон. Оцифровка и регистрация сигналов проводилась аналого-цифровым преобразователем. Использовалась непрерывная смена окон и группировка массивов данных по размеру окон. На основе этих массивов рассчитывались семейства усредненных сигналов. Число циклов смены окон (число реализаций сигнала для усреднения) и дальность регистрации сигнала устанавливались перед началом каждого лидарного измерения. Каждое получаемое таким образом семейство содержало восемь усредненных сигналов (по числу окон фильтра) и представлялось в виде компактного файла для последующего анализа. Процесс получения данных полностью автоматизирован.

Лидарный сигнал и его компоненты однократного и многократного рассеяния удобно представлять энергетической и пространственной характеристиками: плотностью мощности сигнала в центре изображения рассеивающего объема и эффективным радиусом этого изображения, в предположении гауссова распределения плотности мощности в пятне изображения рассеивающего объема. Обе характеристики являются функциями дистанции и однозначно представляют суммарный лидарный сигнал

$$P(z) = \pi a^2(z)b(z), \quad (1)$$

где  $z$  - текущее значение дальности;  $a(z)$  и  $b(z)$  - пространственная и энергетическая характеристики. Компонента однократного рассеяния, определяемая классическим лидарным уравнением, также может быть представлена подобным выражением

$$P^{(1)}(z) = \pi a_1^2 b_1(z), \quad (2),$$

где  $a_1 = f \theta_0$  - пространственная характеристика компоненты однократного рассеяния,  $f$  - фокусное расстояние объектива приемной системы,  $\theta_0$  - угол расходимости потока зондирующего излучения;  $b_1(z)$  - энергетическая характеристика компоненты однократного рассеяния. Аналогичным образом может быть представлена и компонента многократного рассеяния

$$P^{(2)}(z) = \pi a_2^2(z)b_2(z), \quad (3)$$

где  $a_2(z)$  и  $b_2(z)$  - ее пространственная и энергетическая характеристики. С учетом только двукратного рассеяния

$$P^{(2)}(z) \approx P^{(1)}(z)\delta(z) \approx P^{(1)}(z) \int_0^z \mu(z_1)\sigma(z_1)dz_1. \quad (4)$$

Здесь  $\delta(z) = P^{(2)}(z)/P^{(1)}(z)$ ,  $\sigma(z_1)$  - коэффициент рассеяния,  $\mu(z_1)$  - относительная доля потока зондирующего излучения, рассеиваемого в переднюю полусферу, на дистанции  $z_1$  от лидара

$$\mu(z_1) \approx \pi \Theta_s^2(z_1) \frac{X(0, z_1)}{4\pi} \approx \frac{1}{2}, \quad (5)$$

где  $\Theta_s(z_1)$  - угловая ширина переднего (дифракционного) пика индикатрисы рассеяния на дистанции  $z_1$ ;  $X(0, z_1)$  - модуль индикатрисы рассеяния в прямом направлении.

Пространственная характеристика компоненты многократного рассеяния связана с эффективным радиусом капель в облаке, т.к. она формируется главным образом за счет дифракции потока зондирующего излучения на этих капельках. Угол дифракции непосредственно связан с эффективным радиусом облачных капель

$$\Theta_s(z_1) \approx \lambda/\pi r(z_1), \quad (6)$$

где  $\lambda$  - длина волны зондирующего излучения,  $r(z_1)$  - эффективный радиус облачных капель.

Для анализа экспериментальных данных использовались два алгоритма. С помощью первого, упрощенного алгоритма производились оценки пространственной  $a(z)$  и энергетической  $b(z)$  характеристик суммарного лидарного сигнала в предположении, что распределение плотности мощности в плоскости изображения имеет вид гауссовой функции

$$p(z, r) = b(z) \exp\left\{-\left[r/a(z)\right]^2\right\}, \quad (7)$$

где  $r$  - радиальная координата в плоскости изображения. Характеристики  $a(z)$  и  $b(z)$  определялись из системы уравнений

$$P_k(z) = \pi a^2(z) b(z) \left\{1 - \exp\left[-\left(\frac{R_k}{a(z)}\right)^2\right]\right\}. \quad (8)$$

Здесь и далее  $P_k(z)$  - зарегистрированное семейство лидарных сигналов;  $R_k$  - радиус,  $k = 1, 2, \dots, 8$  - номер окна пространственного фильтра.

Второй, более сложный алгоритм основан на предположении, что функция распределения плотности мощности  $p(z, r)$  представляется суммой гауссовых распределений  $p_1(z, r)$  и  $p_2(z, r)$  плотности мощности компонент однократного и многократного рассеяния

$$p(z, r) = p_1(z, r) + p_2(z, r) = b_1(z) \exp\left\{-\left[r/a_1\right]^2\right\} + b_2(z) \exp\left\{-\left[r/a_2(z)\right]^2\right\}. \quad (9)$$

Здесь  $a_1$ ,  $a_2(z)$  и  $b_1(z)$ ,  $b_2(z)$  - пространственные и энергетические характеристики компонент однократного и многократного рассеяния. Характеристики  $a_2(z)$  и  $b_1(z)$ ,  $b_2(z)$  определялись из системы уравнений

$$P_k(z) = P_k^{(1)}(z) + P_k^{(2)}(z) = \pi a_1^2 b_1(z) \left\{1 - \exp\left[-\left(\frac{R_k}{a_1}\right)^2\right]\right\} + \pi a_2^2(z) b_2(z) \left\{1 - \exp\left[-\left(\frac{R_k}{a_2(z)}\right)^2\right]\right\}, \quad (10)$$

при заданном значении  $a_1 = f \theta_0$ . Решения систем уравнений (8) и (10) находились путем последовательных приближений, с минимизацией ошибок методом наименьших квадратов.

Отметим, что выражения (8) и (10) связывают уровни лидарных сигналов  $P_k(z)$  с радиусом  $R_k$  окна пространственного фильтра, а выражения (1), (2) и (3) определяют асимптотические уровни этих сигналов. Выражения (1), (2) и (3) справедливы только при больших значениях полей зрения приемной системы, т.е. в отсутствие ограничений сигнала пространственным фильтром.

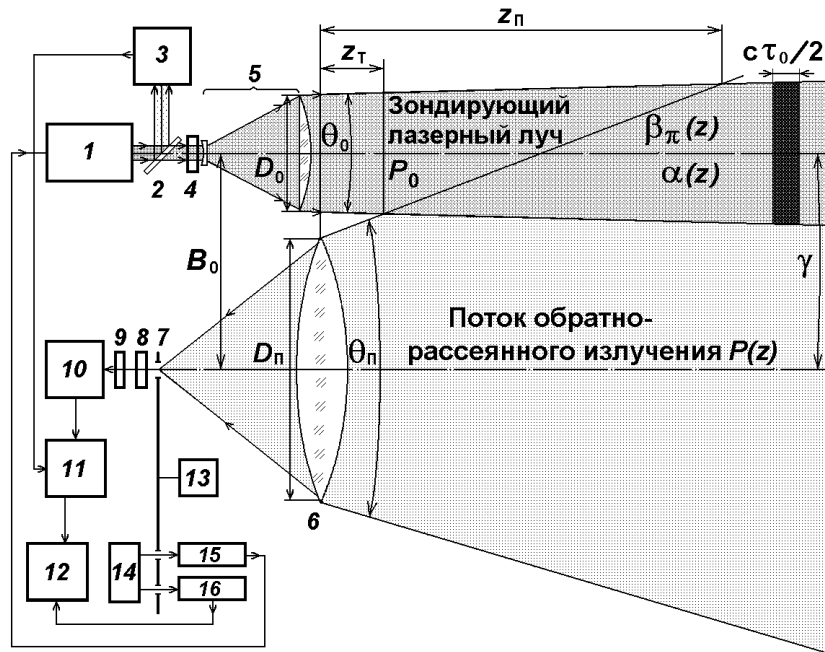


Рис. 84. Функциональная схема лидара: 1 – лазер, 2 – стеклянная пластинка-делитель, 3 – датчик запуска АЦП и устройств обработки, 4 – поляризационный фильтр, 5 – коллиматор, 6 – приемный объектив, 7 – диск с окнами пространственного фильтра, 8 – поляризационный фильтр, 9 – спектральный фильтр, 10 – фотодетектор, 11 – АЦП, 12 – компьютер IBM PC, 13 – электрический двигатель, 14 – излучатели датчиков, 15 – датчик запуска лазерного излучателя, 16 – датчик запуска процесса группировки данных

На рис. 85 показан пример семейства лидарных сигналов, полученного при зондировании капельного облака на дистанции (высоте) 300 м. Усреднение сигналов произведено по 20 циклам, т.е. на основе 160 отдельных реализаций сигнала. Нижней кривой ( $k=1$ ) соответствует окно минимального размера, верхней кривой ( $k=8$ ) – окно максимального размера. С увеличением размера окна наблюдается увеличение мощности сигналов. Это свидетельствует о присутствии компоненты многократного рассеяния в принимаемых сигналах. На рис. 86 показаны энергетическая  $b(z)$  и пространственная  $a(z)$  характеристики лидарного сигнала, рассчитанные на основе этого семейства с использованием первого алгоритма. Энергетическая характеристика подобна лидарному сигналу, но имеет более крутой спад. Пространственная характеристика до облака имеет несколько большее значение в сравнении с величиной  $a_1 = f\theta_0$ , что свидетельствует о наличии в сигнале компоненты многократного рассеяния. На входе в облако пространственная характеристика несколько снижается, и только в глубине облака начинается ее быстрый подъем. Наибольшего значения пространственная характеристика достигает на выходе из облака, где относительный вклад компоненты многократного рассеяния достигает максимального значения.

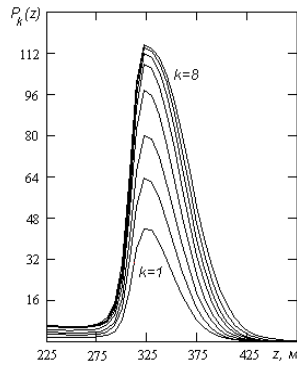


Рис. 85. Семейство лидарных сигналов от капельного облака на дистанции 300 м, полученное экспериментально

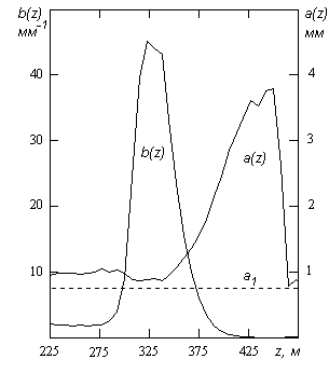
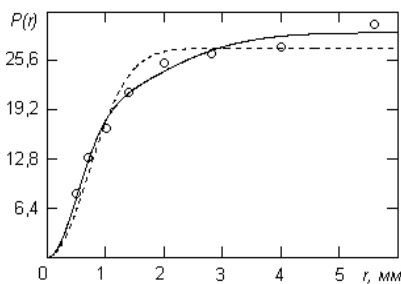


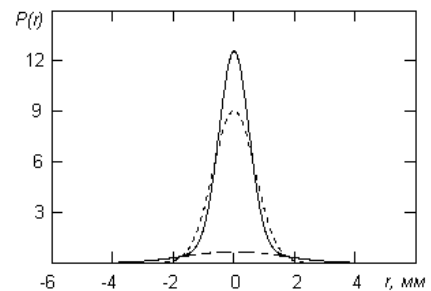
Рис. 86. Энергетическая и пространственная характеристики, рассчитанные по первому алгоритму

Первый алгоритм основан на предельном упрощении (7) распределения плотности мощности лидарного сигнала. Тем не менее, получаемые решения чувствительны к наличию компоненты многократного рассеяния. Ее относительный вклад в суммарный лидарный сигнал тем значительней, чем больше разность  $a^2(z) - f^2\theta_0^2$ , обусловленная дифракцией потока зондирующего излучения на капельках облака. Реальные распределения плотности мощности в пятне изображения рассеивающего объема имеют более сложный вид. Для количественных оценок компонент однократного и многократного рассеяния мы использовали второй алгоритм, который построен на представлении распределения суммой гауссовых распределений (9) для компонент однократного и многократного рассеяния.

На рис. 87 а, в, д показаны аппроксимации сечений семейства лидарных сигналов на трех дистанциях:  $z = 300$  м (на входе в облако),  $z = 375$  м (в облаке),  $z = 450$  м (за облаком). Кружками показаны уровни сигналов, полученные экспериментально. Пунктиром показаны аппроксимации рассматриваемых сечений по формуле (8) с использованием параметров  $a(z)$  и  $b(z)$ , полученных по первому алгоритму. Непрерывной линией показаны аппроксимации тех же сечений по формуле (10) с использованием параметров  $b_1(z)$ ,  $a_2(z)$  и  $b_2(z)$ , полученных по второму алгоритму, при фиксированном значении  $a_1 = 0,7$  мм. Следует отметить, что аппроксимации сечений по второму алгоритму более удовлетворительны, чем по первому алгоритму. Из этого следует, что распределение плотности мощности лидарного сигнала в пятне изображения рассеивающего объема более адекватно представляется соотношением (9).



а)



б)

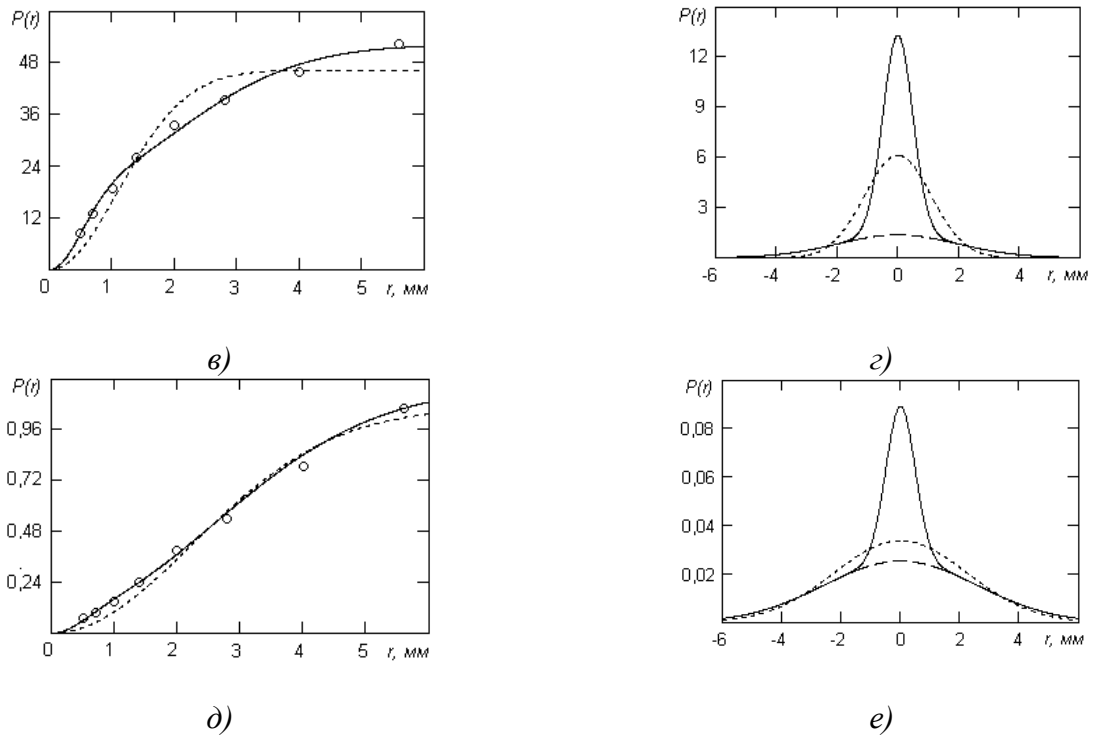


Рис. 87. Аппроксимации сечений семейства лидарных сигналов на дистанциях: а)  $z = 300$  м (на входе в облако), б)  $z = 375$  м (в облаке), д)  $z = 450$  м (за облаком); б), з), е) - восстановленные распределения плотности мощности в пятне изображения рассеивающего объема. Кружки – уровни сигналов, полученные экспериментально; пунктирные кривые – аппроксимации сечений и распределения плотности мощности, полученные с использованием первого алгоритма; сплошные кривые – с использованием второго алгоритма; штриховые кривые – распределения плотности мощности компоненты многократного рассеяния (второе слагаемое в выражении (9))

На рис. 87 б, з, е показаны восстановленные распределения плотности мощности лидарного сигнала в плоскости изображения рассеивающего объема для соответствующих дистанций. Пунктиром показаны распределения (7), непрерывной линией показаны распределения (9), штриховой линией показаны распределения плотности мощности компоненты многократного рассеяния (второе слагаемое в выражении (9)). Исследование сечений на различных дистанциях показало, что в лидарном сигнале практически на всех дистанциях присутствует некоторый уровень компоненты многократного рассеяния. На дистанциях до облака и на входе в облако ее уровень относительно небольшой (см. рис. 87 б). По мере углубления в облако возрастает компонента многократного рассеяния (см. рис 4 з). За облаком она становится преобладающей (кривая распределения (7) приближается к кривой, соответствующей второму слагаемому распределения (9), см. рис 87 е).

На рис. 88 показаны пространственные  $a_1$  и  $a_2(z)$  и энергетические  $b_1(z)$  и  $b_2(z)$  характеристики компонент однократного и многократного рассеяния, рассчитанные с использованием второго алгоритма. Пространственная характеристика  $a_1$  компоненты однократного рассеяния представляет эффективный радиус пятна, создаваемого потоком излучения, рассеянным в обратном направлении на дистанции  $z$ . Пространственная характеристика  $a_2(z)$  компоненты многократного рассеяния представляет эффективный радиус пятна, создаваемого потоком излучения, рассеянным в переднюю полусферу на дистанции  $0 < z_1 < z$  и повторно рассеянным на дистанции  $z$ . Эти характеристики сопряжены с характеристиками  $A_1(z)$  и  $A_2(z)$  в пространстве предметов:

$$A_1(z) = a_1 z / f ; A_2(z) = a_2(z) z / f , \quad (11)$$



где  $f$  - фокусное расстояние объектива приемной системы. Характеристика  $A_1(z)$  представляет эффективный радиус объема, в котором происходят акты однократного рассеяния. Характеристика  $A_2(z)$  - представляет эффективный радиус объема, в котором происходят повторные акты рассеяния фотонов, уже претерпевших дифракцию. На рис 6 эти характеристики показаны вместе с профилем лидарного сигнала  $P(z)$ . Наклон прямой  $A_1(z)$  к оси  $z$  определяется углом расходимости потока зондирующего излучения.

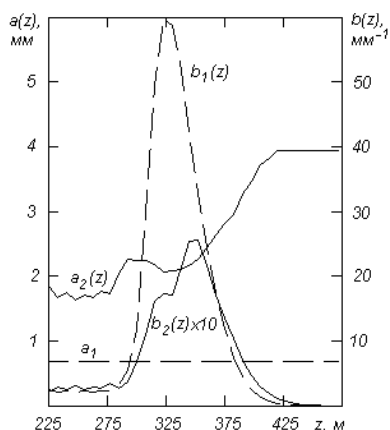


Рис. 88. Пространственные  $a_1$  и  $a_2(z)$  и энергетические  $b_1(z)$  и  $b_2(z)$  характеристики компонент однократного и многократного рассеяния, рассчитанные с использованием второго алгоритма

Наклон отдельных отрезков кривой  $A_2(z)$  непосредственно связан с размером облачных капель соотношением (6). Прямая  $Y(z)$  представляет линейную аппроксимацию одного из таких отрезков. Ее наклон к оси  $z$  соответствует среднеквадратическому радиусу облачных капель 10,5 мкм. Заметим, что для практических оценок размера капель удобнее использовать пространственную характеристику  $a(z)$ , определенную с использованием первого, упрощенного алгоритма. Первый алгоритм намного более устойчив к ошибкам, неизбежным при регистрации сигналов на фоне внешних помех. Использование энергетических и пространственных характеристик делает наглядным и значительно упрощает анализ лидарных сигналов в условиях многократного рассеяния. В настоящее время проводятся сопоставление получаемых оценок с оценками, получаемыми по другим методикам и с результатами контактных измерений.

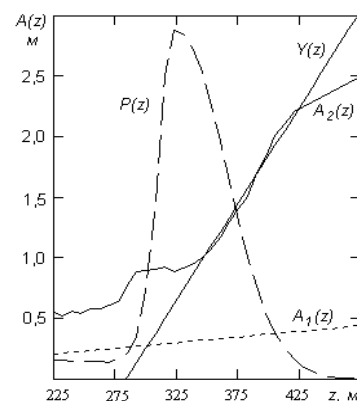


Рис. 89. К оценке размера капель в облаке.  $Y(z)$  - линейная аппроксимация пространственной характеристики  $A_2(z)$  на интервале ее подъема

### 1.3.7. ЭКСПЕДИЦИОННАЯ РАБОТА

Экспедиционные исследования были направлены, прежде всего, на сбор материалов и проведение полевых наблюдений и экспериментов по темам фундаментальных исследований Института.

В 2007 году экспедиционная работа проводилась по трем проектам: 1. «мониторинг-2007», 2. геоэкологическая экспедиция «Риск-2007», 3. «Экосистемы-2007». В отчетном году также выделялись деньги на поддержку 4 стационаров: Киреевск, Васюганье, «Кедр», «Таежный».

Маршрутные и стационарные исследования по экспедиционным проектам проводились на территории Томской, Кемеровской, Новосибирской и Иркутской областей, Республики Алтай, Тывы и Бурятии.

Отчеты по экспедициям и стационарам в соответствии с требованиями представлены в ОУС по наукам о Земле.

## II НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА

### 2.1. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧЕНОГО СОВЕТА

В отчетном году было проведено 11 заседаний Ученого совета. На заседаниях Ученого совета рассматривались следующие вопросы:

- обсуждение и утверждение важнейших достижений по итогам уходящего года;
- обсуждение и утверждение Положения о Фонде стимулирующих выплат (ФСВ)
- рассмотрение и утверждение Дополнения к Положению о ФСВ
- о корректировке Положения о стимулирующих выплатах ненаучным сотрудникам
- о состоянии вопросов по пилотному проекту РАН
- выборы делегата в оргкомитет «Профессорского собрания Томской области»
- о молодежной политике в Институте
- доклады молодых ученых по научной работе
- о поддержке ходатайства к присвоению почетного звания «Заслуженный деятель науки РФ»
- отчеты по интеграционным проектам СО РАН;
- отчеты по научным проектам;
- отчеты и планы по экспедиционным работам;
- рассмотрение и утверждение заявки на закупку приборов в 2006 году;
- рассмотрение основных заданий к плану НИР и утверждение плана НИР Института на 2006 год;
- о Центре коммерциализации ИМКЭС
- рассмотрение и утверждение заявки в тематический план выпуска изданий СО РАН на 2008 год.
- кадровые вопросы;
- утверждение состава уставной комиссии.
- о премировании в связи с 50-летием СО РАН
- вручение Почетных грамот;
- поздравления юбиляров;
- представление к присвоению ученого звания профессора по специальности;
- вручение удостоверений «Заслуженный ветеран СО РАН»;
- различного рода информация.

Состав утвержденного Президиумом СО РАН (ПСО № 191 от 11.06.2003) Ученого совета включает 21 человек, из них:

- |                          |    |
|--------------------------|----|
| - член-корреспондент РАН | 1  |
| - доктора наук           | 12 |
| - кандидаты наук         | 8  |

## 2.2. КАДРЫ

Общая численность штатных сотрудников, в том числе	260 чел.
- научных сотрудников	101 чел.
- чл.-корр. РАН	1 чел.
- докторов наук	12 чел.
- кандидатов наук	49 чел.
- научных сотрудников без степени	39 чел.
Молодых научных работников (до 33 лет)	38 чел.
Количество аспирантов очного и заочного обучения	26 чел.

### СТРУКТУРА КАДРОВ

Категория персонала	Общая численность работающих по состоянию на 30.12.2006 г.	В том числе		
		в возрасте до 33 лет	число работ. пенсионеров	
			всего	из них женщин
Всего работающих, из них:	260	59	95	52
1. научные	101	38	23	6
2. научно-технические	75	15	30	25
3. инженерно-технические	19	1	8	2
4. административно-управленческий персонал	15	2	4	2
5. рабочие	22	2	9	-
6. МОП	28	1	21	17

Средний возраст докторов наук – 58,2

Средний возраст кандидатов наук – 46,8

Средний возраст научных сотрудников (без степени) – 36.

Количество научных сотрудников, уволившихся за отчетный год: 6 кандидатов наук и 4 научных сотрудника без степени.

#### Членство в различных советах и научных сообществах:

Кабанов М.В., член-корреспондент РАН, профессор:

- член Американского физического общества,
- член Объединенного Ученого Совета по наукам о Земле,
- член секции в Совете по Государственной научно-технической программе “Глобальные изменения природной среды и климата”,
- член секции «Природно-ресурсные и экологические космические исследования»

- Совета по космосу РАН,
- член Сибирской секции Проблемного совета по экологии и чрезвычайным ситуациям,
  - член научного совета РАН по комплексной проблеме «Распространение радиоволн»,
  - член Комиссии по радиации при национальном Геофизическом комитете РАН
  - член диссертационного совета Д 212.267.04 ,
  - председатель Научно-технического Совета по проекту СО РАН “Климато-экологический мониторинг Сибири”,
  - член редколлегии журнала “Оптика атмосферы и океана”,
  - член редколлегии журнала «География и природные ресурсы»,
  - академик Метрологической Академии.

- Тихомиров А.А., доктор технических наук, профессор:
- член Объединенного Ученого Совета по физико-техническим наукам,
  - участник Общего собрания РАН
  - член диссертационного совета Д 212.268.04

- Крутиков В.А., доктор физико-математических наук:
- член Объединенного Ученого Совета по наукам о Земле,
  - член диссертационного совета Д 003.029.01

- Дюкарев А.Г., доктор географических наук
- член диссертационного совета Д.212.267.15
  - член экспертного совета Всероссийского студенческого конкурса “Эколог 21 века”.

- Гордов Е.П., доктор физико-математических наук, профессор:
- член Европейской Академии наук
  - член Научного Совета СО РАН по информационно-телекоммуникационным ресурсам СО РАН
  - член Бюро Научного Совета СО РАН по биоинформатике
  - заместитель Председателя Сибирского отделения Российского Национального Совета по Международной геосферно-биосферной программе
  - Американский геофизический союз

- Ипполитов И.И., доктор физико-математических наук, профессор:
- член дисс. совета Д 212.267.14 при ТГУ

- Поздняков А.В., доктор географических наук, профессор:
- председатель Диссертационного совета Д 212.267.15 при ТГУ,
  - член диссертационных советов Д 212.267.09, К 212.267.07,
  - руководитель Всероссийского методологического семинара по проблемам устойчивого развития,
  - академик Академии наук технологической кибернетики Украины,
  - член-корреспондент Академии естествознания,
  - действительный член Академии естественных наук, по отделению «Ноосферные знания и технологии»

- Красненко Н.П., доктор физико-математических наук, профессор:
- член диссертационного совета Д 212.268.04
  - член Российского акустического общества, руководитель Томского регионального Отделения

- Тимошок Е.Е., доктор биологических наук:  
 - член диссертационного совета Д 212.267.09  
 - член Русского ботанического общества

- Росновский И.Н., доктор биологических наук:  
 – член диссертационных советов Д.212.267.09 и Д.212.267.15

- Гейко П.П., доктор физико-математических наук  
 - член диссертационного совета Д 212.268.04  
 - член ученого совета радиофизического факультета ТГУ  
 - член Американского оптического общества

- Дюкарев Е.А., кандидат физико-математических наук:  
 - член Американского геофизического общества (AGU)

- Богушевич А.Я., кандидат физико-математических наук:  
 - член Российского акустического общества

- Бех И.А., кандидат сельскохозяйственных наук  
 – член Всероссийского общества лесоводов

Дюкарев А.Г., д.г.н., Росновский И.Н., д.б.н., Пологова Н.Н., к.б.н., Давыдов В.В., к.б.н., Читоркина О.Ю., к.б.н., Степанова Т.С., Печень-Песенко О.Э. – члены Всероссийского Докучаевского общества почвоведов.

Кривец С.А., к.б.н., Демидко Д.А., м.н.с., Коровинская Е.Н., м.н.с. – члены Русского энтомологического общества.

Горошкевич С.Н., к.б.н., Велисевич С.Н., к.б.н., Зотикова А.П., к.б.н., Бендер О.Г., к.б.н., Николаева С.А., к.б.н., Диркс М.Н., к.б.н., Скороходов С.Н., Загорулько В.А. - члены Русского ботанического общества

Загорулько В.А., м.н.с. – член Ассоциации геоморфологов России, член Ассоциации изучения Центральной Азии, член Русского географического общества

Поздняков А.В., д.г.н., Хон А.В., н.с., Волкова Е.С., м.н.с., Пучкин А.В., м.н.с. – члены Русского географического общества

Раков Д.С., асп. – член Российского акустического общества.

### АСПИРАНТУРА

По состоянию на 31.12.2007 года послевузовское профессиональное образование с отрывом от производства (очно) получали 25 аспирантов и 3 аспиранта обучались без отрыва от производства (заочно); на начало 2007 года численность составляла 37 очников.

Аспирантами очного обучения диссертационные работы выполняются по следующим специальностям.

Шифр и наименование специальности	На 31.12.2007 г.	
	очно	заочно
01.04.05 – Оптика	2	-
03.00.05 – Ботаника	5	-
03.00.16 – Экология	4	1

05.11.07- Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы	-	-
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	5	2
06.06.03 – Лесоведение, лесоводство, лесные пожары и борьба с ними	1	-
25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы	4	-
25.00.36 – Геоэкология	4	-
Итого	25	3

В течение 2007 года закончили теоретический курс очного обучения 10 аспирантов; 6 аспирантов очников представили диссертационные работы на обсуждение на научные семинары отделений Института; по собственному желанию отчислены из аспирантуры 3 аспиранта очника и 3 очника отчислены за неуспеваемость (всего выбыло 16 аспирантов).

Из окончивших очную аспирантуру 10 аспирантов трудоустроены в ИМКЭС СО РАН на должности старшего лаборанта-исследователя - 4, инженера-исследователя - 1, младшего научного сотрудника – 1, научного сотрудника -1, остальные (3) трудоустроились самостоятельно.

В течение года в рамках аспирантуры работали приемная комиссия и комиссии по приему вступительных экзаменов по специальностям; аттестационная комиссия, осуществлявшая аттестацию работы аспирантов за учебный год; комиссии по приему кандидатских экзаменов по специальностям, в состав которых включены доктора и кандидаты наук.

По результатам вступительных экзаменов приемной комиссией приняты на первый курс очной аспирантуры 7 человек, из них выпускников ВУЗов 2007 года: ТГУ – 5 человек (в т.ч.1 магистр), ТУСУР – 1 человек, Новосибирский государственный аграрный университет – 1 человек.

На заседаниях аттестационной комиссии заслушаны отчеты аспирантов очной и заочной форм обучения о результатах работы за очередной учебный год, а также рассмотрены темы и планы диссертационных работ аспирантов первого года обучения.

Пройдя подготовку на кафедре философии при ТНЦ сдали кандидатские экзамены по истории науки и философии 5 аспирантов; кафедра иностранных языков ТНЦ подготовила к сдаче кандидатского экзамена 10 аспирантов; кандидатские экзамены по специальности в рамках аспирантуры сдали 6 аспирантов очников.

В 2007 году защитили кандидатские диссертации Демидко Д.А. (выпуск 2006 года, специальность 03.00.16 – Экология, научный руководитель Кривец С.А., к.б.н.); Коровинская Е.Н. (выпуск 2006 года, специальность 03.00.16 – Экология, научный руководитель Кривец С.А., к.б.н.); Ланский Г.В. (выпуск 2005 года, научный руководитель Андреев Ю.М., д.ф.-м.н.); Мельник М.А. (выпуск 2003 года, специальность 25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география, научный руководитель Поздняков А.В., д.г.н.); Попов В.Н. (выпуск 2005 года, специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, научный руководитель Тартаковский В.А., д.ф.-м.н.).

Научное руководство аспирантами в течение 2006/2007 учебного года осуществляли доктор наук Андреев Ю.М. (2 очника, специальность 01.04.05), Гейко П.П. (1 очник, специальность 01.04.05), Гордов Е.П. (3 очника, специальности 05.13.18, 25.00.29), Дюкарев А.Г. (2 очника, специальности 03.00.05, 03.00.16), Ипполитов И.И. (2 очника, специальность 25.00.29), Красненко Н.П. (1 очник, специальность 25.00.29), Крутиков В.А. (3 очника, специальность 05.13.18), Поздников А.В. (3 очника, специальность 25.00.36), Росновский И.Н. (1 очник, специальность 03.00.16), Тартаковский В.А. (2 оч-



ника, специальность 03.00.16), Тимошок Е.Е. (3 очника, специальность 03.00.16), Тихомиров А.А. (2 очника, специальности 03.00.16, 25.00.36);

кандидаты наук Бляхарчук Т.А. (1 очник, специальность 03.00.16), Ботыгин И.А., доцент ТПУ (2 очника, специальность 05.13.18), Велисевич С.Н. (1 очник, специальность 06.03.03), Горошкевич С.Н. (4 очника, специальность 03.00.05), Дюкарев Е.А. (1 очник, специальность 25.00.36), Зотикова А. П. (2 очника, специальность 03.00.05); Кривец С.А. (1 очник, специальность 03.00.16), Прейс Ю.И. (2 очника, 1 заочник, специальности 03.00.16, 05.13.18).

В качестве соруководителя по диссертационным исследованиям на стыке специальностей привлечен Голованов А.Н., д.т.н., ТГУ (аспирант Суков Я.В.).

На 01.01.2008 года научное руководство осуществляют 15 сотрудников Института, 1 сотрудник ТПУ и 1 сотрудник ТГУ, из них 12 докторов и 5 кандидатов наук.

Аспиранты участвовали в проводившемся VII Сибирском совещании по климато-экологическому мониторингу. Материалы докладов, авторами или соавторами которых являлись аспиранты Анисимов Д.А., Артемова Е.П., Бисирова Э.М., Климова Н.В., Козлов Д.С., Пропастилова О.Ю., Рудник Т.И., Саркисов С.Ю., Филимонова Е.О., Харюткина Е.В., включены в сборник материалов совещания.

Объявлен ежегодный конкурс научных печатных работ аспирантов по экологии, геоэкологии, гидрологии и климатологии.

### **2.3. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ**

#### **Сотрудники, выезжавшие в загранкомандировки**

За границу в 2007 г. выезжали следующие сотрудники ИМКЭС СО РАН:

- 1) Гордов Е.П. – директор Сибирского Центра климато-экологических исследований и образования (СЦ КЛИО), участие в стартовом митинге проекта ЕС Enviro-RISKS, 01.05.07–05.05.07, г. Хельсинки, Финляндия; Участие с 3 докладами в работе симпозиума NEESPI по исследованиям в Северной Евразии и саммита NEESPI, 10–18 ноября 2007 Международный институт прикладного системного анализа (IIASA), г. Лаксенбург, Австрия; участие в юбилейной конференции IIASA.
- 2) Красненко Н. П. – руководитель Группы акустических исследований, участие с 2 докладами в работе 19-го Международного конгресса по акустике, 4 – 8 сентября 2007, г. Мадрид, Испания.
- 3) Грибенюков А.И. – руководитель научно-технологической группы конструкторско-технологической лаборатории, ознакомление с работами ЦИМЭ по тематике, представляющей интерес для ИМКЭС СО РАН и оборудованием для технологии и метрологии исследуемых в ЦИМЭ материалов, 6–16 апреля 2007, Сингапур.
- 4) Верозубова Г.А. – старший научный сотрудник научно-технологической группы конструкторско-технологической лаборатории, ознакомление с работами ЦИМЭ по тематике, представляющей интерес для ИМКЭС СО РАН и оборудованием для технологии и метрологии исследуемых в ЦИМЭ материалов, 7–12 апреля 2007, Сингапур.
- 5) Дюкарев Егор Анатольевич – научный сотрудник лаборатории физики климатических систем, участие с докладом в Генеральной Ассамблее Европейского Геофизического союза, 15–22 апреля 2007, Вена, Австрия.
- 6) Саркисов Сергей Юрьевич – аспирант лаборатории экологического приборостроения, научная стажировка, 1 февраля – 31 мая 2007, Региональная лаборатория CASTI Италия.

- 7) Бляхарчук Т.А. – научный сотрудник лаборатории биоинформационных технологий, научная работа по программе Фулбрайта, 1 января – 30 июня 2007, Центр прикладных изотопных исследований Университета Джорджии, США.

#### Сотрудничество с зарубежными партнерами

В 2007 году в ИМКЭС СО РАН выполнялись следующие международные **контракты**:

1) «Подготовка и поставка мелких партий экспериментальной научно-технической продукции: Оптические элементы на основе монокристаллов ZnGeP<sub>2</sub> и GaSe»

Контракт IMCES/MolTech-03-19042004 от 19.04.2004

Рег. НТИМИ № 0478/01/04

Заказчик – Фирма с ограниченной ответственностью «Molecular Technology GmbH», Rudower Chausse 29-31 (OWZ), D-12489 Berlin, BRD.

Координаторы работ: Грибенюков Александр Иванович, Максимов Е.Е. (Директор, профессор) и Александр Хоферихтер (советник по коммерции)

Начало работ 19.04.2004 Окончание работ 19.04.2009

Результаты работ в 2007 году: В связи с «блокадой» валютного счета работы в 2007 г. не выполнялись.

2) Подготовка и поставка экспериментальной научно-технической продукции: двух нелинейно-оптических элементов на основе монокристалла дифосфида цинка-германия (ZnGeP<sub>2</sub>)

Контракт № IMCES/Tsinghua Tongfang-141205 от 15.01.2006

Рег. НТИМИ

Заказчик – Компания Tsinghua TongFang Co. Ltd. (Китайская Народная Республика, г. Пекин)

Цингуа Тонгфанг Корпорейшн, Лтд.

Координаторы работ: Грибенюков Александр Иванович, Ши Хан Фенг (директор)

Начало работ: 15.01.2006 Окончание работ: 15.12.2007

Результаты работ в 2007 году: В связи с «блокадой» валютного счета работы в 2007 г. не выполнялись.

3) “Изготовление и поставка экспериментального поликристаллического ZnGeP<sub>2</sub>”.

Контракт DSOCO – 05212 от 25.01.2006

Рег. НТИМИ № 0065/01/06.

Заказчик – Национальные научно-исследовательские лаборатории Министерства обороны Сингапура (DSO National Laboratories), 20, Science Park Drive, Singapore, 118230

Координаторы работ: Грибенюков Александр Иванович, Джонатан Лин (менеджер проекта)

Начало работ: 25.01.2006 Окончание работ: 25.01.2007

Результаты работ в 2007 году: контракт выполнен

4) «НИР и поставка мелких партий элементов нелинейной оптики на основе монокристаллов ZnGeP<sub>2</sub>»

Контракт ИМКЭС/ЕКСPLA – 1/300304 от 01.04.2004

Рег. НТИМИ № 0488/01/04.

Заказчик – Экспла Лтд. (EKSPLA, Ltd.), Savanoriu av. 231, LT-02300, Vilnius, LITHUANIA;

Координаторы работ: Грибенюков Александр Иванович, Мариус Семета

Начало работ: 01.04.2004 Окончание работ: 31.03.2008

Результаты работ в 2007 году: В связи с «блокадой» валютного счета работы в 2007 г. не выполнялись.

5) «Поставка 1 кг поликристаллического ZnGeP<sub>2</sub>».

Контракт CSTAP -1684 от 20.02.2006

Рег. НТИМИ № 0138/01/06.

Заказчик – Кинетик Лтд. (QinetiQ, Ltd.), St. Andrews Road, Malvern, Worcestershire, WR14 3PS

Координаторы работ: Грибенюков Александр Иванович, Весли Даун

Начало работ: 20.02.2006 Окончание работ: 15.03.2007

Результаты работ в 2007 году: контракт выполнен

б) «Подготовка и поставка мелких партий экспериментальной научно-технической продукции: Оптические и нелинейно-оптические элементы на основе монокристалла дифосфида цинка-германия (ZnGeP<sub>2</sub>)».

Генеральное соглашение № IMCES/ИОНИТ – 241204 от 14.03.2005

Рег. НТИМИ № 0393/01/05.

Заказчик – Харбинский технологический институт, Институт оптоэлектроники, No. 92, West Dazhi Str., Nangang Dist., Harbin, P.R. China 150001.

Координаторы работ: Грибенюков Александр Иванович

Начало работ: 14.03.2005 Окончание работ: 14.03.2008

Результаты работ в 2007 году: В связи с «блокадой» валютного счета работы в 2007 г. не выполнялись.

7) Enviro-RISKS: Man-induced Environmental Risks: Monitoring, Management and Remediation of Man-made Changes in Siberia

Контракт ЕС ИНКО № 013427 от 11.10.2005

Заказчик – Европейская комиссия

Координаторы работ: Кабанов Михаил Всеволодович, Бакланов Александр (старший научный сотрудник Датского метеорологического института)

Начало работ: 01.11.2005 Окончание работ: 01.11.2008

Результаты работ в 2007 году: Проект web-портала и распределенной базы данных в 2007 году в ИМКЭС получил свое дальнейшее развитие в части создания геоинформационного портала, построенного на «открытых кодах».

Проведено тестирование версии портала, реализованного на двух различных платформах интерпретаторов ГИС на открытых кодах. Другое направление связано с разработкой специализированных вычислительных и ГИС-блоков для интегрированной обработки многопараметрической совокупности данных. Наиболее важные научные результаты получены в связи с обработкой результатов многолетних данных экспедиционных исследований стратиграфических колонок торфяных отложений на ключевых участках Большого Васюганского болота. Кроме того, начата разработка информационно-измерительной технологии пространственно временного анализа импульсного электромагнитного поля Земли как источника информации о литосферных процессах и неоднородностях и связанной с ними вероятностью природных и техногенных рисков.

Наряду с систематическими исследованиями, проводимыми в ИМКЭС на совокупности своих исследовательских стационаров, в течение весенне-летнего и осеннего периодов времени в была осуществлена серия экспедиционных исследований. Это позволило получить дополнительные данные о состоянии окружающей среды в наиболее характерных для Сибири районах: лесные, лесо-болотные и болотные природные комплексы, а также озерковые отложения Западной Сибири, Горного Алтая и Саян.

Подготовлены финансовый и научный отчеты по 2 году выполнения контракта.

Кроме того, ИМКЭС СО РАН поддерживает следующие научные **контакты**:

1) Договор о сотрудничестве с Северо-Восточным лесным университетом (Харбин, КНР). Основное содержание договора - исследование, резервация и использование генофонда азиатских видов *Pinus* из подрода *Haploxylon*, главным образом, кедровых сосен: кедр сибирского, кедр корейского и кедрового стланика. В 2006 г. принимали в ИМКЭС китайскую делегацию в составе 6 человек. Проведен совместный научный семинар. Кроме того, проведен обмен генетическим материалом кедровых сосен: семенами и черенками на срок до 2008 г.

2) Соглашение по сотрудничеству между Министерством экологии и чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики (г. Бишкек) и Институтом мониторинга климатической и экологических систем СО РАН (Г. Томск).

3) Проект ЕС CIRCLE – программа по исследованию воздействия глобальных изменений климата, которая включает 12 стран-членов ЕС и 5 стран-наблюдателей (в том числе Россию). ИМКЭС входит в программу наблюдателем с перспективой стать активным членом программы.

4) Проект НАСА NELDA (Northern Eurasia Land Dynamics Analysis) – создание сети испытательных станций для анализа земельного покрова в бореальной и умеренной зонах северной Евразии, использование этих испытательных станций для проверки глобальных и региональных моделей земельного покрова и его изменений, разработка методов для континентального картирования нарушений растительности, и составление новой карты земельного покрова северной Евразии, основанной на данных MODIS.

5) Проект ЕС GMES Network of Users (GNU) – создание независимой платформы, которая станет фокусом и сосредоточением нужд пользователей GMES и более того стимулирует ведение постоянного диалога между заинтересованными кругами. GNU повысит значимость различных проектов, связанных с GMES, что даст возможность обмениваться накопленным опытом и полученными решениями, даст преимущества от синергетики проектов и предотвратит проведение одинаковых исследований. Проект начат в ноябре 2007 года.

#### Посещение Института иностранными специалистами

№ п/п	Ф.И.О., дата рождения	Страна	Учреждение, должность	Цель визита	Даты визита	Сотрудники института, принимавшие участие в приеме
1.	Чарльз Рэймонд Лэйн Charles Raymond Lane, 02.08.1972	США	Управление по охране окружающей среды США, отделение исследования экосистем, Исследователь	Обсуждение деталей партнерского проекта, предложенного в МНТЦ, по изучению изолированных болот Обь-Томского междуречья	11.09.2007 – 15.09.2007	Кабанов М.В., Гордов Е.П., Генина Е.Ю., Головацкая Е.А., Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н.
2.	Брэдли Коул Отри Bradley Cole Autrey, 04.10.1970	США	Управление по охране окружающей среды США, отделение исследования экосистем, Исследователь	Обсуждение деталей партнерского проекта, предложенного в МНТЦ, по изучению изолированных болот Обь-Томского междуречья	11.09.2007 – 15.09.2007	Кабанов М.В., Гордов Е.П., Генина Е.Ю., Головацкая Е.А., Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н.

3.	Лех Шайдак Lech Szajdak, 10.02.1953	Польша	Исследовательский центр сельского хозяйства и леса Польской академии наук,  Профессор	Участие во Всероссийской школе молодых ученых с международным участием «Болота и биосфера», предварительные соглашения о сотрудничестве, научный обмен между Польской и Российской академиями наук	10.09.2007 – 24.09.2007	Дюкарев А.Г., Головацкая Е.А., Пологова Н.Н., Генина Е.Ю., Зотикова А.П.
4.	Терье Хоун* Terje Hauan,	Норвегия	Фирма Микроимпульс, Исполнительный директор	Обсуждение совместных работ	17.10.2007 – 19.10.2007	Крутиков В.А., Мальшков Ю.П., Мальшков С.Ю.
5.	Эспен Кристофферсен* Espen Kristoffersen	Норвегия	Фирма МикроимпульсЮ  Главный технический директор	Обсуждение совместных работ	17.10.2007 – 19.10.2007	Крутиков В.А., Мальшков Ю.П., Мальшков С.Ю.

Международные научные мероприятия, проведенные ИМКЭС СО РАН

В 2007 г. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН совместно с Сибирским Центром климато-экологических исследований и образования (СЦ КЛИО) провел 1 международное научное мероприятие:

Международную конференцию и школу молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: “СITES-2007”, Томск, 14-25 июля 2007. В работе конференции и школы приняли участие 130 специалистов из России, Украины, Узбекистана, Казахстана, Франции, Германии, Норвегии, Австрии, Дании, Японии, из них 60 молодых ученых.

Финансовую поддержку оказали:

Проект РП6 ENVIROMIS-2 (№ 031303)

Проект APN (CBA2007-08NSY)

Проект РП6 Enviro-RISKS (3 013427)

Министерство науки и образования РФ (контракт № 02.517.11.9011)

*Иностранные участники конференции CITES-2007, 14–25 июля 2007 г., Томск  
Участники из СНГ*

№	ФИО	Страна	Научный центр, адрес	Должность
1.	Паламарчук Юлия Олеговна	Украина	Гидрологический и метеорологический центр Черного и Азовского морей, Одесса	Аспирантка
2.	Ночвай Владимир Иванович	Украина	Киево-Могилянская Академия, Киев	Научный сотрудник
3.	Бунь Андрий	Украина	Львовский национальный политехнический университет, Львов	Аспирант
4.	Иванова Елена Васильевна	Украина	Одесский государственный экологический университет	Аспирантка
5.	Дубицкая Светлана Владимировна	Украина	Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск	Аспирантка
6.	Азизов Азамат Атакузиевич	Узбекистан	Узбекский национальный университет, Ташкент	Старший научный сотрудник
7.	Толкачева Галина Александровна	Узбекистан	Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент	Зав. отделом
8.	Рахматова Нателла Ильтефат	Узбекистан	Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент	Научный сотрудник
9.	Горяева Виолетта Станиславовна	Узбекистан	Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент	Аспирантка
10.	Закарин Эдиге Аскарлович	Казахстан	КазГеоКосмос, Алматы	Директор
11.	Миркаримова Бибигуль	Казахстан	КазГеоКосмос, Алматы	Референт
12.	Габбасова Найля Нургалиевна	Казахстан	КазГеоКосмос, Алматы	Аспирантка
13.	Тусеева Наталия Багдатовна	Казахстан	КазГеоКосмос, Алматы	Аспирантка

*Участники из дальнего зарубежья*

№	ФИО, дата рождения, гражданство	Страна	Научный центр	Должность
1.	Gerard Vegni Жерар Беньи, 05.03.1950 Франция	Франция	Французский национальный центр космических исследований	Ведущий эксперт по наукам об окружающей среде
2.	Најиме Акимото Хаджими Акимото, 09.01.1940 Япония	Япония	Японское агентство по науке и технике для окружающей среды	Директор программ
3.	Irie Hitoshi Ирие Хитоши, 25.12.1974 Япония	Япония	Японское агентство по науке и технике для окружающей среды	Докторант



4.	Юго Канайя Yugo Kanaya, 11.03.1973 Япония	Япония	Японское агентство по науке и технике для окружающей среды	Старший научный сотрудник
5.	Масаюки Такигава Masayuki Takigawa, 09.06.1971 Япония	Япония	Японское агентство по науке и технике для окружающей среды	Научный сотрудник
6.	Мартин Хайманн Martin Heimann, 01.03.1949 Германия	Германия	Институт Макса Планка по биогеохи- мии	Директор

Примечание: Даты рождения приводятся для участников конференции из дальнего зарубежья, для которых оформлялись приглашения для получения визы.

## 2.4. ИТОГИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### ПУБЛИКАЦИИ

В таблице приведены сравнительные данные по научной деятельности Института за последние 5 лет:

	2003	2004	2005	2006	2007
Публикации	222	276	260	440	
Монографии (учебные пособия)	1	8	3	1 (8)	3 (1)
Статьи в рецензируемых журналах	37	46	58	62	35
Статьи в зарубежных журналах и сборниках	31	26	37	32	16
Статьи в сборниках	60	42	78	175	247
Доклады на симпозиумах	93	154	84	162	219
Международные	69	105	69	111	102
Российские	15	31	7	39	102
Региональные	9	18	9	12	15
Участие в выставках	7	10	11	10	9

### ОХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В 2007 году поданы 4 заявки на изобретения:

1. «Устройство для регулирования циркуляции теплоносителя в гелиотехнических системах», авторы; Ерофеев В.Я., Тарасова А.И. з. № 2007113285/28(014427), пр. 9 04.07.
2. «Моностатический способ определения расстояния до объекта, его направление и скорости движения», автор Зуев С.В.
3. «Способ измерения мощности лазерного излучения», Ерофеев В.Я., Выборнов П.В., з. № 2007133060/28(036081), пр. 3.09.07.
4. «Устройство для учебной демонстрации физико-химических явлений», авторы Кабанов М.В., Ерофеев В.Я., Ерофеев В.В.

Подано 1 заявление на регистрацию Программы для ЭВМ: «Bipolar pulse power supply (Vpps)», автор Выборнов П.В

Получены положительные решения:

1. «Ультразвуковой термоанемометр с устройством автоматического восстановления точностных характеристик измерений», авторы: Азбукин А.А., Богушевич А.Я., Ильичевский В.С., Корольков В.А., Шелевой В.Д. з. № 2006119583/28(021283), пр. 5.06.06.
2. Способ определения высоты, направления и скорости движения нижней границы облачности», Зуев С.В.2006123966/28(026001), пр. 4.07.06.
3. «Автономная система слежения за перемещением Солнца по небосводу», авторы: Ерофеев В.Я., Кабанов М.В., Гупало Д.Ф., Тарасова А.И. № 2006103187/06(003475), пр. 3.06.07.

За этот период получено 3 Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ:

1. Программа «Управление и контроль», Выборнов П.В. Свидетельство № 2007610894
2. Программа «Управление и контроль. Импульсный режим», Выборнов П.В. Свидетельство № 2007610893
3. Программа «Bipolar pulse power supply (Bpps)», Выборнов П.В. Свидетельство № 2007611346

Прекратил действовать досрочно (не оплачена пошлина)

1. Патент 2257275 (ИЗ) Инструмент для развальцовки труб(1/03)  
Ерофеев В.Я., Кабанов М.В.

Поддерживались в силе 16 патентов на изобретения:

№ пп	№ заявки (Р-8)	№ охранного документа	Наименование патентов, авторы	Дата подачи и год действия патента	Сумма, руб.	Затраты по подразделениям, руб
1	1/01	2208224 (ИЗ)	Способ измерения энергии оптического и СВЧ излучения Корольков В.А.	14.03.01. 7 год	600	ЛЭП-600
2	1/99	2186348 (ИЗ)	Автономный термограф Ерофеев В.Я. Кабанов М. В.	19.04.99. 9 год	900	КТЛ-450 ОГФИ-450
3	1/04	2267744 (ИЗ)	Интерференционный способ изм. радиуса кривизны оптической детали Симонова Г.В. Половцев И.Г.	15.06.04. 4 год	450	ЛБИТ-450
4	1/02	2238575 (ИЗ)	Способ прогноза землетрясений Мальшков Ю.П. Мальшков С.Ю. Гордеев В.Ф. Шталин С.Г.	13.06.02. 6 год	450	ЛГИТ-450
6	2/01	2207546 (ИЗ)	Фототермоакустический газоанализатор Азбукин А.А., Булдаков М.А., Корольков В.А., Матросов И.И.,Бурков В.В. Занин В.В.	23.07.07. 7 год	600	ЛЭП-600
7	2/03	2257599 (ИЗ)	Способ автономного измерения влажности воздушной среды Ерофеев В.Я. Кабанов М.В.	11.08.03. 5 год	450	КТЛ-225 ОГФИ-225
8	2/04	2269850	Схема возбуждения лазеров на парах металлов Татур В.В. Выборнов П.В.	10.08.04. 4 год	450	КТЛ-450
9	3/03	2251096 (ИЗ)	Устройство для изм. порога дистанционного зондирования Корольков В.А.	19.09.03. 5 год	450	ЛЭП-450
11	2/98	2174674 (ИЗ)	Способ автономного измерения перегрева объекта в аварийных ситуациях Ерофеев В.Я. Кабанов М.В.	30.12.98. 10 год	900	КТЛ-450 ОГФИ-450

12	3/02	2244291 (ИЗ)	Двухкомпонентный оптический газоанализатор Азбукин А.А. Булдаков М.А., Корольков В.А., Матросов И.И. Бурков В.В. Занин В.В.	10.12.02. 6 год	450	ЛЭП-450
13	4/04	2286280(ИЗ)	Способ приведения в действие механизма подъема заградительной детали на ж/д переездах Ерофеев В.Я. Кабанов М. В.	11.01.05. 4 год	300	КТЛ-150 ОГФИ-150
14	6/99	2185643 (ИЗ)	Актинометр автономный Ерофеев В.Я. Кабанов М. В.	3.02.00. 9 год	900	КТЛ-450 ОГФИ-450
15	7/99	2244218 (ИЗ)	Регулятор подачи газа Ерофеев В.Я. Кабанов М. В.	3.02.00. 9 год	900	КТЛ-450 ОГФИ-450
16	2/05	Заявка № 2006103 187/06 (003475)	Автономная система слежения за перемещением Солнца по небосводу Ерофеев В.Я. Кабанов М. В Гупало Д.Ф. Тарасова А.И.	3.02.05 3 год	300	КТЛ-100 ЛЭП-100 ОГИ-100

### **УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ**

№№	Наименование выставки (ранг)	Место и время проведения	Участие (демонстрируемые приборы, стенды, экспозиции и т.д.)	Награды
1	IV Междунар. выставка «Нефть. Газ. Химия. Экология-2007». (В рамках «II Междунар. промышл. Форума-2007»)	Набережные Челны 14-16 февраля	Заочное участие через СО РАН ДОГ-4, АМК-03 (рекламные материалы)	Диплом Института за участие
2	Междунар. выставка «Сибнедра. Горное дело Сибири-2007», «Сибнефтегаз-2007», «Металлы Сибири-2007».	Новосибирск «Сибирская ярмарка» 27-29 марта	МГР-01, «Прочность-1» (приборы, рекламные материалы)	
3	Выставка «Жилищно-комм. комплекс г.Красноярска» в рамках Междунар.экономич.форума Ассамблей столиц и крупных городов «Реформа городского хозяйства и малый бизнес: проблемы и пути решения».	Красноярск 29-31 марта	МГР-01, «Прочность-1», «Фаза», АМК-03, ДОГ-4 (приборы, рекламные материалы)	Сертификат участника
4	Фотовыставка к 50-летию СО РАН	Новосибирск, 18мая-14июня		

5	Юбилейная выставка «Пять десятилетий в истории СО РАН»	Новосибирск 18 мая- 18 июня (Музей СО РАН)	ДОГ-4 (прибор), планшеты	
6	III Юбилейная Урало-Сибирская научно-промышленная выставка	Екатеринбург 19-21 июня	МГР-01, Фаза, «Прочность-1» (приборы), АМК-03 (плакат), ДОГ-4 (плакат), рекламные материалы	Диплом Института за участие
7	Инновационный потенциал Российско-Казахстанского сотрудничества в сфере наукоемких технологий	Новосибирск 4-5 октября	Заочное участие через СО РАН Стенд (АМК-03, МГР-01, шлюз «Прочность-1»), рекламные материалы	Диплом Института за участие
8	15-я специализированная выставка «Наука Сибири-2007»	Новосибирск 23-26 октября	АМК-03, МГР-01, «Прочность-1» (приборы), видеоролик (МГР-01), рекламные материалы	
9	Постоянно действующая выставка СО РАН	Новосибирск	ДОГ-1, РГА-11, Монокристаллы ZnGeP <sub>2</sub> , АМТ, МГР-01, АМК-03, «Фаза», «Прочность-1», Стоматологический инструмент (приборы и рекламные материалы).	

### **СВЯЗЬ С ВУЗАМИ**

Наличие	Количество	Название вуза
факультета, для которого институт является базовым		
филиала вуза в институте		
учебно-научного центра по подготовке высококвалифицированных специалистов		
совместных кафедр с вузами		
совместных лабораторий с вузами		
совместной научной инфраструктуры: экспериментальных стендов, полигонов, информационно-коммуникационных сетей и т.д.		
других образовательных учреждений, созданных с участием научных учреждений СО РАН (указать вид учреждения): 1. Филиал кафедры метеорологии и климатологии ТомГУ 2. Филиал кафедры электронных приборов ТУ-СУР	7	Томский государственный университет Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

3. Филиал кафедры радиотехнических систем ТУСУР		Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
4. Филиал кафедры «Оптико-электронные системы и дистанционное зондирование»		Томский государственный университет
5. Филиал кафедры лесоведения и зеленого строительства		Томский государственный университет
6. Филиал Отделения послевузовского профессионального образования		Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
7. Некоммерческое партнерство «Сибирский центр климато-экологических исследований и образования»		Томский государственный университет, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

На совместных кафедрах обучаются 75 студентов 3-5 курсов и магистрантов.

Непосредственно в Институте под руководством научных сотрудников выполняют дипломные работы или магистерские диссертации 22 студента

Сколько научных сотрудников участвуют в работе со студентами, магистрантами и аспирантами:	Общее число	Доктора наук	Кандидаты наук
-преподают в вузах	19	6	12
- руководят дипломными проектами, магистерскими диссертациями	30	5	19
- руководят аспирантами	15	8	7

Сотрудниками Института подготовлено и издано 1 учебное пособие.

Сотрудники Института, осуществляющие преподавательскую деятельность:

№	ФИО	Должность	Учреждение
1	Бех Иосиф Афанасьевич	доцент кафедры, к.с.-х.н., с.н.с.	ТГУ
2	Бородавко Павел Станиславович	доцент, к.г.н.	ТГУ
3	Булдаков Михаил Аркадьевич	ст. инженер кафедры, к.ф.-м.н.	ТГУ
4	Волков Юрий Викторович	доцент кафедры, к.т.н.	ТПУ
5	Волкова Елена Сергеевна	доцент кафедры, к.г.н.	ТГПУ
6	Гейко Павел Пантелеевич	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТГУ
7	Гордеев Василий Федорович	ст. преподаватель, к.т.н.	ТГАСУ
8	Гордов Евгений Петрович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТГУ



9	Демидко Денис Александрович	ассистент кафедры	БГПУ
10	Золотов Сергей Юрьевич	доцент кафедры, к.ф.-м.н.	ТУСУР
11	Зотикова Альбина Петровна	доцент кафедры, к.б.н., доцент	ТГУ
12	Кабанов Михаил Всеволодович	профессор кафедры, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН	ТГУ
13	Красненко Николай Петрович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТУСУР
14	Мягков Александр Сергеевич	ст. преподаватель	ТУСУР
15	Нагорский Петр Михайлович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТГУ
16	Поздняков Александр Васильевич	профессор кафедры, д.г.н	ТГУ
17	Пучкин Алексей Васильевич	доцент кафедры, к.г.н.	ТГУ
18	Симонова Галина Владимировна	старший преподаватель, к.т.н.	ТГУ
19	Тихомиров Александр Алексеевич	профессор кафедры, д.т.н.	ТУСУР
20	Читоркина Ольга Юрьевна	доцент, к.б.н.	ТГПУ

### **ОФИЦИАЛЬНОЕ ПРИЗНАНИЕ**

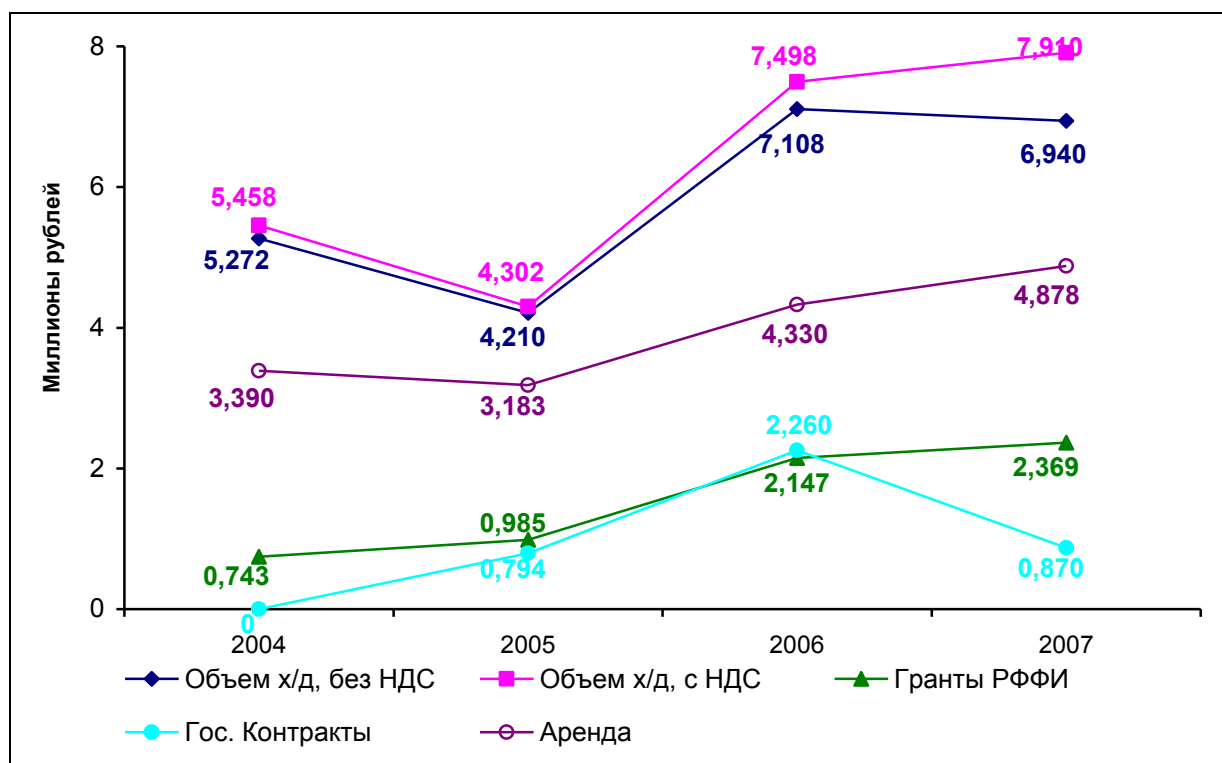
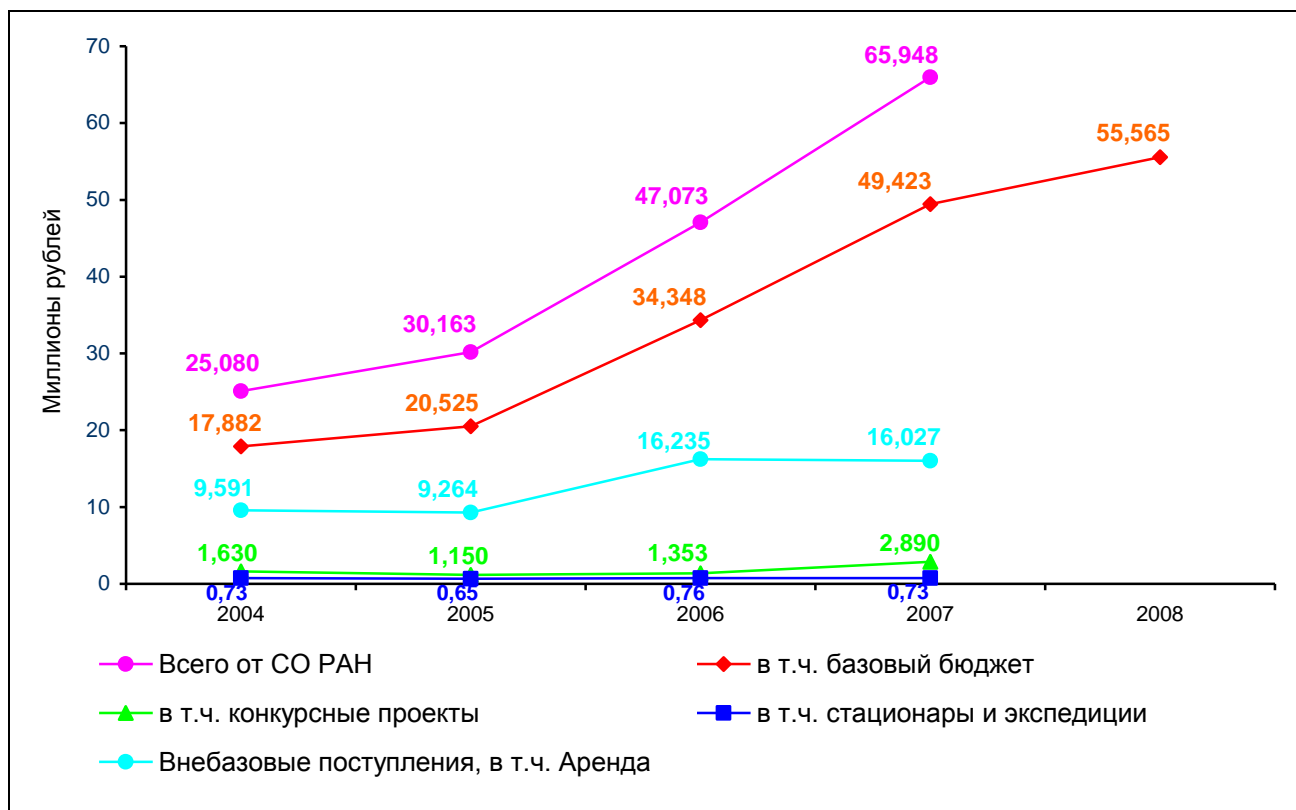
Почетной грамотой РАН и Профсоюза РАН награждены 8 сотрудников (Андреев Ю.М., Горошкевич С.Н., Ильичевский В.С., Калинин Е.А., Логинов С.В., Печень-Песенко О.Э., Седельникова Н.И., Шуринова Л.А.), Почетной грамотой СО РАН награждены 9 сотрудников (Кабанов М.В., Поздняков А.В., Бех И.А., Ваулин В.Я., Волков Ю.В., Позднякова В.М., Роот В.В., Савчук Д.А., Шелевой В.Д., А.И.Грибенюков), Почетной грамотой Министерства образования и науки РФ награжден д.г.н. А.В.Поздняков. Почетной грамотой Государственной Думы ТО награжден чл.-корр. РАН М.В.Кабанов. Почетной грамотой Администрации ТО награждены чл.-корр. РАН М.В.Кабанов, д.г.н. А.В.Поздняков, к.с.-х.н. И.А.Бех, д.ф.-м.н. В.А.Крутиков, объявлена благодарность Администрации ТО д.т.н. А.А.Тихомирову, к.б.н. С.А.Кривец, к.ф.-м.н. А.И.Грибенюкову. Почетной грамотой Администрации города Томска награжден чл.-корр. РАН М.В.Кабанов, д.г.н. А.Г.Дюкарев, В.Я.Ваулин. Благодарственное письмо администрации города Томска вручено к.т.н. В.В.Татуру, 5 сотрудникам Института присвоено звание «Заслуженный ветеран СО РАН», 84 сотрудника награждены почетным знаком Отделения «Серебряная Сигма». Почетной грамотой ТНЦ СО РАН награждены 5 сотрудников (Боровик С.И., Демидко Д.А., Ланский Г.В., Поднебесных Н.В., Попова Д.В.), аспирант Раков Д.С. получил стипендию Американского акустического общества. Звание профессора присвоено д.ф.-м.н. И.И.Ипполитову. Лауреатами конкурса 2008 года Фонда содействия отечественной науки в номинации «Кандидаты и доктора наук РАН» стали к.б.н. Е.А.Головацкая и к.ф.-м.н. Г.В.Ланский. Дипломом Министерства образования и науки РФ награжден к.т.н. А.И.Абрамочкин за научное руководство студенческой работой, отмеченной медалью «За лучшую студенческую работу» в конкурсе вузов РФ. Красненко Н.П. награжден медалью Министерства обороны РФ.

В 2007 году защищены 6 кандидатских диссертаций (Демидко Д.А., Коровинская Е.Н., Ланский Г.В., Корольков В.А., Попов В.Н., Мельник М.А.).

Получены: 1 грант ФЦНТП, 14 грантов РФФИ, 1 патент, 3 свидетельства на программу для ЭВМ, 1 сертификат на «АМК-03».

### III ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Динамика финансирования за последние 5 лет приведена на графике 1.



На графике 2 показана структура внебазовых поступлений.

Основное финансирование Институт получает от Сибирского отделения РАН на выполнение базовых проектов по основной деятельности. В выполнении проектов участвуют все научно-исследовательские подразделения Института.

На рис. 90 показано дополнительное финансирование по подразделениям в 2006-2007гг.

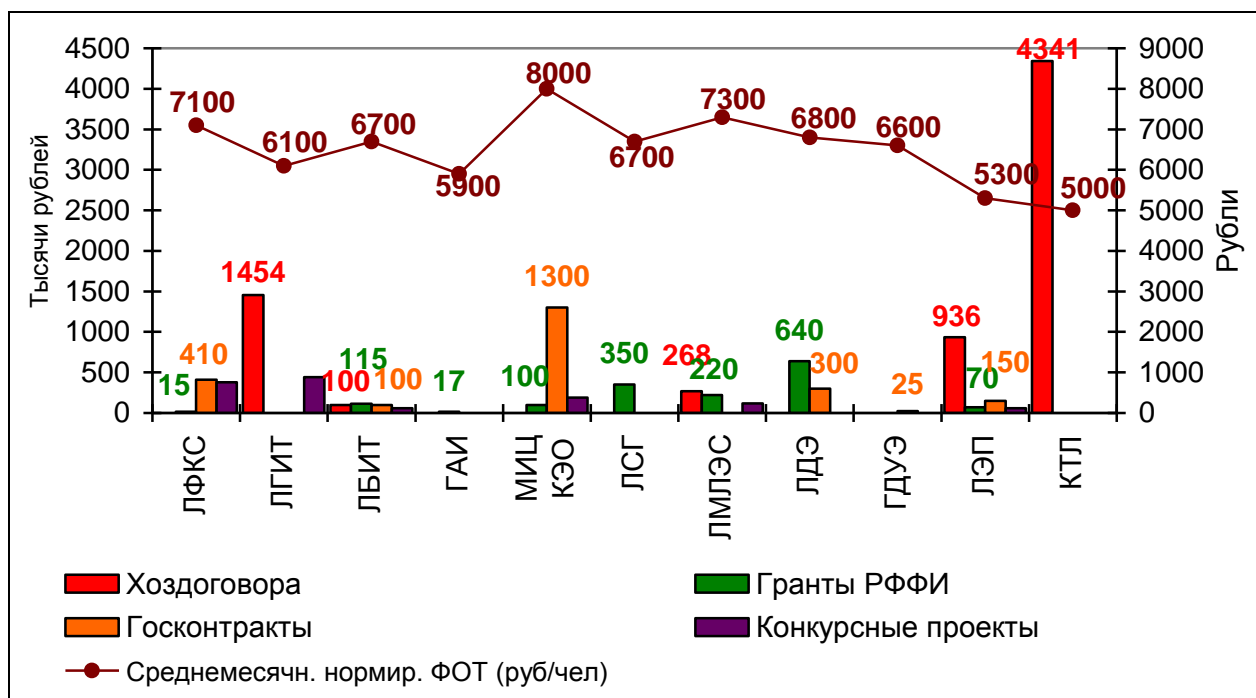


Рис. 90 Дополнительное финансирование по подразделениям в 2006 году.

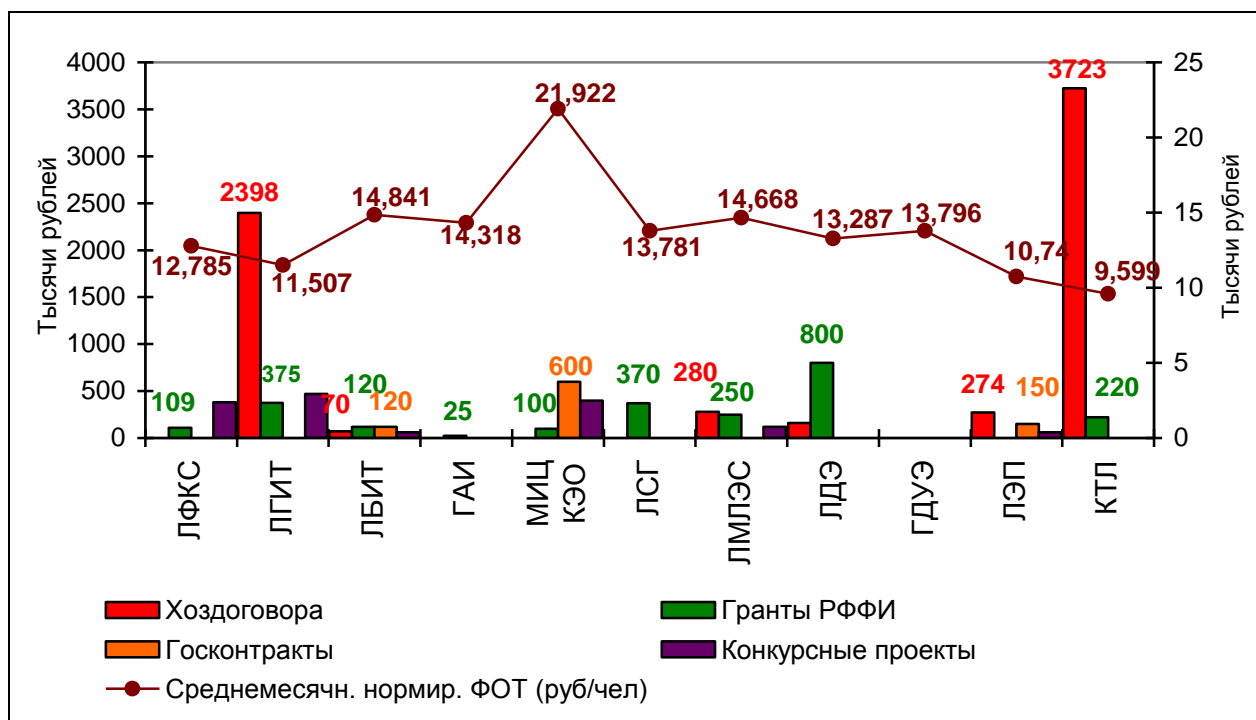
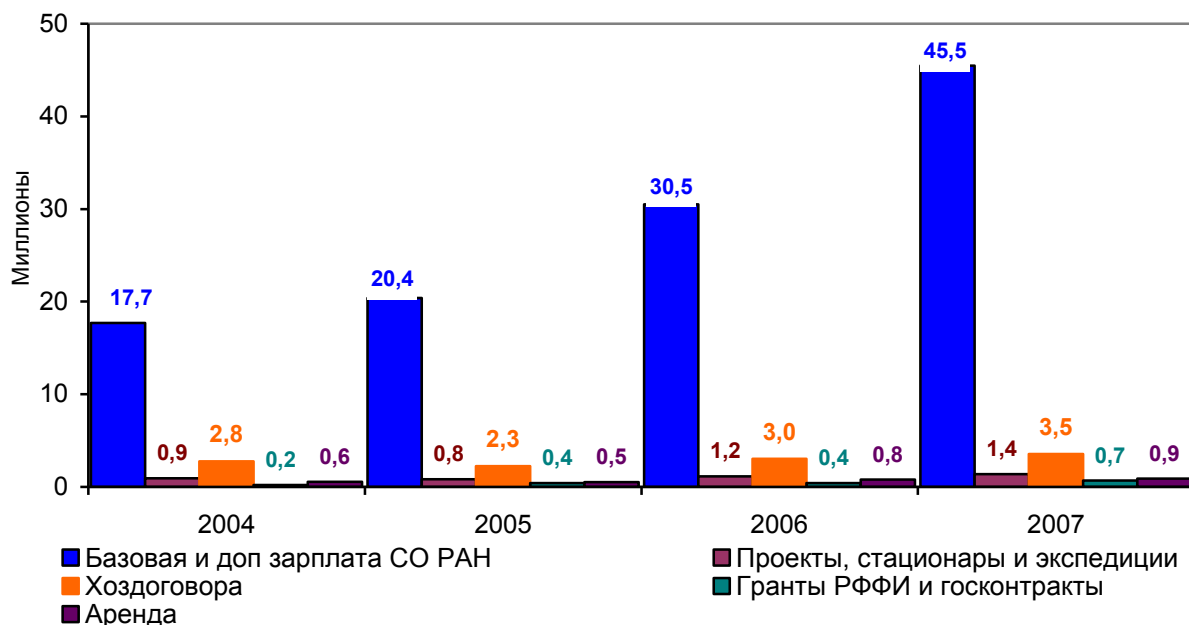


Рис. 91 Дополнительное финансирование по подразделениям в 2007 году.

На графике 3 приведена структура заработной платы за последние 5 лет.



#### IV ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Сведения о деятельности коммерческих и других организаций,  
в число учредителей которых входит ИМКЭС СО РАН

№	Название организации с указанием организационно-правовой формы, дата учреждения	Учредители (указать всех учредителей, включая физических лиц), процентная доля участия учредителей	Почтовый адрес организации ф.и.о. и телефон руководителя	Численность (чел.) штатная / внештатная	Продукция (специализация)	Взаимоотношения между организацией и институтом-учредителем (аренда производственных площадей, аренда производственных мощностей, привлечение к работе сотрудников института и др.)
1	Сибирский центр климато-экологических исследований и образования, создан 1 июля 2002 года	ИМКЭС СО РАН – 23%, ИХН СО РАН -23%, ТомГУ - 23%, ТУ-СУР -23%, МНОЦ -8%	634055 г.Томск, пр. Академический, 10/3 ГордовЕ.П., тел.(3822) 492187	Штатных сотрудников нет, внештатных – 5 человек	Научно-исследовательская работа, организация международных конференций и школ	Привлечение к работе сотрудников института
2	ООО ЗОНД - НТЦ, создан 19 декабря 1987 г.	ИМКЭС СО РАН -8%, ИОА СО РАН – 12%, ООО «МНПО – ЗОНД» - 80%	634021 г. Томск, пр. Фрунзе, № 115 Расколенко В.А., тел. (3822) 444270	Штатных сотрудников нет, внештатных –8 человек	Организация использования в производственной технологии, материалов и технологий	Взаимодействие на основе хозяйственных договоров

Сведения о коммерческих и других организациях, работающих на базе  
научно-технического задела института

№№ п/п	Название организации	Почтовый адрес организации, ф.и.о. и телефон руководителя	Продукция (специализация)	Институт-разработчик с указанием названия разработки	Форма участия института (лицензионное соглашение, передача ноу-хау, совместное производство и другие оформленные договором отношения)
1	2	3	4	5	6
1	ООО «Сибаналитприбор»	634055, Томск, пр. Академический 10/3, 8 (3822) 49-18-85 Азбукин Александр Анатольевич	Научное приборостроение	ИМКЭС СО РАН, Многоканальный геофизический регистратор МГР-01; Автоматизированный метеокомплекс АМК-03	Совместное производство
2	ООО «Сибмединструмент»	634055, Томск, пр. Академический 10/3 8 (3822) 49-18-85 Азбукин Дмитрий Александрович	Медицинское приборостроение и изготовление медицинского инструмента	ИМКЭС СО РАН, Технологическое обеспечение	Хоздоговорные отношения, в т. ч. арендные
3	ГПКК КНИИ-ГиМС	Адрес: 660049 г. Красноярск, пр. Мира, 55, директор И. Н. Целюк	Разработка, изготовление и передача Заказчику двух комплектов многоканального геофизического регистратора МГР – 01.	ИМКЭС СО РАН Многоканальный геофизический регистратор МГР-01;	Передача научно-технической продукции, оформленная хозяйственными отношениями.
4	ООО «ПИК»	634003, г.Томск-3, пл. Соляная,2 , директор Петрухин А.В	Разработка и изготовление системы «Фаза»	ИМКЭС СО РАН	Передача научно-технической продукции, оформленная хозяйственными отношениями
5	ООО «НПФ ЭИ-ТЕК»	119017, Москва, Старомонетный пер., д.9, стр.1, ген. директор А.В.Семенов	Система оценки НДС на оползневом участке магистрали газопровода	ИМКЭС СО РАН, Многоканальный геофизический регистратор МГР-01;	Научно-технический договор
6	ООО «Комстар-Т»	634507, п. Зональная станция, ул. 40 лет Победы, 3 – 50, тел. (3822)562010, Погадаев С.И.	Разработка проекта и создание кедровой рощи	ИМКЭС СО РАН, Проект, кедровая роща	ИМКЭС СО РАН, Проект, кедровая роща

7	ОАО «Томскгеомониторинг»	634021, г. Томск, ул. Енисейская, 37. Лыготин В.А.. (3822)-782057	Научно-исследовательские работы по мониторингу природной среды	ИМКЭС СО РАН оценка воздействия Томского водозабора на природную среду	Передача научно-исследовательской работы, оформленной хоздоговорными отношениями
8	ОГУ «Облкомприроды»	634034, г. Томск, пр. Кирова, 14 Воробьев С.Д. (3822)-563658	Организация особо охраняемых природных территорий	ИМКЭС СО РАН Паспорт ботанических памятников природы регионального значения	Передача научно-исследовательской продукции – паспортов ботанических памятников природы
9	ООО «Дорсиб»	634003, г. Томск-3, пл. Соляная, 2, офис 309, директор Чиков С.А.	Оказание научно-технических услуг по настройке, юстировке технических параметров и проверке метрологических характеристик многоканальной измерительной системы вертикальных перемещений «Фаза-1».	ИМКЭС СО РАН Система вертикальных перемещений «Фаза-1».	Научно-технический договор
10	ОАО «Томскгазпром»	г. Томск, ул. Большая Подгорная, 73 Заместитель генерального директора по производству ОАО «Томскгазпром» Ю.И. Польшгалов	Апробирование метода поиска месторождений углеводородов, основанного на регистрации естественных импульсных электромагнитных полей Земли	ИМКЭС СО РАН Многоканальный геофизический регистратор МГР-01;	Научно-технический договор
11	ОАО «Томскгазпром»	г. Томск, ул. Большая Подгорная, 73 Заместитель генерального директора по производству ОАО «Томскгазпром» Ю.И. Польшгалов	Геофизические исследования на территории Мыльджинского месторождения методом регистрации естественных импульсных электромагнитных полей Земли	ИМКЭС СО РАН Многоканальный геофизический регистратор МГР-01	Научно-технический договор

**Хоздоговор с ООО «Комстар-Т»:** разработан проект и создана кедровая роща на площади 1 га. Сумма договора – 100 тыс. руб.

**Хоздоговор № 09-нт/2007 «Организация и ведение мониторинга за состоянием почв и верхних горизонтов зоны аэрации в пределах воронки депрессии Томского**



**водозабора” с ОАО “Томскгеоимониторинг”.** В качестве основной задачи ставилось выявление динамики состояния ландшафтов и верхней части зоны аэрации на мониторинговых полигонах (ключевых участках), расположенных в разных частях воронки депрессии Томского водозабора.

Проведенные исследования показали, что различные элементы ландшафта неодинаково реагируют на внешние возмущения. Наиболее устойчивы биогеоценозы автономных позиций. Наименее устойчивы переходные по гидрологическому режиму ландшафты, к которым относятся заболоченные леса и мелкозалежные болота, особенно участки с транзитными потоками влаги. Болотные системы с большой мощностью торфа и грунтовым типом водного питания относятся к категории устойчивых. Имеет значение и размер контура, его положение в ландшафте, способность к трансформации эдификаторов.

Показано, что древесная растительность отражает мезомасштабные изменения гидрологических условий. Напочвенный покров в большей степени реагирует на изменение погодных условий, болотная растительность, и прежде всего моховой покров находятся в тесной связи с уровнем грунтово-болотных вод. Устойчивые изменение в структуре болотной растительности показывают на изменение гидрогеологических условий и могут связываться с действием водозабора или других факторов снижения уровней грунтово-болотных вод. Деятельный горизонт болотных вод торфяной залежи в условиях отсутствия подпора грунтовыми водами не восстанавливается. При разрыве грунтового и атмосферного увлажнения в болотах сформированных на песчаных породах при провальной фильтрации песков происходит направленное иссушение торфяных залежей (рис. 92). Иссушение начинается с болот залегающих на высоких поверхностях, которые заболачивались последними до начала изменения гидрологического режима территории, благодаря подпору их грунтово-болотными водами от массивов нижележащих позиции.

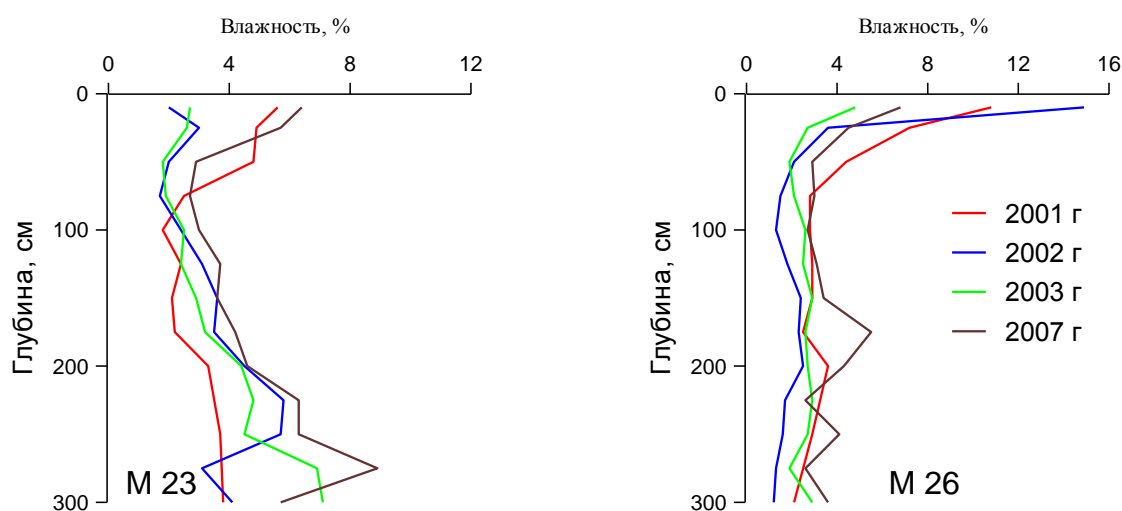


Рис. 92. Распределение влаги в почвах площадок мониторинга.

Связь с погодными условиями наиболее ярко проявилась в слабонарушенных ландшафтах. За пределами воронки депрессии на территории Жуковского лесничества отмечена более высокая обводненность в 2007 году болотных систем и разрастание на периферии сфагновых мхов. Связывается это исключительно с экстремальными условиями увлажнения. С приближением к линии водозабора все чаще проявляются признаки иссушения. В центральной части воронки депрессии трансформация максимальная и связана с действием водозабора. Дегradированные ландшафты слабо реагируют на погодные условия, так как приходящая влага быстро проваливается в глубокие горизонты. В обсохших торфяниках, особенно в сухие годы, велика опасность возникновения пожаров.

Признаки деградации на суглинистых террасах менее выражены и проявляются только в уменьшении запасов почвенной влаги в глубоких горизонтах, разрыве капиллярных связей грунтового и атмосферного увлажнения. На супесчаных и слоистых террасах достоверной связи ландшафта с грунтовым питанием, а следовательно и действием водозабора не выявлено. Отмеченные изменения в составе напочвенного покрова объясняются флуктуациями погодных условий или другими причинами антропогенного характера (вырубка леса, вытаптывание, локальные пожары).

Рекогносцировочное ландшафтно-экологическое обследование территории водозабора не выявили принципиальных изменений и новых очагов гидрологических трансформаций. Мониторинг напочвенного покрова в очагах гидрологических нарушений показал некоторое оживление и разрастание пятен зеленых и сфагновых мхов на деградированных торфяниках (рис. 93). Заметно повысился уровень вод во вторичном озере Жуковского лесничества, в то время как уровень воды в первичном озере остался неизменным.

Общее финансирование договора в 2007 г. – 150 тыс. руб.



Рис. 93. Фотомониторинг изменения мохового покрова зеленых и сфагновых мхов на деградированной торфяной залежи.

**По договору П-06н с ОГУ “Облкомприрода” “Паспортизация ботанических памятников природы Томской области”** осуществлялся сбор и систематизация имеющейся информации по припоселковым кедровникам (Аксеновский, Богашевский, Лоскутовский, Магадаевский, Мельниковский, Монастырский, Тызырачевский), планируемым для первоочередного оформления в качестве ботанических памятников природы Томской области.

Проведены натурные обследования кедровников с определением сформировавшихся границ и оценкой современного состояния, обработка и аналитическое обобщение полученной информации с описанием и картографическим отражением исследуемых памятников природы, эколого-хозяйственным зонированием (рис. 94).

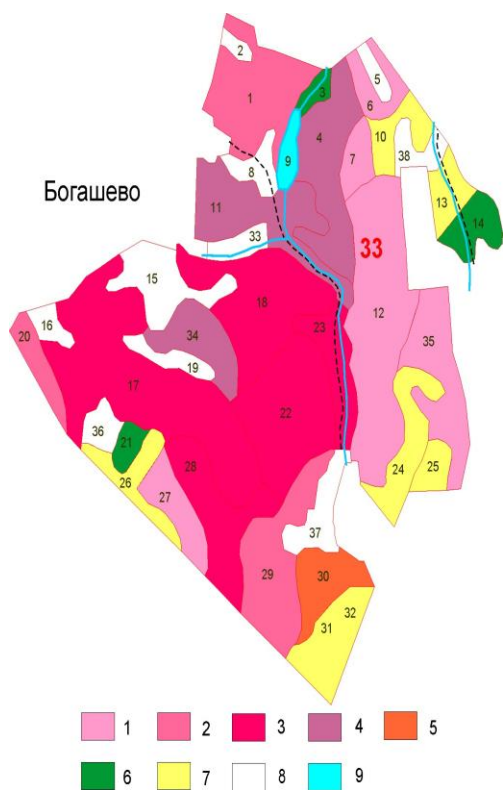


Рис. 94. Схема эколого-хозяйственного зонирования Богашевского припоселкового кедровника.

1. Кедровые молодняки в возрасте 40-80 лет вступающие в фазу активного семено-шения.
2. Участки кедровника в возрасте 80-120 лет, отличающиеся наивысшей продук-тивностью, в которых наиболее полно реализуется экологическое, социальное и рекреационное значение припоселковых кедровников.
3. Участки кедровника старше 120 лет, еще сохранившие способность к активному семеношению, но частота хороших урожаев в них падает. Биологическая устойчивость насаждений снижается, количество ослабленных и больных деревьев возрастает. Насаждения требуют повышенного контроля санитарного состояния.
4. Участки кедровника, прошедшие период активного семеношения, ослабленные по состоянию, пораженные гнилями, с очагами энтомовредителей.
5. Сложные насаждения с преобладанием ели и участием кедра менее 3 единиц, возобновление редкое, темнохвойное. Сопутствующие породы в древостое пихта и береза. Насаждения устойчивые по состоянию, повышающие биологическое разнообразие территории.
6. Лиственные насаждения, примыкающие к кедровнику, неперспективные для пере-формирования, но защищающие кедровый массив от негативного воздействия природ-ных и антропогенных факторов, перспек-тивные для расширения кедровника.
7. Сомкнутые сосновые культуры.
8. Нелесные и не занятые лесом земли.
9. Пруд, ручей.

Дано научное заключение о соответствии анализируемых кедровников статусу памятников природы, составлены паспорта исследованных припоселковых кедровников как ботанических памятников природы регионального значения; разработаны нормативно-правовые документы и рекомендации по сохранению и использованию припоселковых кедровников как памятников природы.

Проведенное обследование припоселковых кедровников показало, что современное их состояние весьма различается.

В относительно хорошем состоянии находятся древостои кедра в Богашевском, Магадаевском, Мельниковском и Тызырачевском кедровниках. Имеются перспективы для расширения площадей этих кедровников.

Лоскутовский кедровник, несмотря на достаточно критическое современное состояние насаждений, представляет ценность как природоохранная территория, способная к естественному восстановлению кедрово-темнохвойной тайги и поддержанию биоразнообразия растительного и животного мира. Опыт закладки культур в кедровнике показывает возможность восстановления кедровника лесохозяйственными способами, имеется возможность расширения кедровника за счет создания культур на брошенном сенокосе в восточной части и реконструкции вырубленных участков, преобразования потенциальных кедровников в хорошие кедровые насаждения.

Аксеновский кедровник как естественное кедровое урочище в современных границах заканчивает свое существование. Для его сохранения и обновления необходимо

проведение комплексных мероприятий по лесовосстановлению. Однако статус его как памятника природы должен быть сохранен. В современном состоянии представляет наибольший интерес темнохвойная часть Аксеновского кедровника как рефугиум коренной тайги на междуречье, обеспечивающий поддержание и сохранение разнообразия коренных видов растений и животных. Снижение природоохранного статуса Аксеновского урочища может привести к его дальнейшей деградации, застройке и превращению в дачный поселок.

Некрасовский и Монастырский припоселковые кедровники рекомендовано исключить из списка памятников природы Томской области по причине их несоответствия в настоящее время статусу особо охраняемых природных территорий. Некрасовский кедровник постольку, поскольку, с одной стороны, он фактически превращен в зону стационарного отдыха, с другой стороны – имеет в своем составе большие площади искусственных хвойных насаждений, требующих охраны и ухода со стороны работников лесного хозяйства. Монастырский припоселковый кедровник как памятник природы уже не существует. Его необходимо воссоздавать как кедровый парк со статусом ООПТ муниципального уровня.

Общее финансирование договора в 2007 г. – 130 тыс. руб.