

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАУКИ ИНСТИТУТ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**ОТЧЕТ
О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ за 2012 год**

Утверждаю

Директор института, д.ф.-м.н.

_____ В.А.Крутиков

СОДЕРЖАНИЕ

I	НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА	2
1.1	Научно-организационная деятельность ИМКЭС	2
1.2	Результаты научно-исследовательских работ	7
1.2.1	Краткие аннотации научно-исследовательских работ, выполненных по базовым проектам СО РАН	7
1.2.2	Краткая аннотация по проекту № 16.10 по программе РАН	40
1.2.3	Краткие аннотации по интеграционным проектам СО РАН	43
1.2.4	Краткие аннотации по грантам РФФИ	86
1.2.5	Отчет СЦ КЛИО	102
1.2.6.	Информация по отчетам по экспедициям и стационарам	106
II	НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА	108
2.1	Деятельность Ученого совета	108
2.2	Кадры	109
2.3	Характеристика Международных научно-технических связей	116
2.4	Итоги научной деятельности	123
2.5	Официальное признание	133
III	ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	134

I НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА
1.1. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.

Программы, гранты	Научный руководитель, ответственный исполнитель
<u>Программа Сибирского отделения РАН</u>	
<p><u>Проект VII. 63. 1.1.</u> Исследование динамических характеристик климато-образующих атмосферных и гидросферных процессов.</p> <p>№ гос. рег. 01201052575</p>	<p>чл.-корр. РАН М.В.Кабанов, д.ф.-м.н. И.И.Ипполитов</p>
<p><u>Проект VII.63.1.2.</u> Развитие информационно-измерительных технологий и разработка алгоритмов многомерного анализа для мониторинга и моделирования природно-климатических изменений.</p> <p>№ гос. рег. 01201051565</p>	<p>д.ф.-м.н. В.А. Крутиков.</p>
<p><u>Проект VII.63.1.3.</u> Трансформация энергетических характеристик геосистем в условиях глобальных климатических изменений.</p> <p>№ гос. рег. 01201051562</p>	<p>д.г.н., проф. А.В.Поздняков, к.г.н. О.Г.Невидимова</p>
<p><u>Проект VII.63.1.4.</u> Экосистемные изменения на ландшафтных и климатических границах в условиях глобального потепления</p> <p>№ гос. рег. 01201051124</p>	<p>д.г.н. А.Г.Дюкарев, д.б.н. Е.Е.Тимошок</p>
<p><u>Проект VII.63.3.1.</u> Вулканогенные возмущения атмосферы и изменения климата Сибири и субарктики: современное состояние и палеореконструкция.</p> <p>№ гос. рег. 01201051563</p>	<p>чл.-корр. РАН В.В. Зуев.</p>
<p><u>Проект VII.66.1.2.</u> Развитие физических методов и технических средств для мониторинга окружающей среды и обеспечения безопасности населения.</p> <p>№ гос. рег. 01201052576</p>	<p>д.т.н. А.А.Тихомиров</p>

<p><u>Проект VI.44.2.6.</u> Структура биологического разнообразия в экосистемах бореальных лесов: динамические и эволюционные аспекты.</p> <p>№ гос. рег. 01201051566</p>	<p>д.г.н. А. Г.Дюкарев, д.б.н. С. Н. Горошкевич</p>
<p><u>Проект IV.31.2.7.</u> Веб-система для вычисления климатических характеристик и анализа глобальных и региональных климатических изменений.</p> <p>№ гос. рег. 01201051564</p>	<p>д.ф.-м.н. Е.П.Гордов</p>
<p><u>Программа Президиума РАН № 4.2 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики».</u> Координатор: ак. Лаверов Н.П.</p>	
<p><u>Проект 10</u> «Комплексный мониторинг современных климатических и экосистемных изменений в Сибири»</p>	<p>чл.-корр. РАН М.В.Кабанов, д.ф.-м.н. В.А.Крутиков</p>
<p><u>Интеграционные междисциплинарные проекты СО РАН</u></p>	
<p><u>Проект № 46.</u> «Нелинейные халькогенидные кристаллы для сверхширокополосных преобразователей лазерных частот».</p> <p>Координатор: чл.-корр. РАН В.В.Зуев, ИМКЭС СО РАН.</p> <p>№ гос. рег. 01201258315</p>	<p>д.ф.-м.н. Ю.М.Андреев</p>
<p><u>Проект № 69.</u> «Интегрированные исследования климатических, гидрологических и экосистемных процессов на территории болот Западной Сибири». Координатор: чл.-к. РАН М.В.Кабанов, ИМКЭС СО РАН.</p> <p>№ гос. рег. 01201258313</p>	<p>к.ф.-м.н. Е.А.Дюкарев</p>
<p><u>Проект № 70.</u> «Анализ и прогноз проявлений вынуждающего воздействия в ритмике метеорологических полей северного полушария Земли». Координатор: д.ф.-м.н. В.А.Крутиков, ИМКЭС СО РАН.</p> <p>№ гос. рег. 01201258314</p>	<p>к.г.н. А.И.Кусков</p>
<p><u>Проект № 112.</u> «Развитие методов дифракционной и конформной оптики для контроля и управления параметрами волновых фронтов мощных лазерных систем». Координатор:</p>	<p>д.ф.-м.н. В.А.Тартаковский</p>

д.т.н. А.Г.Полещук, ИАиЭ СО РАН.	
<u>Проект № 131.</u> «Математическое и геоинформационное моделирование в задачах мониторинга окружающей среды и поддержки принятия решений на основе данных стационарного, мобильного и дистанционного наблюдения». Координатор: академик Ю.И.Шокин, ИВТ СО РАН.	д.ф.-м.н. Е.П.Гордов
<u>Проект № 140</u> « Структура и климатически обусловленная динамика разнообразия 5-хвойных сосен России». Координатор: д.б.н. С.Н.Горошкевич, ИМКЭС СО РАН. № гос. рег. 01201258312	к.б.н. Е.А.Петрова
<u>Проект № 144</u> «Криогенные ресурсы Арктики и Субарктики: состояние и структура криолитозоны, физико-химическое моделирование и биологический потенциал криогенных систем». Координатор: академик В.П.Мельников	д.б.н. Т.А.Бляхарчук
<u>Совместные проекты фундаментальных исследований</u> <u>НАН Беларуси и СО РАН</u>	
<u>Проект № 34.</u> «Химия органических соединений торфа в связи с процессами формирования, развития, нарушения и восстановления болотных экосистем». Руководитель проекта: д.х.н. О.В.Серебренникова, ИХН СО РАН	к.б.н. Ю.И.Прейс
<u>Гранты РФФИ</u>	
<u>Проект № 10-04-01497/а.</u> "Филогенетическая дивергенция и адаптивная конвергенция в эволюции сосновых (на примере прямостоячих лесных и стелющихся субальпийских видов)"	д.б.н. С.Н.Горошкевич
<u>Проект № 10-04-01616/а.</u> "Исследование филогеографии сосны кедровой сибирской (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) на основании анализа изменчивости цитоплазмических геномов"	к.б.н.Е.А.Петрова
<u>Проект № 10-05-00568/а.</u> "Сравнительные исследования дендрохронологий трития различных видов древесной растительности южно-таежной подзоны Западной Сибири"	чл.-корр. РАН М.В.Кабанов
<u>Проект № 10-07-00547/а.</u> "Информационно-вычислительная система для обработки и анализа больших архивов пространственно распределенных данных"	д.ф.-м.н. Е.П.Гордов

<p><u>Проект № 11-05-00227/а</u> «Исследование отклика углеродного баланса болотных экосистем разного размера на изменение климата и антропогенное воздействие»</p>	<p>к.б.н. Е.А.Головацкая</p>
<p><u>Проект № 11-05-01190/а</u> «Мониторинг и моделирование динамики парниковых газов в региональной климатической системе Западной Сибири»</p>	<p>к.т.н. И.Г.Окладников</p>
<p><u>Проект № 11-05-98062/р сибирь а</u> «Разработка и исследование алгоритмов пространственно-временного прогнозирования возникновения и развития опасных метеорологических ситуаций и создание макета региональной измерительно-вычислительной системы для их реализации»</p>	<p>к.т.н. В.А.Корольков</p>
<p><u>Проект № 12-04-00801/а</u> «Механизмы экспансии и роль инвазийных насекомых-дендрофагов в современных сукцессионных процессах в сибирской тайге»</p>	<p>к.б.н. С.А.Кривец</p>
<p><u>Проект № 12-04-01154/а</u> «Почвы замкнутых понижений северной лесостепи и юга таежной зоны Западной Сибири: экология, генезис, классификация»</p>	<p>д.г.н. А.Г.Дюкарев</p>
<p><u>Проект № 12-04-10089/к</u> «Организация и проведение комплексной экспедиции «Механизмы экспансии и роль инвазийных насекомых-дендрофагов в современных сукцессионных процессах в сибирской тайге»</p>	<p>к.б.н. С.А.Кривец</p>
<p><u>Проект № 12-04-10138/к</u> «Организация и проведение экспедиционных исследований филогенетической дивергенции и адаптивной конвергенции в эволюции сосновых (на примере прямостоячих лесных и стелющихся субальпийских видов)»</p>	<p>д.б.н. С.Н.Горошкевич</p>
<p><u>Проект № 12-04-10146/к</u> «Организация и проведение экспедиционных исследований филогеографии сосны кедровой сибирской (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) на основании анализа изменчивости цитоплазматических геномов»</p>	<p>к.б.н. Е.А.Петрова</p>
<p><u>Проект № 12-05-06035/г</u> «Организация и проведение Международного совещания «Экстремальные проявления глобального изменения климата на территории Северной Азии»</p>	<p>чл.-корр. РАН В.В.Зуев</p>

Проект № 12-05-09228/моб_з «Участие в международной конференции European Geosciences Union General Assembly» (2 устных доклада)	к.т.н. Т.М.Шульгина
Проект № 12-05-06073/Г «Организация и проведение VIII Всероссийского симпозиума «Контроль окружающей среды и климата»	чл.-корр. РАН М.В.Кабанов
Проект № 11-05-08352/з Участие в конференции American Geophysical Union Fall Meeting	Титов А.Г.
Проект № 12-05-09228/моб_з Научный проект «Численное моделирование доплеровских измерений для схемы из двух лидаров» для представления на научном мероприятии "SPIE Remote Sensing 2012"	Шелехова Е.А.
Проект № 12-05-09363/моб_з Научный проект: "Особенности накопления ртути разновозрастной хвоей" для представления на VII Международной научно-практической конференции "Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде"	к.г.-м.н. Е.Е.Ляпина
Проект № 12-02-31154/мол_а Научный проект "Исследование канала распространения звуковых волн в пределах прямой видимости"	к.т.н. Д.С.Раков
Проект № 12-04-31051/мол_а Научный проект "Влияние сезонной ритмики основных климатических параметров на структуру сообществ болотных раковинных амёб"	к.б.н. И.В.Курьина
Проект № 12-04-31340/мол_а Научный проект "Возможность, характер и некоторые последствия генетического взаимодействия между видами с разной степенью родства (на примере 5-хвойных сосен)"	к.б.н. Г.В.Васильева
Проект № 12-05-31392/мол_а Научный проект "Реконструкция истории формирования глядово-мочажинного болотного комплекса в голоцене (на примере Бакчарского болота, южно-таежная подзона Западной Сибири)"	к.б.н. Е.Э.Веретенникова

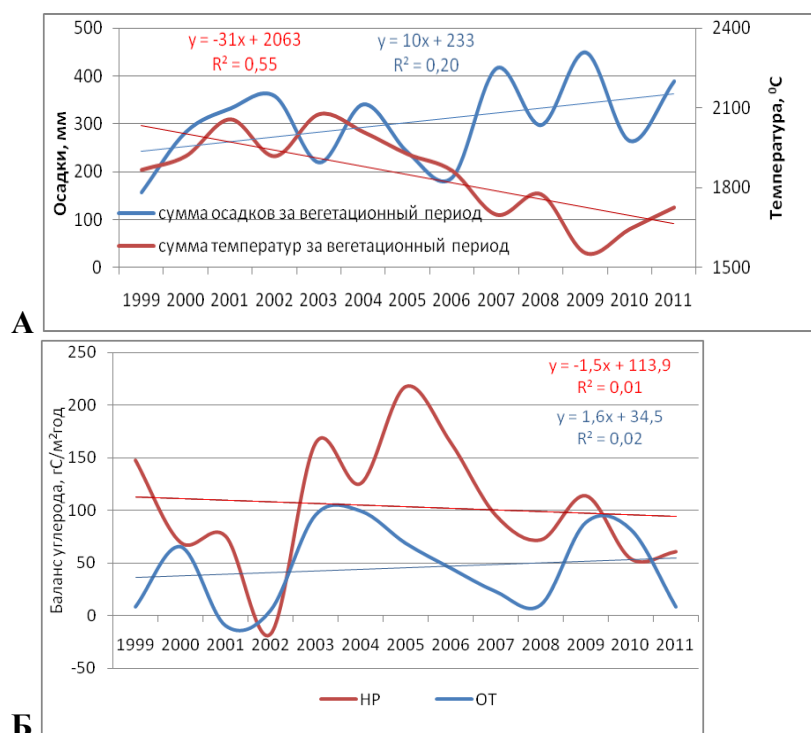
1.2. РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

1.2.1. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ПРОГРАММАМ СО РАН

1. Проект VII.63.1.1. исследование динамических характеристик климатообразующих атмосферных и гидросферных процессов.

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В результате многолетних натурных исследований биологической продуктивности и эмиссии CO_2 с поверхности олиготрофных болотных экосистем выявлено, что при высокой межгодовой вариабельности углеродного баланса в период с 1999 по 2011 гг., для исследуемых болотных экосистем отсутствуют значимые тренды его изменений, при выявленных значимых изменениях температуры воздуха (понижение) и количества атмосферных осадков (повышение).



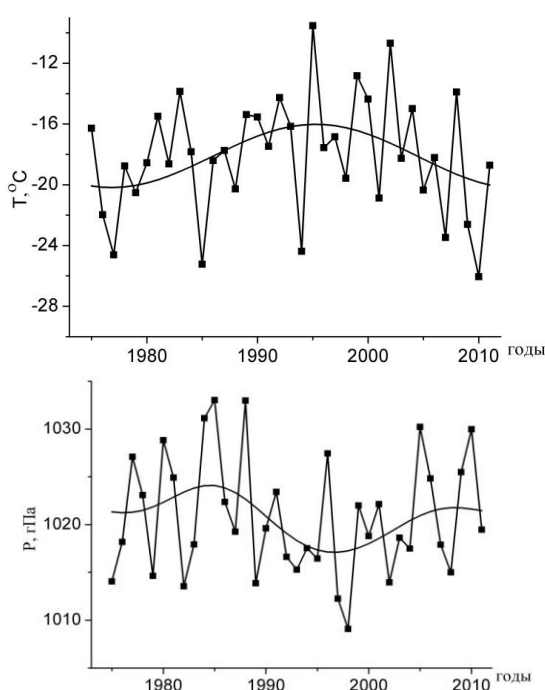
На поясняющем рисунке приведены:

А - Тренды изменения погодных условий за вегетационные периоды с 1999 по 2011 гг. по данным метеостанции Бакчар;

Б - Динамика баланса углерода на сосново-кустарничково-сфагновом фитоценозе (низком ряме - НР) и осоково-сфагновой топи (ОТ) за 1999-2011 гг.

Высокая межгодовая вариабельность баланса углерода обусловлена межгодовой изменчивостью чистой первичной продукции – коэффициент корреляции (r) между продукцией и балансом углерода равен 0,9. Дисперсия чистой первичной продукции в 8-15 раз выше по сравнению с дисперсией эмиссии углерода.

2. По данным инструментальных наблюдений на территории Западной Сибири установлено, что в зимние месяцы начала XXI века тренды среднемесячных приземных температур изменились от положительных (потепление) к отрицательным (похолодание) при положительном тренде среднемесячного давления. Согласованные пространственные распределения трендов температуры и давления указывают на развитие процессов блокирования юго-западных воздушных масс и вторжение холодного арктического воздуха как на главный фактор, объясняющий такую изменчивость, так как значимых изменений радиационного и теплового баланса на подстилающей поверхности не выявлено.



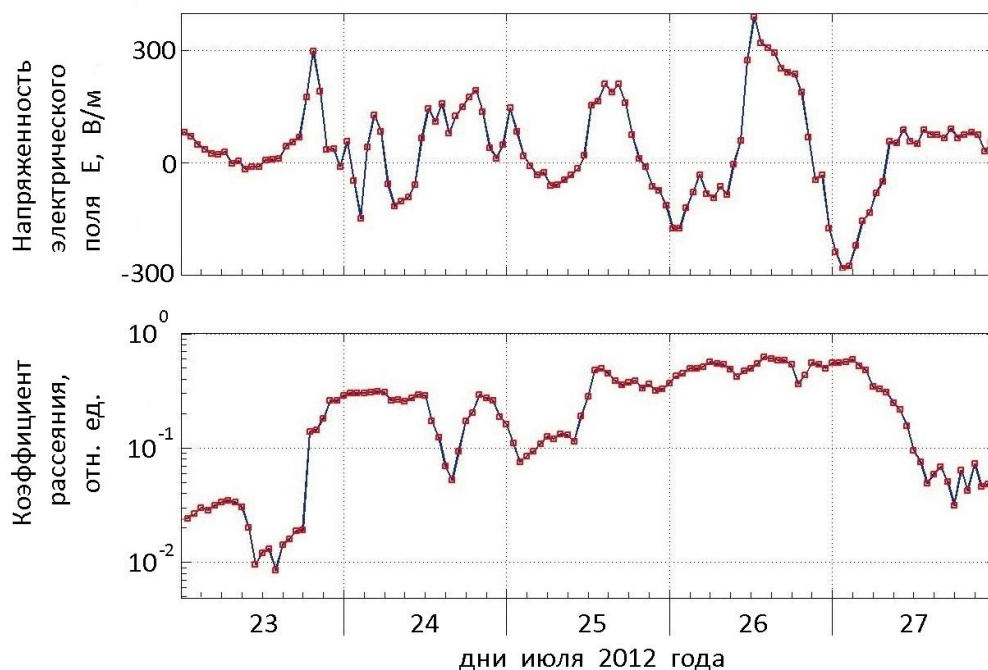
На поясняющем рисунке приведен межгодовой ход температуры приземного воздуха T (верхняя панель) и давления P (нижняя панель) в феврале для территории Западной Сибири за период 1975-2011 гг.

Данные сглажены с применением фильтра низких частот, рассчитанного по основным информационно-обеспеченным частотам, определенных по спектру Фурье. Начало XXI века характеризуется уменьшением температуры приземного воздуха и ростом давления. Для декабря и января наблюдается подобное поведение.

3. По результатам синхронных инструментальных наблюдений атмосферно-электрических параметров и концентрации дымового аэрозоля в приземном слое от удаленных лесных пожаров впервые обнаружен эффект суточных ин-

версий (см. рис.) напряженности электрического поля с колебаниями от 300 В/м (днем) до -300 В/м (ночью).

Обнаруженный климатически значимый эффект, влияющий на аэрозолеобразующие и вегетационные процессы, можно объяснить формированием отрицательно заряженного дымового слоя в нижней его части.



На поясняющем рисунке приведены временные вариации напряженности поля E (верхняя панель) и коэффициента рассеяния (нефелометрические данные, нижняя панель) во время мощных удаленных лесных пожаров. Данные сглажены часовым фильтром. Из рисунков видно, что в период максимального задымления (24-26 июля 2012 года) в ночные часы происходит инверсия направления электрического поля, в дневные часы инверсия разрушается конвективными движениями воздуха в приземном слое.

Вариации электрических параметров атмосферы получены в ИМКЭС СО РАН, величины коэффициента рассеяния – в ИОА СО РАН.

Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

2. Проект VII.63.1.2. Развитие информационно-измерительных технологий и разработка алгоритмов многомерного анализа для мониторинга и моделирования природно-климатических изменений.

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Внешнее вынуждающее воздействие, в соответствии с природой своих составляющих, инициирует в оболочках Земли различные процессы, которые можно соотносить с физико-географической иерархией и расценивать как глобальные, региональные, локальные и индивидуальные. При этом полагается, что на заданном уровне иерархии отдельные процессы отличаются по энергии, но имеют схожие существенные признаки, частично сохраняют свой функциональный вид, изменяются в какой-то мере согласованно. Наличие согласованности отдельных составляющих процессов расценивается как присутствие полезного сигнала, т.е. проявления вынуждающего воздействия на данной территории. Другие, функционально не схожие, составляющие рассматриваются как особенности нижних уровней иерархии и играют роль шума по отношению к полезному сигналу.

Предложенный нами подход к анализу согласованного поведения на основе выделения существенных признаков оказался эффективным. Анализ эмпирических рядов стал более объективным в результате формального определения согласованного поведения природно-климатических процессов и применения нового алгоритма совместной фильтрации. Этим путем был обнаружен и выделен из древесно-кольцевых хронологий общий сигнал, связанный с действием климатических факторов. Все реализации общего сигнала в остаточных локальных хронологиях значимо коррелируют между собой по Пирсону.

ТАБЛИЦА

Пробные площадки	Коэффициент корреляции остаточных локальных хронологий, усредненный по пробной площадке	Коэффициент корреляции общих сигналов, усредненный по пробной площадке
65÷100-ЛЕТНИЕ ОДНОВОЗРАСТНЫЕ ДРЕВОСТОИ		
Ор-9	0,4(0,2)	0,6(0,1)
См-34	0,5(0,1)	0,6(0,1)
Кл-8	0,6(0,2)	0,7(0,1)
Тм-03	0,4(0,2)	0,6(0,2)
Чр-23	0,4(0,2)	0,6(0,1)
Кл-06	0,6(0,2)	0,7(0,1)
Кр-12	0,5(0,2)	0,7(0,1)
См-33	0,5(0,1)	0,6(0,1)
Среднее по группе	0,5(0,1)	0,6(0,05)
140÷150-ЛЕТНИЕ ОДНОВОЗРАСТНЫЕ ДРЕВОСТОИ		

Тм-02	0,6(0,1)	0,7(0,1)
Тм-29	0,5(0,2)	0,7(0,1)
Тм-01	0,6(0,1)	0,7(0,1)
Тм-26	0,4(0,2)	0,6(0,2)
Св-41	0,5(0,2)	0,7(0,1)
Среднее по группе	0,5(0,1)	0,7(0,05)
РАЗНОВОЗРАСТНЫЕ ДРЕВОСТОИ		
Кр-13	0,3(0,2)	0,5(0,15)
Тм-04	0,4(0,2)	0,6(0,1)
Тм-25	0,5(0,2)	0,7(0,1)
Среднее по группе	0,4(0,1)	0,6(0,05)

На данном этапе, впервые, на основе достаточно сильных корреляционных связей (см. таблицу), можно утверждать, что температура воздуха и количество выпадающих осадков, синхронизируют рост деревьев даже в пределах территорий с оптимальными условиями вегетации. При этом вторую половину XX в. (1956-2005) на юге Томской области та часть прироста сосны, которая зависит от изменчивости параметров климата, достигает наибольших величин в годы с относительно теплой и снежной зимой, теплыми и сухими переходными периодами, прохладным и влажным летом.

2. Разработан и реализован совместно с ИОА СО РАН оригинальный алгоритм обработки данных акустического зондирования атмосферы с учетом турбулентного ослабления звука по трассе распространения до зондируемого объема и обратно, позволяющий впервые одновременно восстанавливать вертикальные профили структурных характеристик температуры и скорости ветра и исследовать их взаимосвязь.

В реальном масштабе времени проводится синхронная визуализация структуры как температурной, так и ветровой турбулентности в нижнем 200-м слое атмосферы, что может быть использовано для повышения безопасности взлета и посадки самолетов.

На факсимильной записи температурной стратификации атмосферы (рисунок 2.1а) отчетливо видна перьевая структура, характерная для условий дневной конвекции, верхняя граница которой подвержена квазипериодическим колебаниям и имеет выраженную тенденцию к увеличению высоты за период наблюдения.

Величины поперечной (рисунок 2.1б) и продольной (рисунок 2.1в) структурных функций в $\text{м}^2/\text{с}^2$ указаны справа от рисунков. Видно, что поперечная структурная функция много меньше продольной, что указывает на сильную анизотропию атмосферных флуктуаций в продольном и поперечном направлении и сдвливании мелкомасштабной турбулентности в вертикальном направлении. Поведение про-

дольной структурной функции также характеризует динамику высоты слоя перемешивания h .

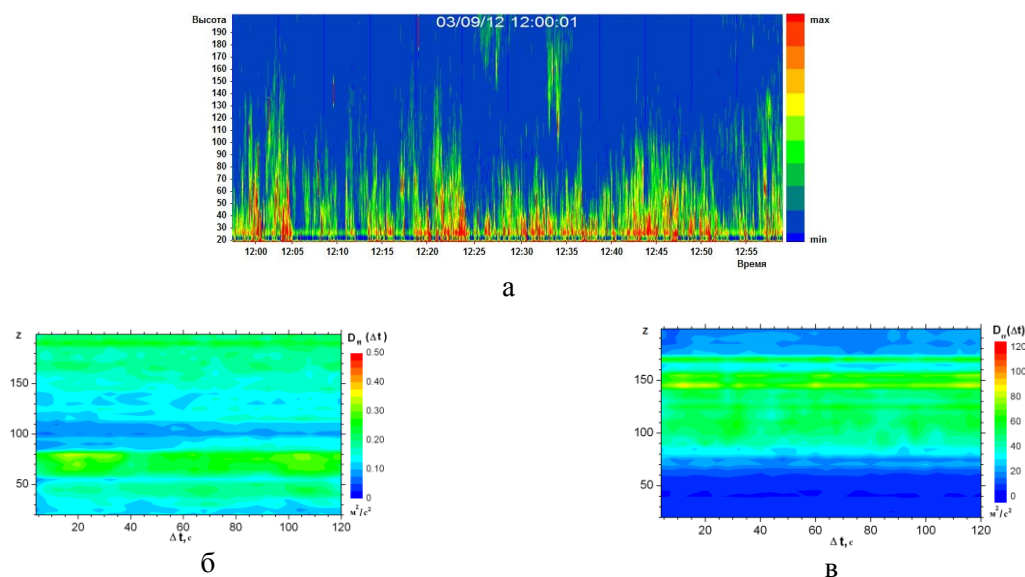


Рис. 2.1 – Динамика структуры температурной и ветровой турбулентности в нижнем 200-метровом слое атмосферы в реальном масштабе времени

3. Разработана пространственно-временная модель заболачивания и растительного покрова южнотаежного водораздельного олиготрофного Иксинского болота, являющегося климатогенным типом болотных массивов лесной зоны Западной Сибири. Выявлено преобладание автохтонного характера заболачивания, влияние криогенных процессов на глобальное заболачивание водораздела.

На основе анализа палеоклиматических характеристик в виде пространственно-распределённых карт-схем с привязкой к ландшафтным характеристикам и параметрам обводнённости территории разработана пространственно-временная модель растительного покрова южно-таежного водораздельного олиготрофного Иксинского болота, являющегося климатогенным типом болотных массивов лесной зоны Западной Сибири.

Для определения интерполяционных возрастов слоев недатированных торфяных разрезов предложено использовать данные по их кумулятивной массе, скорости аккумуляции соответствующих видов торфа и с учетом возраста ПСР датированных разрезов-аналогов.

Модель создана по базе данных детальной геологической разведки свойства торфов (441 пункта отбора проб торфа) и 25-ти датированным разрезам-аналогам авторской базы данных и из литературных источников. Состоит из 11 хроносрезов (7200, 6500, 5600, 5100, 4300, 3700, 3000, 2600, 2400, 1950 лет назад

(л.н.), современный период) и содержит информацию о 12 типах палеофитоценозов реконструированных по ботаническому составу торфа.

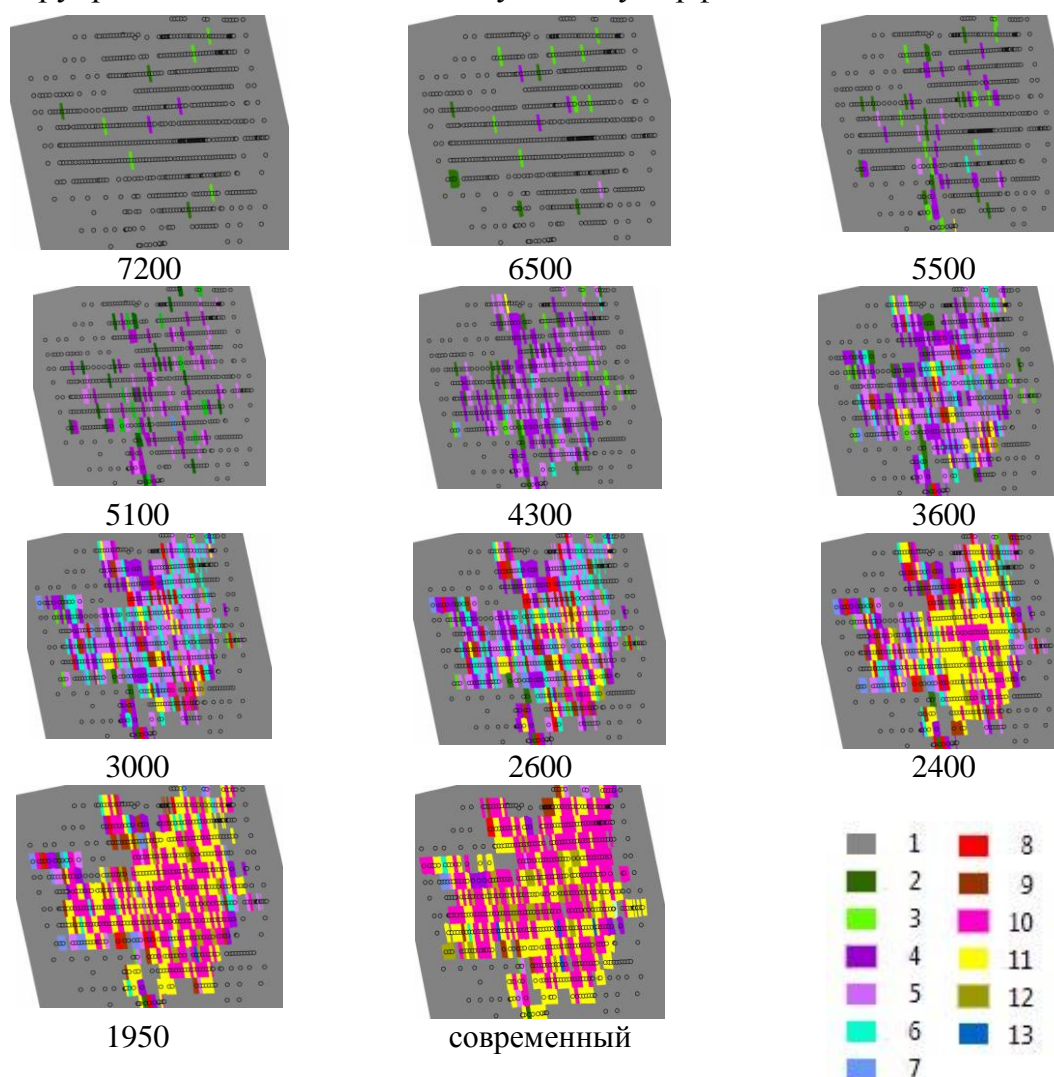


Рис. 2.2 – Хроносрезы пространственно-временной модели растительного покрова Иксинского болота.

Условные обозначения: 1 – минеральное дно и суходолы, современные и палеофитоценозы: евтрофные:

2 – облесенные сообщества, 3 – травяные сообщества, мезотрофные: 4 – облесенные сообщества, 5 – осоково-сфагновая топь, 6 – пушицево-сфагновая топь, 7 – шейхцеригово-сфагновая топь, олиготрофные: 8 – рослый рям, 9 – пушицево-сфагновый, 10 – фускум, низкий рям, 11 – магелланикум, мозаичная топь, 12 – шейхцериговая топь, 13 – озеро.

Основная площадь Иксинского болота сформировалась в суббореальный период (с 4300 до 3600 л.н.), в условиях направленного похолодания климата голоцена.

Широкое распространение многолетней мерзлоты (ММ) при похолоданиях, вызывавшей автохтонное мезотрофное и олиготрофное заболачивание карбонатных грунтов повышенный рельефа, и высокая обводненность всей территории при

деградации ММ в периоды последующих потеплений, благоприятствовали активному развитию болотообразовательного процесса на разных элементах мезо- и микрорельефа, что, в условиях часто происходивших смен климата и привело к формированию обширной болотной системы, занимающей практически весь водораздел.

Широкое же распространение и неоднократное (4300, 3000, 2100 л.н.) влияние процессов криогенного прекращения аккумуляции торфа обусловило значительно меньшую толщину торфяных отложений по сравнению с болотами нарымского типа (Бронзов, 1930), имеющими слабый отклик на климатические изменения и эндогенный путь развития.

4. Оценка индикаторной значимости раковинных амёб при реконструкции климатических условий.

В двух торфяных разрезах одного болотного массива выявлена высокая степень сходства видового состава сообществ раковинных амёб, динамики их отдельных показателей (плотности сообществ, соотношения экологических групп) и значений реконструированного по видовым оптимумам раковинных амёб уровня болотных вод. Это является отражением общих изменений условий среды в голоцене в период формирования отложений болота Темное.

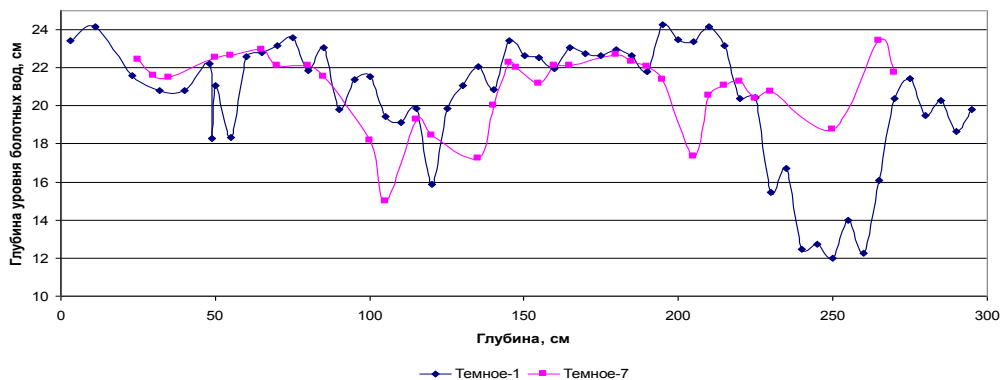


Рис. 2.3 – Динамика реконструированных по видовым оптимумам раковинных амёб значений уровня болотных вод в торфяных разрезах Темное-1 и Темное-7

Обнаружены новые виды–индикаторы катастрофических резких изменений условий среды: *Cryptodifflugia minuta* и *Schoenbornia smithi*, что подтверждает предположение о том, что индикационное значение имеет не определенный вид тестацей, а изменение структуры палеосообщества раковинных амёб, выраженное в чрезмерной степени доминирования отдельных видов, а также экологические свойства данных эудоминантов.

существующих измерителей состоит в сочетании высокой надёжности, низкого потребления и приемлемых точностных характеристик.

Разработана методика индивидуальной калибровки датчиков температуры, которая позволила достичь гарантированной точности измерения температуры в 0,1 °С. При этом по данным проведенных натурных испытаний, эти полупроводниковые сенсоры температуры в составе разработанных тепло-влажномерных зондов сохраняют свои технические характеристики на протяжении более 5 лет.

Изготовлено и установлено на различных ключевых участках исследования 17 программно-управляемых измерителей.

Разработано программное обеспечение для микроконтроллера автономного измерителя, для системы сбора и хранения данных, для системы передачи данных от распределённых информационно-измерительных блоков, включающих сотовый GPRS модем и другие виды связи.

7. Развитие технологии ОНЧ мониторинга и разработка алгоритмов обнаружения неустойчивого состояния участков приповерхностных слоев земной коры и активизации геодинамических подвижек. Исследование электромагнитных признаков изменения ритмов движения земной коры и связанных с ними нарушений сейсмического режима контролируемых территорий.

Спектральный анализ многолетних временных рядов ЕИЭМПЗ и сейсмичности позволил заключить, что ритмы земной коры вызваны двумя процессами: суточным и годовым вращением Земли и эксцентричным смещением внутреннего твердого ядра Земли относительно центра планеты. Стабильность вращения Земли обеспечивает стабильность обнаруженных ритмов, точное совпадение спектральных полос геофизических полей со спектральными характеристиками вращения Земли.

Обнаружено совпадение спектрального состава ЕИЭМПЗ и сейсмичности с приливными волнами солнечного происхождения, подавление лунных компонент. Наиболее важные аргументы в пользу гипотезы о смещении ядра Земли и его роли в формировании периодических литосферных волн были получены нами при изучении внутрисуточных вариаций и спектрального состава ЕИЭМПЗ и сейсмичности.

Показано, что внутреннее ядро в течение года никогда не бывает в геометрическом центре планеты. Оно совершает пульсирующее движение вблизи центра по некоторой замкнутой орбите. Плоскость орбиты ядра перпендикулярна к плоскости экватора и составляет 45° к направлению на Солнце и к направлению орбитального движения Земли вокруг Солнца.

Предложены механизмы, объясняющие вышеперечисленные закономерности суточных и сезонных вариаций электромагнитных шумов Земли. Глубинные волновые процессы возникают в результате эксцентричного вращения внутреннего ядра и оболочки Земли. Возникающие при этом возмущения в расплаве жидкого ядра распространяются до внешней поверхности Земли в виде волновых процессов с суточными и годовыми периодичностями. Направление распространения волновых процессов меняется на противоположное в апреле и октябре. Показана важная роль этих процессов в сейсмичности Земли, динамике геофизических процессов в литосфере, а также возможность использования выявленных закономерностей в виде способов геофизической разведки, изучения и картирования территорий с повышенной геодинамической активностью. Предложенные методы использованы для выявления геодинамически опасных участков на действующих и строящихся нефте- и газопроводах, при выборе участков под бурение промысловых скважин и площадок для строительства объектов повышенной опасности. Так? с 20 по 28 августа по трассе магистрального газопровода «УКПГ-2 Нижне-Кванчинского ГКМ – АГРС г. Петропавловска-Камчатского» от 0 до 270 км выявлены и картированы участки вероятных проявлений опасных геологических процессов.

Создана система контроля и прогноза геодинамических процессов на сети станций МГР-01. В 2010 году система переведена на передачу данных мониторинга на сервер ИМКЭС СО РАН

На основе многолетних измерений электромагнитных шумов Земли установлено:

- явные признаки волнового характера возмущений, формирующих суточные вариации электромагнитных шумов;
- существование определённого направления распространения глубинных литосферных возмущений, меняющихся в апреле и октябре;
- наличие характерных часов внутри суток, приблизительно в 2; 6, 16, 18 часов, во время которых происходят явные изменения в динамике процессов;
- наличие вертикальных и горизонтальных осей симметрии отдельных участков суточного хода электромагнитных шумов Земли друг относительно друга;
- максимальная разница в форме суточных ходов наблюдается между зимними и летними днями, минимальная между апрелем и октябрём.
- для любых месяцев года максимальные значения электромагнитных шумов внутри суток в несколько раз превышают минимальные значения.

Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

3. Проект VII.63.1.3. Трансформация энергетических характеристик геосистем в условиях глобальных климатических изменений.

ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

БЛОК № 1. *Исследование энергетического баланса высокогорных геосистем Юго-Восточного Алтая (на примере горно-ледникового бассейна р. Актру)*

Морфометрический анализ рельефа на основе разработанной оригинальной легенды к картам геоморфодинамики (Поздняков А.В., 2005) с дополнениями, необходимыми для оценки энергетического бюджета геоморфосистем позволил составить крупномасштабную карту динамики современного рельефообразования горноледникового бассейна р. Актру, на которой отображена направленность современных геоморфологических процессов, а также расходы вещества в них.

Новизна данной методики составления карты характеризуется следующим: 1) содержатся сведения о количественной величине расхода вещества в литопотоках; 2) в количественной форме представляется информация о скорости и направлении процессов рельефообразования; 3) приводится количественная характеристика изменения в пространстве границ геоморфосистем; 4) отражается граница, на которой баланс расхода вещества равен нулю, то есть динамически равновесная граница (приходная P и расходная Q части равны).

В основу положена идея о рельефообразующих литодинамических потоках.

При составлении карты геоморфодинамики Актру в основу была положена топографическая карта масштаба 1:25000, материалы аэрофотосъёмки, и космические снимки. Морфометрические характеристики форм рельефа определялись с использованием SRTM матриц. В качестве программного обеспечения мы использовали современные ГИС продукты MicroDEM Terrabase II, и MapInfo Professional.

Значимость. На основе приведённой легенды возможно составление карт эколого-геоморфологического районирования территории с выделением опасных рельефообразующих процессов, скорости их протекания и пространственного распространения. Графическое отображение опасных рельефообразующих процессов позволяет выявить геоморфологически обусловленные риски при хозяйственном освоении территории, а также оценить влияние антропогенной деятельности на геоморфосистемы различного ранга.

Таким образом, подобное картографическое отображение динамики массо- и энергообмена в современных экзогенных процессах позволяет раскрывать закономерности формирования как всей геоморфосистемы, так и ее элементов, что в свою очередь открывает возможность сценарных оценок.

БЛОК № 2. Энергетическая характеристика эколого-ресурсного потенциала территории Томской области.

Проведена комплексная оценка энергопотенциала отходов животноводства, твердых бытовых отходов (ТБО), осадка сточных вод (ОСВ); для территории Томской области подобные расчеты сделаны впервые.

Таблица.1 Оценка бионергетического потенциала отходов животноводства, ОСВ и ТБО по административным районам Томской области.

Административные районы Томской области	Биоэнергия отходов животноводства, млн. кВт*час/год	Биоэнергия ТБО, млн. кВт*час/год	Биоэнергия ОСВ, млн. кВт*час/год	Потенциальная биоэнергия (Е) Томской области, млн. кВт*час/год
Александровский	2,34	2,99	2,17	7,50
Асиновский	31,15	22,65	8,56	62,36
Бакчарский	22,20	4,28	3,10	29,58
Верхнекетский	4,01	8,93	4,00	16,94
Зырянский	35,54	4,55	3,29	43,39
Каргасокский	6,32	6,94	5,02	18,28
Кожевниковский	65,57	6,78	4,91	77,26
Колпашевский	8,61	23,37	9,55	41,53
Кривошеинский	23,95	4,64	3,36	31,96
Молчановский	7,42	4,34	3,14	14,90
Парабельский	8,61	3,73	2,70	15,03
Первомайский	20,37	6,14	4,44	30,96
Тегульдетский	4,77	2,41	1,75	8,93
Томский	231,81	20,41	14,77	266,99
Чаинский	21,07	3,94	2,85	27,86
Шегарский	23,28	6,36	4,61	34,25
гор. округ «г.Томск»	6,06	359,90	115,33	481,29
г. Кедровый	0,80	2,47	1,04	4,31
г. Стрежевой	4,04	31,52	9,88	45,45
ИТОГО:	531,15	526,37	229,63	1287,16

В основу расчетов взят минимальный КПД биогазовых установок, составляющий 70%, следовательно, потенциальная биоэнергия при эксплуатации биогазовых установок будет составлять 0,7Е. (С. П. Вострецов, 2008). Из них 65% составляет теплоэнергия, а 35% – электроэнергия (таблица 2).

Таблица. 2 Оценка потенциальных возможностей производства электроэнергии и тепловой энергии при эксплуатации биогазовых установок

Административные районы Томской области	Получение электроэнергии, млн. кВт*ч	Получение тепловой энергии, млн. кВт*ч
Александровский	1,84	3,41
Асиновский	15,28	28,37
Бакчарский	7,25	13,46
Верхнекетский	4,15	7,71
Зырянский	10,63	19,74
Каргасокский	4,48	8,32
Кожевниковский	18,93	35,15

Колпашевский	10,18	18,90
Кривошеинский	7,83	14,54
Молчановский	3,65	6,78
Парабельский	3,68	6,84
Первомайский	7,58	14,09
Тегульдетский	2,19	4,06
Томский	65,41	121,48
Чаинский	6,83	12,68
Шегарский	8,39	15,58
гор. округ «г.Томск»	117,92	218,99
г. Кедровый	1,06	1,96
г. Стрежевой	11,13	20,68
ИТОГО	315,35	585,66

Предложенная методика позволила районировать территорию Томской области по степени обеспеченности ее биоэнергетическим потенциалом. Томская область обладает высоким биоэнергетическим потенциалом, характеризующимся неоднородностью его качественных и количественных характеристик (от 39 до 236 ТДж в год).

На территории области выделяются две основные группы районов: районы-доноры и районы-потребители. Районы-доноры имеют значительные потенциальные биоэнергетические ресурсы для удовлетворения собственных потребностей в электроэнергии, а также возможности передачи части энергии в соседние районы.

Таким образом, дополнительный источник электроэнергии в виде биогаза позволит повысить энергетическую независимость, экономическую стабильность, снизить негативное влияние на окружающую среду как районов-доноров (Бакчарский, Зырянский, Первомайский и Шегарский районы), так и покрыть большую часть энергорасходов районов-потребителей (Верхнекетский, Парабельский, Кривошеинский и Чаинский районы).

БЛОК № 3. Исследование механизмов адаптации высокогорных криогеосистем к изменениям климатических параметров в характерных зонах Алтае-Саянской горной области.

Разработана методика комплексной прогнознй оценки степени устойчивости плотин подпрудных приледниковых озер.

Основу методики прогноза составляет анализ разновременной аэрокосмосъемки, электрического и GPR зондирования, автоматического гидрометрического регистрирования физического состояния слагающих плотины грунтов.

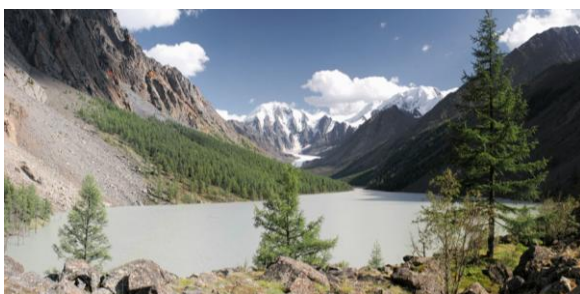
Методика предусматривает последовательное решение следующих задач:

- Предварительная инвентаризация, ретроспективный анализ и обобщение имеющихся материалов по приледниковым озерам исследуемого района, систематизация данных по морфометрии, морфологии и генезису обследованных водоемов;

- Геоинформационное картографирование эталонных приледниковых озер по материалам аэрофотосъемки, результатов полевых работ;
- Анализ условий, факторов и процессов формирования озерных котловин;
- Оценка современного состояния моренно-ледниковых комплексов и приледниковых озер Юго-восточного Алтая с определением степени их прорывоопасности;
- Изучение возможных механизмов прорыва приледниковых водоемов с определением и расчетом критических характеристик.

Разработанная методика показала высокую эффективность. При её апробации ряду приледниковых озер (Софийское, Григорьева, Маашейское) был присвоен ранг высокой степени прорывоопасности и сделан прогноз о вероятном спуске Маашейского озера в течение ближайших 1-2 лет (2012-2013 г.г.).

Термоэрозионное разрушение плотины и катастрофический спуск Маашейского озера произошел 17 июля 2012 г. Сформировавшимся при прорыве озера водно-каменным селем нанесен ущерб инфраструктуре Улаганского района, глубокой переработке подвергнулся рельеф в нижнем бьефе водоема.



Маашейское озеро. Июль 2011 г.



Котловина Маашейского озера после катастрофического спуска. Август 2012 г.



Установленные в 2011 г. зоны предполагаемой разгрузки



Место прорыва плотина. 2012 г.

Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

4. Проект VII.63.1.4. Экосистемные изменения на ландшафтных и климатических границах в условиях глобального потепления.

Динамические и эволюционные процессы на южных границах современной тайги.

ВАЖНЕЙШИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Выявлено, что на южных границах таежной зоны при относительной стабильности летних температур (13-16⁰С) и высокой вариабельности увлажнения (110-400 мм), формируются сложные по составу фитоценозы отражающих вероятностную структуру погодных условий. В автономных местоположениях структура растительных сообществ представлена видами, относящимися к разным экологическим группам – от ксерофитов до гидрофитов. При заболачивании территории в составе растительности увеличивается доля гидрофитов и ослабляется связь с атмосферным увлажнением.

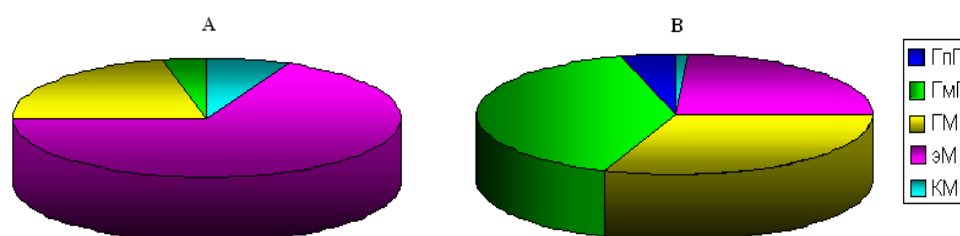


Рис. 4.1. Экологическая емкость автоморфных местообитаний (А) и лесной части лесоболотного экотона (В). Экологические группы: КМ – ксеромезофиты; эМ – мезофиты; ГМ – гидромезофиты; ГмГ – гемигидрофиты; ГпГ – гипогидрофиты.

А – осиново-березовые разнотравно-осочковые леса; В – березняки осоково-вейниковые.

Территория южной тайги, на которой проводились исследования, характеризуется высокой динамичностью погодных условий и прогрессирующим заболачиванием. При относительной устойчивости температур вегетационного периода здесь высока вариабельность летних осадков. Механизмы адаптации растительных сообществ к изменчивости режима увлажнения заключатся в формировании сложных сообществ, включающих виды с различными границами экологического оптимума. Так, в автоморфных местообитаниях формируются фитоценозы, в составе которых наряду с доминированием мезофитов отмечаются как довольно сухолюбивые виды (ксеромезофиты), так и влаголюбивые (гидромезофиты и гемигидрофиты). В лесоболотных экотонах, находящихся на разных стадиях гидроморфной трансформации, наблюдается увеличение доли видов, чей экологический оптимум приходится на сырые местообитания (гипогидрофиты).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Экосистемные изменения в зонах раннего отклика на глобальное потепление

1. На основе оценки состояния важнейших индикаторных видов – кедра сибирского и лиственницы сибирской на верхней и нижней ландшафтной и климатической лесных границах в периоды «климатической нормы» (1951-1980 гг.) и современного потепления (на Алтае с 80-х годов XX в.) установлено, что на нижней границе отклик на потепление проявился в снижении радиального прироста и возобновления; на верхней границе существенного отклика не выявлено.

Проведенные исследования показали, что в периоды «климатической нормы» и современного потепления, радиальный прирост деревьев кедра и лиственницы в первый период на нижней границе имеет положительный, во второй – отрицательный тренд (рис.4.2, А, 1, 2), что может быть связано со снижением увлажнения при повышении температуры воздуха. На верхней границе радиальный прирост обоих видов в эти периоды почти не изменяется.

В динамике важнейшего интегрального показателя состояния лесов - естественного возобновления, в период «климатической нормы» на обеих границах число молодых особей кедра увеличивалось, в период потепления – на нижней границе – снижалось, на верхней – стабилизировалось (рис.4.2, Б, 1,2). В рассмотренные периоды на верхней границе возобновление лиственницы практически отсутствовало, на нижней – в период потепления – существенно снижалось (рис.4.2, 2Б).

Динамика рассмотренных показателей может быть использована для биоиндикации изменений климата.

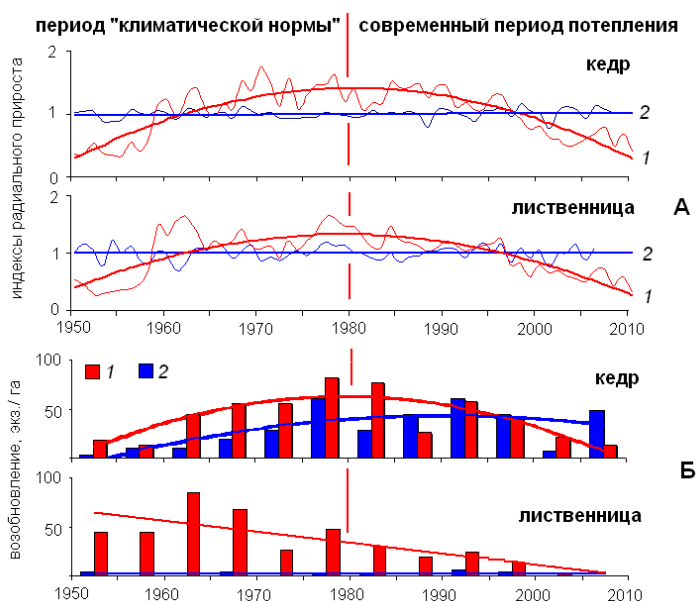


Рис. 4.2 Динамика прироста (А) и естественного возобновления (Б) и кедра и лиственницы на нижней (1) и верхней (2) климатической и ландшафтной границах.

2. На примере Бакчарского болота выявлено, что с завершением атлантического периода (около 5 т.л.н.) началось площадное заболачивание водоразделов. В период суббореального похолодания (от 4.5-3.5 т.л.н.) отмечается массовое возникновение низинных типов залежей в локальных понижениях склонов водораздела. Современный этап развития островных рямов укладывается в период от 2000 до 850 лет и характеризуется переходом к олиготрофной стадии развития. Скорость заболачивания территории - 2.5-5.0 см/год. Современная скорость накопления олиготрофного торфа зависит от уровня болотных вод. В островных рямах варьирует 0.27-0.33 мм/год, на обводненной периферии болотных массивов - 0,95-1,54 мм/год.

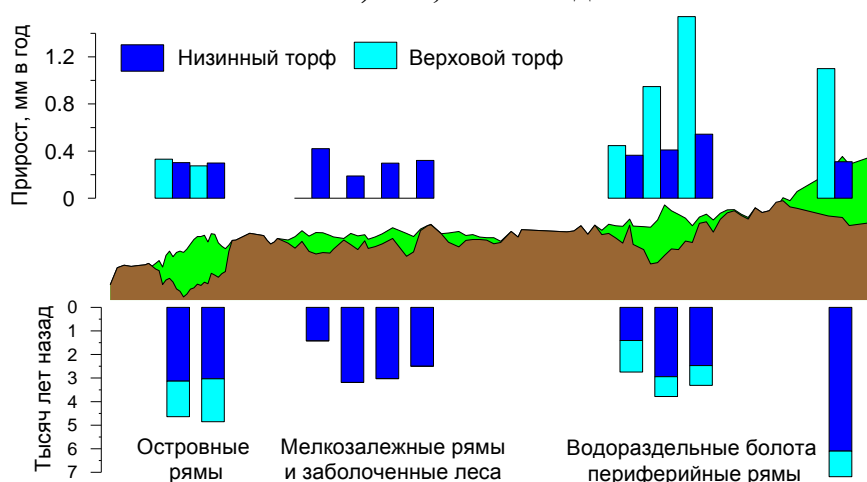


Рис.4.3. Возраст и приросты торфяной залежи болот на Бакчар-Иксинском междуречье

Центральные части Васюганской равнины заняты в настоящее время болотными массивами со сложной структурой микроландшафтов. Дифференцированный подход к оценке заболачивания территории выявил, что заболачивание началось в узких истоках гидросети около 7-7.5 тыс. лет назад с формированием хвощево-осокового низинного торфа. В период от 5 тыс. лет назад отмечается слияние первичных очагов, формирование грядово-мочажинных комплексов, оформление вторичных топей и рослых рямов на периферии торфяников. Обширное площадное заболачивание водоразделов относится ко времени завершения атлантического оптимума. В период суббореального похолодания от 4.5-3.5 тыс лет назад в приболотном поясе водораздельных массивов в локальных понижениях отмечается массовое возникновение новых очагов, развившихся к настоящему времени в островные рямы. Заболачивание развивалось на фоне влажно-луговых сообществ с луговыми почвами и заболоченных редколесий. Современный этап развития болот приречных территорий характеризуется сменой экосистем путем автогенных сукцес-

сий фитоценозов в результате нарастания торфа и смены типа питания, что в разных локальных условиях укладывается в период от 2000 до 850 лет. Скорость торфонакопления в современную олиготрофную фазу развития болот зависит от условий водного режима. Так накопление торфа на обводненной периферии массивов составляет 0,95-1,54 мм/год, в периферийных рядах - 0.45 мм/год, а в островных рядах - 0.27-0.33 мм/год. Накопление древесно-осокового торфа в заболоченных лесах составило 0.19-0.44 мм/год. Горизонтальная скорость заболачивания определяется размером понижений и составляет 2.5-5.0 см в год. Слияние отдельных очагов привело к формированию современной картины в которой болотные массивы занимают до 60 %, заболоченные леса до 35%. На собственно автоморфные ландшафты остается не более 6% территории.

Научная новизна проведенных исследований заключается в том, что впервые исследованы тысячелетние, вековые и внутривековые циклы растительного покрова в центральном Алтае и на юге таежной зоны связанные с изменением климата. Показана региональная синхронность изменений биотического компонента природной среды. В таежной зоне исследованы экотоны локального и ландшафтного уровня и их индикаторная роль в диагностики в болотообразовательного процесса, определено время активного заболачивания и скорость развития болотного процесса. Выявлена индикаторная роль фитоценозов в оценке изменчивости погодных и климатических условий.

Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

5. Проект VII.63.3.1. вулканогенные возмущения атмосферы и изменения климата Сибири и субарктики: современное состояние и палеореконструкция.

ОСНОВНОЕ ДОСТИЖЕНИЕ.

При моделировании прекращения океанического потока тепла в северной Атлантике в модели ЕСНАМ5 получено среднеполушарное похолодание в январе к концу XXI века на 2.7 °С, что превышает по абсолютной величине наблюдаемое потепление в 1.0 °С за последние 50 лет, но уступает модельным оценкам антропогенного воздействия на климат (3.7 °С к концу XXI века). С учетом завышенной чувствительности моделей антропогенного воздействия к изменениям концентрации парниковых газов можно ожидать, что прекращение океанического потока тепла в северной Атлантике приведет к похолоданию в Северном полушарии в конце XXI века даже при учете антропогенного воздействия на климат.

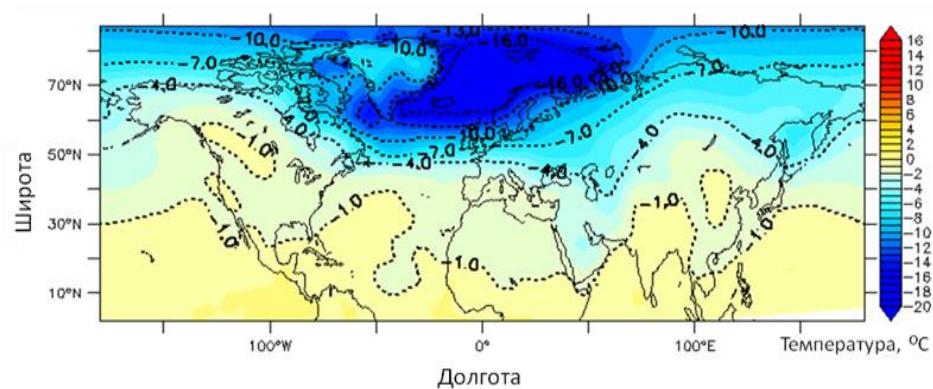


Рис. 5.1. Изменения приповерхностной температуры в январе в экспериментах с обнулением потока океанической конвергенции тепла в Северной Атлантике относительно контрольного эксперимента.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

1. Определение условий и механизмов, формирующих радиационный нагрев в слоях вулканогенного аэрозоля в стратосфере.

В рамках решения этой задачи впервые была предложена новая модель вулканогенного аэрозоля в стратосфере сложного состава, включающего кроме традиционного сернокислотного аэрозоля углеродные наночастицы – «черный углерод». В стратосфере вулканогенный «черный углерод» может существовать в виде стабильных нанодисперсных углеродных частиц (как сажевых, так и чисто углеродных), обеспечивая разогрев стратосферного воздуха. В то же время углеродная частица может находиться либо внутри сернокислотного аэрозоля, играя роль ядра конденсации, либо оседать на нем за счет коагуляции, обеспечивая эффективное поглощение сернокислотным аэрозолем коротковолновой солнечной радиации.

Источником вулканогенного аэрозоля в стратосфере являются газо-пепловые эруптивные колонны, формирующиеся при мощных извержениях плинианского типа и достигающие стратосферных высот. Время жизни относительно тяжелых пепельных частиц микронных размеров составляет несколько месяцев. Считается, что примерно через полгода после плинианского извержения в стратосфере сохраняется только субмикронный сернокислотный аэрозоль, который образуется в цикле окисления выброшенного вулканом сернистого газа SO_2 . Он представляет собой микрокапли 75% водного раствора серной кислоты. Этот аэрозоль обладает высокой плавучестью, время его жизни в стратосфере достигает нескольких лет.

2. Моделирование отклика климатических изменений в нижней тропосфере средних и высоких широт Северного полушария на увеличение температурных контрастов в стратосфере в результате ее вулканогенных аэрозольных возмущений.

Использовались модели ОЦА ИВМиМГ СО РАН и ECHAM5. Для учета вулканогенного разогрева тропической стратосферы оказалось наиболее удобным и эффективным использовать модель ИВМиМГ СО РАН. В поясе субтропических широт (20°-30° с.ш., три модельные ячейки) на высоте 22-24 км внесен дополнительный источник тепла +2°C.

Граничными условиями модели были данные стандартной атмосферы CIRA-86. Длительность численного эксперимента составляла 18 модельных лет, из них 8 лет в условиях дополнительного разогрева субтропической стратосферы и 10 лет с его отключением. Результаты моделирования оценивались на чувствительность: разность данных экспериментальной модели и контрольной (без дополнительного разогрева).

Дополнительный разогрев тропической и субтропической стратосферы вызывает формирование и усиление климатических контрастных зон с появлением устойчивых очагов тепла в районе Чукотки и Камчатки. Усиление климатических контрастов является характерной особенностью современного периода. На основании результатов численного моделирования можно предположить, что значимую роль в этом оказала повышенная активность тропических вулканов во второй половине XX века, начиная с извержения вулкана Агунг в 1963 г. и, заканчивая извержением вулкана Пинатубо в 1991 г. Интересным является выделение очага тепла в районе Чукотки, который проявляется даже при десятилетним интегрировании результатов (9-18 годы). Именно в направлении от северного побережья Чукотки наблюдаются наиболее интенсивное таяние льдов Северного Ледовитого океана.

Таяние льдов вызывает опреснение верхних слоев арктических акваторий и изменения термохалинной циркуляции. Опреснение поверхностных вод в Атлантике приводит к ослаблению глубоководной конвекции и замедлению меридионального круговорота воды (МКВ). Такая тенденция воспроизводится современными климатическими моделями. При этом не исключается полная остановка МКВ и переход океанической циркуляции в другой устойчивый режим без МКВ и связанного с ним переноса тепла. Помимо возможности остановки МКВ, существует возможность полного прекращения притока океанического тепла в Баренцево море, связанная с положительной обратной связью между притоком тепла и границей распространения морского льда. Хотя оба этих сценария являются маловероятными, возможность их осуществления не исключена, в том числе и в современный климатический период при значительной естественной флуктуации климата (связанной, например, с Атлантическим долгопериодным мультидекадным колебанием) или сильным внешним воздействием (например, сериями вулканических извержений в тропическом поясе).

3. Экспериментальное исследование влияния повышенных доз УФ-В радиации на температуру поверхностного слоя воды.

При решении этой задачи основное внимание уделялось эффекту радиационного нагревания в УФ-В диапазоне спектра при поглощении радиации мицеллярными структурами, которые располагаются на границе воздух-вода. Мицеллярные структуры образуются в коллоидных растворах при превышении пороговых концентраций. В океане, который представляет собой природный коллоидный раствор, мицеллярные структуры могут формироваться растворенным органическим веществом (РОВ), активно поглощающем УФ-В солнечную радиацию.

Важно отметить, что состояние именно переходного слоя воздух-вода в океане в значительной степени отвечает за газообмен между этими средами. Можно предположить, что рост УФ-В радиации вследствие долговременной вулкано-генной депрессии стратосферного озона в последней четверти XX века привел к повышению температур этого слоя и соответствующему снижению поглотительных свойств океана атмосферного CO₂.

Температура переходного слоя слабо связана с температурой воды на глубине уже в нескольких сантиметрах. Отсутствие жесткой связи температуры переходной зоны и непосредственно воды может обуславливать существенную разницу при сравнении данных температурных зондов и данных радиационных измерений ТПО со спутников.

Заключение

Обобщая результаты трехлетних исследований, можно сделать следующие выводы:

1. В рамках палеореконокструкций осуществлен анализ 200-летнего ряда ОСО, реконструированного по обобщенной плотности годовых колец хвойных в субарктическом поясе широт. Результаты анализа показали, что аномальный спад ОСО в 90-х годах прошлого столетия обусловлен синергетическим эффектом. Он вызван нелинейным сложением отрицательных колебаний естественных циклов с отрицательным трендом ОСО, обусловленным длительной вулкано-генной депрессией озоносферы. Извержение вулкана Пинатубо в 1991 году фактически пришлось на фазу максимума отрицательных колебаний, что и определило достижение отрицательного экстремума ОСО в 1993-1995 гг. Более мощное извержение вулкана Кракатау в 1883 году пришлось на фазу положительного естественного колебания ОСО, что значительно скомпенсировало проявление озоновой депрессии. Сопоставление хода ОСО и хронологий взрывных извержений показало, что отрицательные аномалии ОСО относительно гармонических колебаний связаны, в первую

очередь, с увеличением частоты этих извержений, максимум которой пришелся на последнюю четверть XX века.

Выявленная связь поведения озоносферы и вулканогенных возмущений стратосферы определяет значительную роль мощных вулканических извержений в глобальном кругообороте углерода благодаря роли УФ-В радиации в функционировании биосферы, в первую очередь растительной биоты, и формировании температур поверхностного слоя океана.

2. При анализе современного состояния климата Сибири и Арктики выявлено, что после вулканогенных возмущений стратосферы значительно возрастает роль динамического фактора, отражающаяся в усилении корреляций зимних температур с индексами NAO и ОСО. Озон в нижней стратосфере средних и высоких широт является пассивным трассером стратосферной циркуляции, т.е. изменения ОСО можно рассматривать как индекс стратосферной циркуляции. Приземная январская температура характеризует изменчивость приземной тропосферной циркуляции. Таким образом, можно сделать важный вывод, что вулканогенные возмущения стратосферы приводят к возмущению общей циркуляции атмосферы (ОЦА), формируя значимую связь индексов циркуляции в стратосфере и нижней тропосфере. Эта связь значимо проявилась в численном эксперименте по созданию разогретого кольца в субтропической стратосфере, проведенном нами с помощью модели ОЦА ИВМиМГ СО РАН. Оказалось, что его разогрев в течение нескольких лет всего на 2°C приводит к формированию довольно устойчивых контрастных климатических зон на территории Евразии, в том числе очага потепления в районе полуострова Чукотка, где наблюдаются основные потери морского льда.

Для объяснения длительного разогрева стратосферы внутри вулканогенных аэрозольных слоев нами впервые была предложена новая модель вулканогенного аэрозоля в стратосфере сложного состава, включающего кроме традиционного серноокислотного аэрозоля углеродные наночастицы – «черный углерод». Наши оценки показали, что в результате извержения вулкана Пинатубо в июне 1991 г. в тропическую стратосферу попало около 80 килотонн нанодисперсной сажи. Это обеспечило разогрев тропической стратосферы на уровне 30 мбар в среднем на 4°C в течение более, чем двух лет после извержения и понижение глобального ОСО со скоростью 2,5% за 10 лет.

3. Нами было проведено численное моделирование изменений климата в Северном полушарии при отключении океанического переноса тепла в северной Атлантике и Баренцевом море с помощью модели ЕСНАМ5 совместно с термодинамической моделью верхнего перемешанного слоя океана Метеорологического института им. Макса Планка, Германия. Возможность остановки меридионального

круговорота воды из-за опреснения северных морей тающим льдом не исключена, в том числе и в современный климатический период в результате сильного внешнего воздействия (например, сериями вулканических извержений в тропическом поясе). Результаты моделирования показали, что климат в Северном полушарии похолодает. В частности, прекращение потока океанической конвергенции тепла в Северной Атлантике приводит к значительному похолоданию с максимальной амплитудой, достигающей $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Норвежском и Гренландском морях, которые, как и остальная часть Атлантики севернее 50° с.ш., становятся покрытыми льдом.

4. Сделаны важные шаги в развитии метода неразрушающего контроля ледяных и фирновых кернов, являющихся хранителями вулканогенных аэрозольных включений. Наибольшие успехи связаны с созданием источников ТГц-излучения, необходимых для метода неразрушающего контроля. Перспективы этого направления связаны с возможностью дистанционного определения вулканогенных аэрозольных слоев без бурения кернов.

Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

6. Проект VII.66.1.2. Развитие физических методов и технических средств для мониторинга окружающей среды и обеспечения безопасности населения.

Важнейший результат.

Создан макет газоанализатора на основе метода спонтанного комбинационного рассеяния света, который предназначен для определения компонентного состава природного газа. По сравнению с газовой хроматографией метод СКР-спектроскопии является более оперативным и обеспечивает проведение одновременного измерения всех молекулярных газовых компонентов, концентрация которых превышает 0,01 %. Кроме того, метод СКР-спектроскопии позволяет определять концентрацию паров воды в природном газе, что является крайне важным для его транспортировки по магистральным трубопроводам.

Процентное содержание и погрешности измерений различных компонентов в природном газе, полученные с помощью СКР-спектроскопии и газовой хроматографии

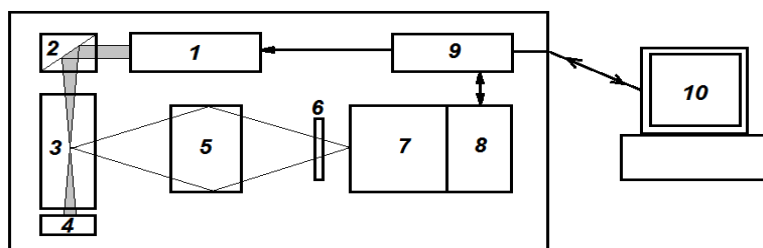
Компонент	СКР, %	Хроматограф, %
Метан, CH_4	$92,31 \pm 0,02$	$92,26 \pm 0,15$
Этан, C_2H_6	$3,55 \pm 0,01$	$3,45 \pm 0,14$
Пропан, C_3H_8	$1,14 \pm 0,01$	$1,26 \pm 0,08$
н-Бутан, $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$	$0,17 \pm 0,01$	$0,224 \pm 0,014$
изо-Бутан, $iso\text{-C}_4\text{H}_{10}$	$0,18 \pm 0,01$	$0,192 \pm 0,012$

н-Пентан, n-C ₅ H ₁₂	0,05 ± 0,01	0,040 ± 0,003
изо-Пентан, iso-C ₅ H ₁₂	0,04 ± 0,01	0,047 ± 0,003
Азот, N ₂	1,96 ± 0,01	1,95 ± 0,08
Углекислый газ, CO ₂	0,57 ± 0,01	0,54 ± 0,03
Кислород, O ₂	—	0,008 ± 0,002
Водород, H ₂	—	0,004 ± 0,001
Гелий, He	—	0,018 ± 0,002
Высшие углеводороды	—	0,023 ± 0,002
Пары воды, H ₂ O	0,023 ± 0,01	—

Блок 1. Исследование аналитических возможностей методов комбинационного рассеяния и зеемановской спектроскопии и создание на их основе газоанализаторов для контроля атмосферных загрязнений.

Субблок 1а. Исследование аналитических возможностей методов комбинационного рассеяния и создание на их основе газоанализаторов для контроля многокомпонентных газовых смесей.

Разработка макета СКР-газоанализатора

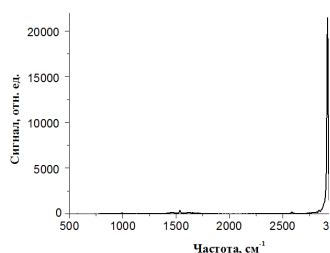


Макет СКР-газоанализатора с кюветой высокого давления. 1 – лазер, 2 – поворотная призма и фокусирующая линза, 3 – кювета, 4 – поглощающая ловушка, 5 – фокусирующая система, 6 – светофильтр для подавления лазерного излучения, 7 – полихроматор, 8 – ПЗС-матрица, 9 – блок управления, 10 – компьютер.

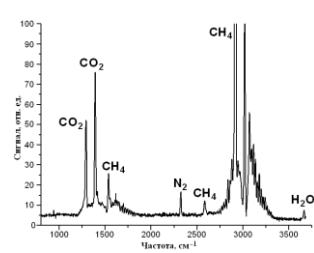
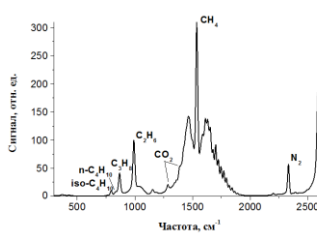


Внешний вид макета

Определение любых молекулярных газовых компонент, концентрация которых превышает 10⁻² %. Оперативность анализа (10-15 минут), измерение в реальном масштабе времени. Одновременный контроль всех молекулярных составляющих анализируемой среды.



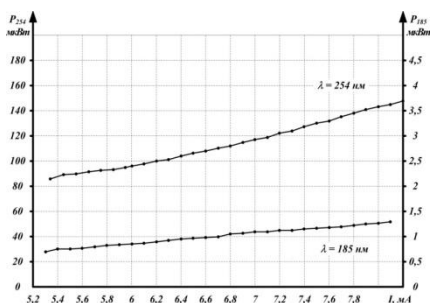
СРК спектр природного газа, зарегистрированный на макете



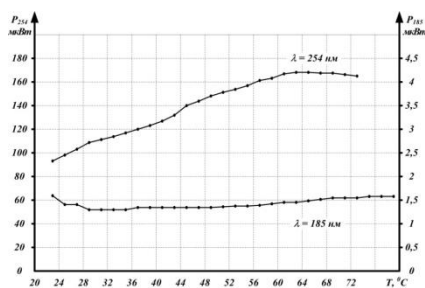
СРК спектр биогаза

Субблок 1б. Исследование возможностей зеемановского метода и атомно-флуоресцентного метода для создания ртутного газоанализатора.

Разработаны и изготовлены четыре образца шариковых безэлектродных ртутных ламп низкого давления. Варианты ламп отличаются составом инертного газа, который служит в качестве наполнителя для обеспечения устойчивого поджога и стабильного горения. Различные образцы изготовленных ртутных лампы содержат аргон, гелий, криптон, при давлении 1 – 5 мм рт. ст. Разработаны два типа высокочастотных (100-150 МГц) источников питания, с емкостной и индукционной связью с нагрузкой. В настоящее время выбран индукционный способ питания шариковых, ртутных ламп. Проведены испытания стабильности работы ртутных ламп в зависимости от изменения питающего напряжения и изменения температуры окружающей среды.



Зависимость мощности излучения ртутной лампы от тока в лампе для резонансных линий излучения



Зависимость мощности излучения ртутной лампы от температуры окружающей среды для резонансных линий излучения

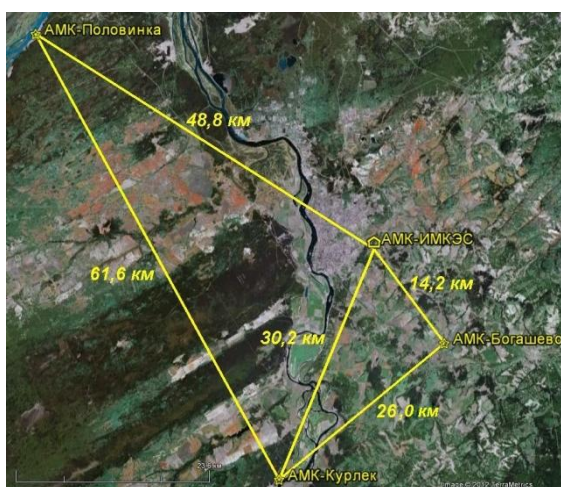
Блок 2. Развитие ультразвуковых и оптических методов измерения метеорологических величин создание многофункциональных автоматических метеорологических приборных комплексов и прототипа информационно-измерительной системы для прогноза опасных метеорологических и экологических явлений на территории региона.

Субблок 2а. Разработать и изготовить макет оптического измерителя количества, интенсивности и распределения по размерам атмосферных осадков.



Измерительная площадь – 25 см²
 Ширина оптического канала – 50 мм
 Частота сканирования – 30 кГц
 Диапазон измеряемых размеров 0,3÷10 мм
 Относительная погрешность измерения размеров, не более – 5%
 Относительная погрешность измерения скорости падения частиц – 3%
 Чувствительность по количеству выпавших осадков– 2×10⁻⁴ мм
 Погрешность измерения количества осадков ± 3%

Образец измерителя осадков



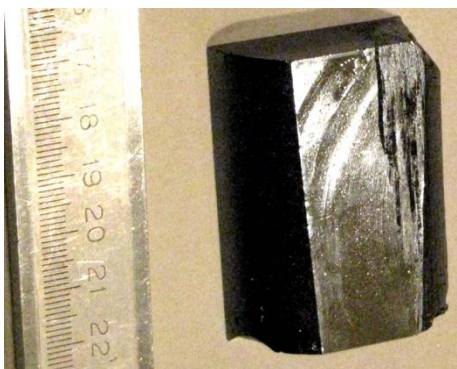
Расширенная сеть постов УАМС

В рамках программы «Импортозамещение СО РАН» в 2010-2012 гг. метеоккомплексы АМК-03 в различной комплектации поставлены в ИЛ СО РАН, ИВМ СО РАН (Красноярск), ИКФИА СО РАН, ИБПК СО РАН (Якутск), БИП СО РАН (Улан-Удэ), ТувИКОПР СО РАН (Кызыл), КФ ИВМ СО РАН (Кемерово).

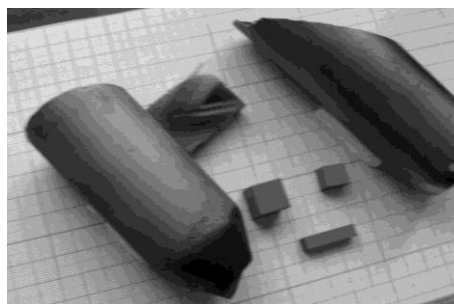
Блок 3. Развитие элементной базы, для перестраиваемых по частоте источников излучения высокой интенсивности ИК и терагерцового диапазона, предназначенных для систем мониторинга природных объектов и безопасности.

Субблок 3а. Выращивание крупноразмерных монокристаллов ZnGeP₂ (до Ø45 мм) в термической установке с прецизионно контролируемым состоянием твердой и паровой фаз и управляемой динамикой жидкой фазы.

На прецизионной термической установке для выращивания монокристаллов с контролем термического состояния всех фаз проведена серия технологических экспериментов по кристаллизации предварительно синтезированного соединения ZnGeP₂ в условиях контролируемой динамики жидкой фазы.



Продольный срез (100) кристалла $ZnGeP_2$ \varnothing 48 мм, выращенного в условиях вынужденной конвекции расплава (радиальный градиент температуры $0,2$ °C/см). Видно, что область, насыщенная включениями, начинает формироваться на периферии поперечного сечения кристалла. В центральной части кристалла включения отсутствуют.

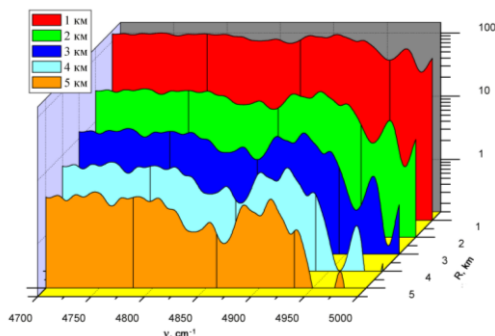


Монокристаллы $ZnGeP_2$, выращенные из расплава методом Бриджмена на термической установке с контролем термического состояния всех фаз при радиальном градиенте температуры ~ 1 °C/см и 2 °C/см

Субблок 3б. Исследовать преобразования частоты лазерного излучения в видимом и ИК диапазонах в периодически поляризованных нелинейных кристаллах.

Оценка возможностей метода дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС).

Используется широкополосное лазерное излучение и спектрометр с ПЗС-матрицей, что обеспечивает измерение сигналов обратнорассеянного излучения с разрешением как по расстоянию, так и по длине волны одновременно.



Пространственно и спектрально разрешенные эхо-сигналы лидарного зондирования в области преобразованного по частоте излучения Ti:Sapphire лазера (2.0 – 2.1 мкм).

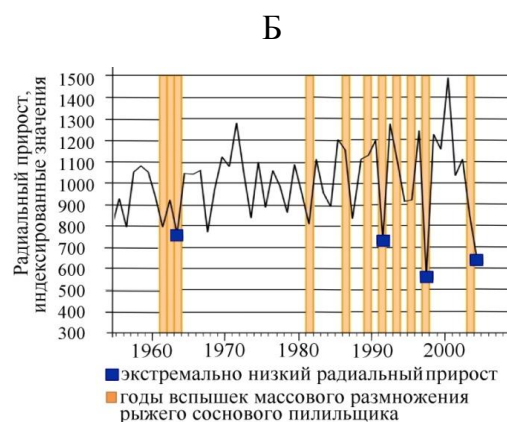
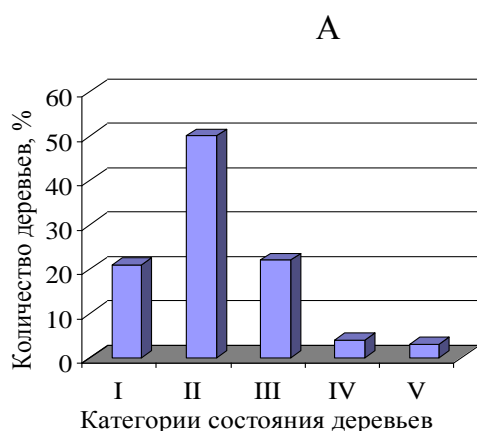
Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

7. Проект VI.44.2.6. Структура биологического разнообразия в экосистемах бореальных лесов: динамические и эволюционные аспекты.

Важнейший результат.

Исследовано современное состояние припоселковых кедровников южно-таежного Приобья. Выявлены активно протекающие процессы трансформации лесного биоразнообразия, определяющие высокие темпы и комплексный характер деградации уникальных окультуренных лесных экосистем и связанные с интенсивным антропогенным воздействием и климатическими изменениями.

Признаками негативных изменений биоразнообразия, выявленными в результате многолетних исследований в 20 кедровых урочищах Томской области, являются: ухудшение виталитетной структуры популяций кедров за счет снижения доли здоровых деревьев (рис. 7.1.А); уменьшение видового разнообразия и численности подроста; повышение частоты и интенсивности вспышек размножения хвоегрызущих насекомых (рис. 7.1. Б); расширение очагов агрессивных дереворазрушающих грибов и стволовых насекомых, и, как следствие, преждевременный распад древостоев, формирование несвойственного исходным насаждениям многовидового подлеска, вытеснение в травяном покрове лесных видов синантропными, смена кедров лиственными породами. Установлено, что площадь отдельных кедровых урочищ в результате санитарных рубок в нарушенных древостоях сократилась за последние 20 лет на 30-50% (рис. 7.1.В, Г). Разработаны методы оперативного локального мониторинга припоселковых кедровников как особо охраняемых природных территорий, основанные на комплексной диагностике состояния экосистем, а также принципы создания припоселковых кедровников нового поколения, предусматривающие учет лесорастительных условий и оптимизацию генотипического состава популяций.



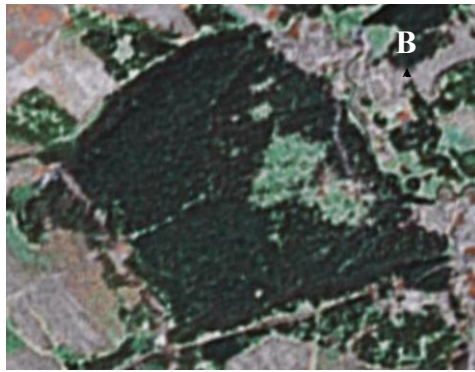
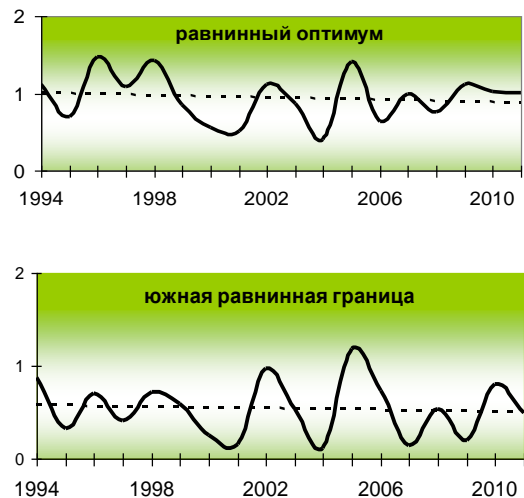


Рис. 7.1. Признаки деградации в припоселковых кедровниках Томской области. А – наиболее распространенный современный тип виталитетной структуры кедровника сибирского (I – здоровые деревья, II – ослабленные, III – сильно ослабленные, IV – отмирающие; V – сухостой); Б – динамика всплесков размножения рыжего соснового пилильщика и радиального прироста деревьев кедровника сибирского; В – площадь санитарных рубок в Протопоповском кедровнике (светлые участки внутри массива, космоснимок, 1997 год); Г – то же, 2011 год. Красная линия – граница деградированной площади кедровника, выявленная при маршрутном обследовании 2012 года.

Блок 2. Структура и динамика внутривидового разнообразия в эколого-климатической "системе координат" (на примере кедровника сибирского).



Динамика плодоношения кедровника (шишек на побег): Центральный Алтай (слева) и юг равнинной части ареала в Западной Сибири (справа)

Блок 3. Пространственно-временная и структурно-функциональная организация разнообразия в группах видов, контрастных по таксономической принадлежности и комплексу адаптаций (на примере прямостоячих и стелющихся видов сосновых).

Способы защиты фотосинтетического аппарата от избыточной солнечной энергии в зимний период у прямостоячих и стелющихся видов

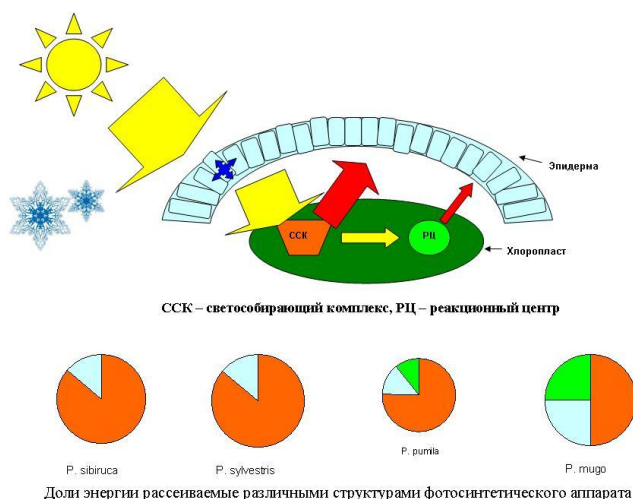


Рис. 7.2. Способы защиты фотосинтетического аппарата прямостоячих и стелющихся видов сосны от избыточной солнечной энергии в зимний период. На диаграммах показаны примерные доли энергии, рассеиваемые эпидермой (голубой цвет), светособирающим комплексом (оранжевый цвет) и реакционными центрами (зеленый цвет). Меньший размер круга у *P. pumila* показывает, что у этого вида избыточная энергия рассеивается не полностью; она повреждает фотосинтетический аппарат

Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

8. Проект IV.31.2.7. Веб-систем для вычисления климатических характеристик и анализа глобальных и региональных климатических изменений.

Важнейший результат:

Создан и размещен на высокопроизводительной платформе прототип веб-системы для анализа глобальных и региональных климатических изменений, включающий модульное вычислительное ядро, которое обеспечивает взаимодействие пользователя с функциональными модулями системы и представление результатов вычислений в цифровом и графическом видах.

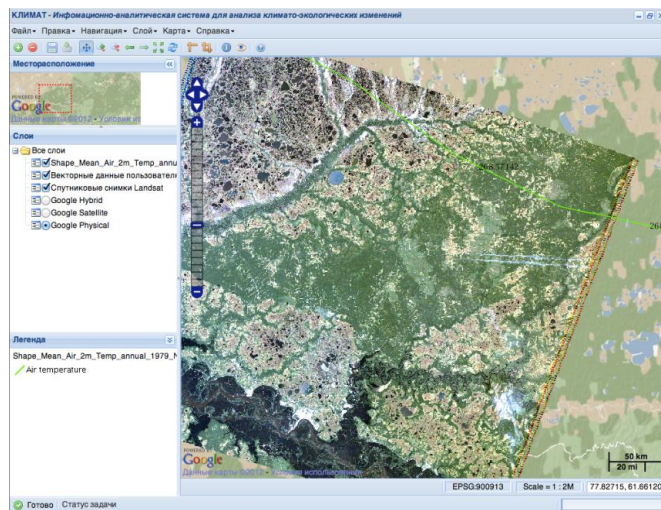


Рис. Графический интерфейс пользователя. На подложке из карты Google и снимка LandSat показаны изолинии средней годовой температуры, вычисленной на основе реанализа MERRA.

Разработана общая архитектура веб-ГИС системы для анализа глобальных и региональных климатических изменений, включающая три основные компоненты: локальный архив наборов геофизических данных; вычислительное ядро, обеспечивающее обработку и визуализацию данных; и веб-портал, основанный на оригинальном программном обеспечении. В качестве наборов данных доступных для обработки используются архивы исторических наблюдений, результаты математического моделирования (реанализы, глобальные и региональные модели), а также данные спутникового зондирования.

Разработанный на основе JavaScript-библиотек ExtJS, GeoExt и OpenLayers разработан графический интерфейс пользователя, который решает задачу взаимодействия с конечным пользователем, обеспечения связи с функциональными модулями веб-портала, подготовки формализованного описания задач для вычислительного ядра, а также корректное представление результатов вычислений в цифровом и графическом видах с использованием современных Веб-ГИС технологий.

Финальная версия веб-системы размещена и протестирована на высокопроизводительной платформе (Intel S5000, 2 Intel Xeon 5130, 4 Gb RAM, RAID-6 17 Tb).

Анализ приземной температуры воздуха позволил уточнить пространственные масштабы обнаруженных ранее изменений средних годовых температур с очагами потепления верхних широтах Восточной Сибири (0,6 – 1,0 °C/10 лет) и слабой тенденцией к похолоданию в ее центральной части до -0,2 °C/10 лет.

Общая характеристика выполненных в 2012 г. работ

Базовый набор вычислительных модулей для обработки и анализа архивов геофизических данных был расширен программными модулями расчета ряда экстремальных климатических характеристик и биоклиматическими показателями. Разработан и реализован в виде набора программных модулей подход сравнения данных реанализов с рядами инструментальных наблюдений в отдельных точках местоположения станций, который включает подбор однородных рядов инструментальных наблюдений по результатам анализа информативности рядов и удаления рядов с пропусками и короткими периодами измерений; интерполирование данных реанализов в координаты местоположения станций выбранных рядов; статистическую оценку различий интерполированных в точки с координатами наблюдательных станций значений данных реанализов и измеренных на этих станциях значений метеовеличин. Разработанные программные модули расширили функциональные возможности системы по обработке и анализу архивов метеорологических данных.

Архив геофизических данных был расширен данными по осадкам Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) Reanalysis агентства Deutscher Wetterdienst (DWD) Министерства транспорта, строительства и городского развития Германии, данными моделирования глобальной климатической модели CM4, разработанной в ИВМ РАН, данными реанализа GMAO NASA Modern ERA Retrospective Analysis (MERRA), и данными высокого пространственного разрешения, полученными путем восстановления полей метеорологических величин с высоким пространственным разрешением на основе моделирования с использованием модели WRF, а также данных наблюдений для Сибирского региона.

На основе JavaScript-библиотек ExtJS, GeoExt и OpenLayers была завершена разработка графического интерфейса пользователя информационно-вычислительной системы. В задачу графического интерфейса веб-приложения входит взаимодействие с конечным пользователем, обеспечение связи с функциональными модулями веб-портала, формирование формализованного описания задач для вычислительного ядра, а также корректное представление результатов вычислений в цифровом и графическом видах с использованием современных Веб-ГИС технологий.

Финальная версия веб-системы размещена и протестирована на высокопроизводительной платформе (Intel S5000, 2 Intel Xeon 5130, 4 Gb RAM, RAID-6 17 Tb) на примере исследования современного состояния приземной температуры воздуха и количества осадков на территории Сибири.

Полный заключительный отчет в соответствии с требованиями отправлен ЦИТиС.

Проведён анализ временной и пространственной изменчивости температуры поверхности океана (SST) и суммарного потока тепла (который представляет собой сумму потоков скрытого и явного тепла LE+S) в трёх энергоактивных зонах (ЭАЗО) Северной Атлантики, к которым относятся Ньюфаундлендская, Норвежская и Бермудская ЭАЗО. По результатам разложения на естественные ортогональные функции, построенные по полям среднемесячных значений потока тепла LE+S за период 1960 ÷ 2009 гг. установлено, что в холодный период и в июне изменчивость потока тепла в Ньюфаундлендской ЭАЗО коррелирует с изменчивостью второй главной компоненты (до 0,87). Выявлены высокие по величине коэффициенты корреляции (0,5 ÷ 0,6) между температурой поверхности океана в Ньюфаундлендской ЭАЗО и осадками и температурой воздуха в Сибири. На территории Сибири выделено 2 очага с высокой когерентностью (0,75 ÷ 0,9), к которым относятся Междуречье Оби и Иртыша, а также территория Забайкалья.

Во всех исследуемых районах преобладали положительные тренды температуры поверхности океана и потоков тепла, которые являются значимыми для SST во всех ЭАЗО, для потоков тепла в Бермудской зоне и лишь в отдельные месяцы в Ньюфаундлендской и Норвежской ЭАЗО. Анализ внутригодовой изменчивости потоков тепла в Северной Атлантике показал, что Ньюфаундлендская ЭАЗО в период 1975 ÷ 2011 гг. характеризовалась максимальным притоком тепла. Положительный тренд испарения может формироваться под влиянием влажностного градиента в приводном слое атмосферы, а также за счёт увеличения приводного ветра. Возможно совместное влияние этих факторов.

В результате анализа внутригодовой изменчивости температуры поверхности океана и потоков тепла в Северной Атлантике замечено, что Ньюфаундлендская ЭАЗО в период 1975 ÷ 2011 гг. характеризовалась максимальным притоком тепла (116 В/м² в январе).

2. Для оценки экосистемных изменений на юге Западной Сибири с 2002 по 2012 гг. проанализирована динамика нормализованного относительного индекса растительности, показателя количества фотосинтетически активной биомассы, для луговой растительности в июне каждого года на тестовой территории в Кулундинской зоне Алтайского края (ИВЭП СО РАН, ЛЭА)

Расчеты NDVI (нормализованного относительного индекса растительности) осуществлялись на основе предварительно отобранных из архива данных первичной информации со спектрорадиометра MODIS спутников Terra/Aqua с использованием программных продуктов MOD09 и пакета 6SV в скалярном и векторном режимах с учетом атмосферной коррекции, за весенние, летние и осенние сезоны

за период с 2005 по 2011 гг. для территорий Благовещенского района (озера Кучукское, Кулундинское, Селитренное), Славгородского района (озера Большое Яровое, Малое Яровое, Сикачи). Усреднение проводилось по 1000 пикселей, Размер пикселя 250X250 метров.

Полученный тренд в динамике NDVI за 10 лет (рис. 2) показывает на снижение количества фотосинтетически активной биомассы в Кулундинской зоне Алтайского края, что обусловлено в первую очередь происходящими экосистемными изменениями.

Для оценки изменений площади оледенения Центрального Алтая использовались материалы космической съемки 2006 г., которые сравнивались с материалами Каталога ледников (1974-1978 гг.). Ледники визуально дешифрировались со спутниковых снимков, их контура векторизовались с помощью ГИС программы ArcGIS 9.3.1. Полученный материал был сравнен с Каталогом ледников (табл.).

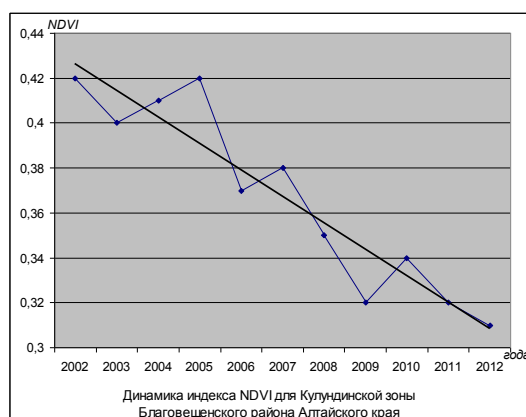


Рисунок 2.– Динамика NDVI для Кулундинской зоны Алтайского края

Проведена оценка связи изменения колебаний ледников (отступление языков ледников и их объемов) по данным MODIS в Альпийской зоне Алтая с климатическими характеристиками в опорном бассейне Актру. В качестве наиболее изученного ледника (с точки зрения изменения объема льда за период инструментальных наблюдений) в горноледниковом бассейне Актру был выбран плосковершинный ледник Водопадный, площадью 0,8 км².

Таблица – Изменение площади оледенения Центрального Алтая за период с 1961 по 2006 гг.

	Катунский хребет	Южно-Чуйский хребет	Северо-Чуйский хребет
Количество ледников на момент космической съемки	268	179	89
Количество по Каталогу ледников СССР (карты 1961 г.)	296	211	128
Деградация площадей (км.кв.)	53,9	30,1	34,7
Сокращение средних длин ледников (м)	255,7	262,8	553,7

В начале июля сотрудниками ИВЭП СО РАН была выполнена съемка ледника Водопадный с помощью геодезической JPS «Leica SR-20» и сопоставлена в данными MODIS. Эти материалы позволили оценить влияние климатических изменений на изменение объема льда ледника Водопадный. Материалы дешифрирования космических снимков и изменения объема ледника Водопадный показывают, что в последние десятилетия ледники Алтая интенсивно деградируют.

1.2.3. РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ ПО ИНТЕГРАЦИОННЫМ ПРОЕКТАМ СО РАН

Проект № 46. «Нелинейные халькогенидные кристаллы для сверхширокополосных преобразователей лазерных частот».

АННОТАЦИЯ

Разработка физико-химических основ и новых технологий создания сверхширокополосных параметрических преобразователей лазерных частот на базе халькогенидных нелинейных кристаллов обеспечивает прогресс в решении фундаментальных проблем физики конденсированных состояний в части «Физика полупроводников и диэлектриков, полупроводниковые, композитные, нанокристаллические и фотоннокристаллические материалы и структуры», оптики в части «Новые оптические материалы, технологии и приборы, их применение», химии наночастиц и нанобъектов в части «Создание нового поколения гибридных материалов различного функционального назначения для использования в технике, в медицине, в химической технологии, включая композиты, материалы для квантовых компьютеров и оптоэлектроники».

Наиболее важные научные результаты, полученные в результате первого года работ по проекту, касаются:

- Получения монокристаллов GaSe, легированных Al, S, In и Te, сантиметровых размеров, с низким уровнем оптического поглощения ($\alpha \leq 0,1 \text{ см}^{-1}$).
- Исследования химического состава монокристаллов, их кристаллической и электронной структуры, а также характеристики политипного состава и дефектов.
- Развития методик определения оптимального содержания легирующих компонент в кристаллах GaSe.

ОСНОВНЫЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Выращена партия кристаллов GaSe, легированных теллуром (Te), серой (S) и алюминием (Al) со следующим содержанием примесей в закладке: GaSe:Te (0,05,

0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 1, 3 масс. %), GaSe:S (0,5, 1, 2, 2,5, 3, 5, 7, 10 масс.%) (рис.1) и GaSe:Al (0,01, 0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1, 2 масс. %) (ИГМ СО РАН).

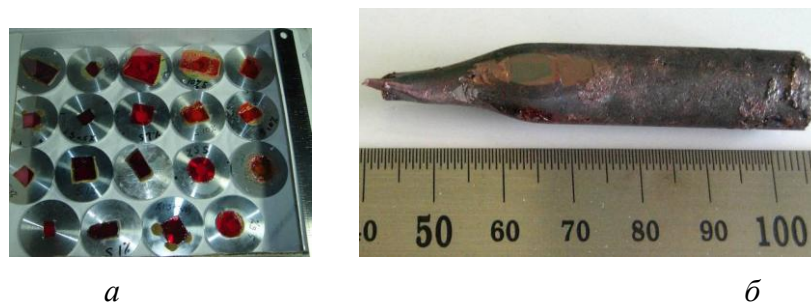


Рис.1. Внешний вид кристаллов GaSe, легированных серой (а) и були GaSe:Al (0,05 масс.%) (б).

Разработаны методики количественного химического анализа халькогенидных монокристаллов GaSe, легированных Ag, In, и S, и кристаллов GaSe:AgGaS₂, с использованием атомно-абсорбционного (АА) спектрофотометра Z-8000 (Hitachi, Japan), и атомно-эмиссионного (АЭ) спектрометра iCAP-6500 (Thermo Scientific, USA), а именно:

- Методика обзорного атомно-эмиссионного спектрального с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) анализа халькогенидных монокристаллов GaSe, позволяющая определять до 30 элементов-примесей с пределами обнаружения 10^{-4} – 10^{-6} масс.% и относительным стандартным отклонением 0,05–0,15. Важным преимуществом данной методики является возможность определять содержание серы.
- Методика прецизионного пламенного атомно-абсорбционного спектрального (ААС) анализа халькогенидных монокристаллов на содержание легирующих примесей: Cr, In и Ag, позволяющая определять содержание Cr, In и Ag в диапазоне концентраций 10^{-2} – 10^{-4} масс.% и относительным стандартным отклонением $\leq 0,02$. Методики АЭС и ААС были использованы для аналитического обеспечения технологий выращивания халькогенидных монокристаллов, и позволили установить следующее:
- Функциональные характеристики халькогенидных монокристаллов GaSe зависят от содержания легирующих примесей (например, индия и серы). Как известно, примеси индия и серы входят в кристаллическую решетку GaSe и существенно влияют на механические и оптические параметры кристаллов. Для совершенствования ростовой технологии необходима информация о химическом составе монокристаллов, выращенных в разных условиях, сопоставление характеристик кристаллов с уровнем легирования и пр. Исследование образцов халькогенидных монокристаллов GaSe методом атомно-эмиссионной спектроскопии показало, что распределение серы достаточно однородно по длине кристалла. Для индия – на-

блюдается резко-неоднородное распределение с ростом концентрации к концу кристалла. Разработанные методики АЭС-ИСП и ААС были использованы для контроля технологии выращивания кристаллов селенида галлия, легированных специально синтезированным сульфидом индия (InS).

- Исследованы микроструктурные характеристики кристаллов GaSe:AgGaS₂. В составе выращенного кристалла обнаружена только кристаллическая фаза GaSe. Детальное ААС определение распределения примесей серы и серебра по длине кристалла показало однородное распределение серы и резко-неоднородное распределение серебра. Экспериментально определенное содержание Ag резко нарастает при увеличении навески GaSe:AgGaS₂ в пределах одной пробы, что говорит о гетерогенности пробы. В то же время достаточно однородное распределение серы по кристаллу свидетельствует о формировании твердого раствора GaSe:S. Таким образом при легировании GaSe примесью AgGaS₂ формируется раствор GaSe:S, содержащий преципитаты Ag-содержащей фазы.

- Исследованы микроструктурные характеристики кристаллов GaSe:Cr, выращенных в Сибирском физико-техническом институте Томского государственного университета. Исследование распределения примеси хрома по длине кристалла методом АЭС-ИСП показало резко-неоднородное распределение хрома с ростом концентрации к концу кристалла. Таким образом при легировании GaSe примесью Cr формируется раствор GaSe:Cr в близкой к зародышу части були. Избыток Cr отторгается в хвостовую часть були.

- Методом пламенной ААС исследована полнота вхождения Cr в структуру кристаллов GaSe в зависимости от условий выращивания, что позволило получать легированные кристаллы GaSe:Cr, пригодные для оптических применений. На основании статистической обработки результатов, полученных методом ААС, определен эффективный коэффициент распределения примеси хрома в GaSe. На основе анализа экспериментальных данных по составу кристаллов следует, что при содержаниях Cr в жидкой фазе менее 0,2–0,3 масс.% идет равновесная кристаллизация, а при увеличении его концентрации – выращенные кристаллы имеют макроскопические дефекты в виде включений хрома.

В результате исследования микроструктурных и оптических параметров образцов чистого GaSe и GaSe:Cr были также:

- Определены пределы растворимости хрома.
- Изучены микроструктурные, оптические и электрические характеристики в зависимости от уровня легирования.
- Установлено, что дисперсионные характеристики оптических констант твердых растворов GaSe:Cr в видимой и ультрафиолетовой части спектра

слабо отличаются от оптических характеристик чистого GaSe. Подвижность носителей при температуре $T \sim 300$ К составляет $20\text{--}40 \text{ см}^2\text{В}^{-1}\text{с}^{-1}$. Удельная проводимость образцов возрастает от 4×10^{-3} до $1 \times 10^2 \text{ }\Omega^{-1}\text{см}^{-1}$ по мере возрастания концентрации хрома вдоль були. При $T \sim 300$ К концентрация дырок составляет $(1\text{--}2) \times 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и практически не зависит от легирования. Полученные результаты готовятся к печати.

Кроме того, начато исследование кристаллов GaSe:Er, выращенных в ИГМ СО РАН. Проведённое исследование микроструктуры методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) показало выраженное слоистое строение этих кристаллов. Наблюдаются типичные для GaSe нанодфекты в виде локальных вспучиваний диаметром $\sim 100\text{--}400$ нм. На поверхностях сколов имеются типичные области с более темным РЭМ контрастом. Из измерений ПЭМ оценены параметры решетки легированных кристаллов. В настоящее время ведется подготовка к оптическим измерениям и определению химического состава.

Допустимые пределы легирования, при которых кристаллы GaSe сохраняют структуру ε -политипа, пригодную для нелинейно-оптических применений, и оптимальный уровень легирования (ИФП, ИНХ, ИМКЭС) определялись следующим образом:

- Оптимальный уровень легирования кристаллов определён путём анализа структуры и интенсивности пиков скользящих мод фононного поглощения, т.к. определение уровня традиционным методом абсорбционной спектроскопии невозможно из-за малости оптической толщи образцов. Допустимые вариации состава равны $\pm 25\%$.
- Соответствие состава кристалла с максимальным пиковым значением интенсивности фононной моды скольжения $E^{(2)}$ оптимальному составу, обеспечивающему минимальные оптические потери при любом легирующем элементе, подтверждено зависимостью эффективности генерации ТГц излучения (методом оптического выпрямления излучения 50 фс Ti:Sapphire лазера) от концентрации легирующей добавки S и Te.
- Установлено, что наличие некоторого оптимального уровня легирования является общим свойством кристаллов GaSe, модифицируемых различными примесями. Этот уровень снижается с ростом атомного веса легирующего элемента, а именно: 2–3 масс.% для серы, 0,5–1 масс.% для индия, 0,07–0,38 масс.% для теллура. Исключение составляет алюминий (оптимальный уровень 0,01–0,02 масс.%), необразующий связей Al-Se и других соединений слоистой структуры типа ε -GaSe.

На фемтосекундном стенде ИСЭ СО РАН совместно с исполнителями проекта от ИМКЭС СО РАН впервые проведено исследование лучевой стойкости кристаллов в зависимости от вида и уровня легирующей добавки S и In, а также оптического качества выращенных образцов кристаллов. Установлены разновидности и физические причины разрушений под действием 100-фемтосекундных импульсов диапазона 1,1–2,9 мкм, делающие кристаллы непригодными для нелинейно-оптических приложений, а именно:

- Первичные разрушения локализованы в области микровключений и отслоений сравнимых по размеру с длиной волны накачки, и сопровождаются (при дальнейшем увеличении интенсивности накачки) диссоциацией GaSe на исходные элементы с образованием пятен черного цвета (рис. 2).
- Диссоциация GaSe на исходные элементы, как это следует из химического и спектрального анализов, не нарушает дефектов (границ обрыва) поверхностных слоев, что указывает на их суб- и микронные толщины. Этот факт также подтверждается картиной разрушений, снятой в проходящих лучах, и морфологией поверхности, определенной с помощью атомно-силового микроскопа (рис. 3).

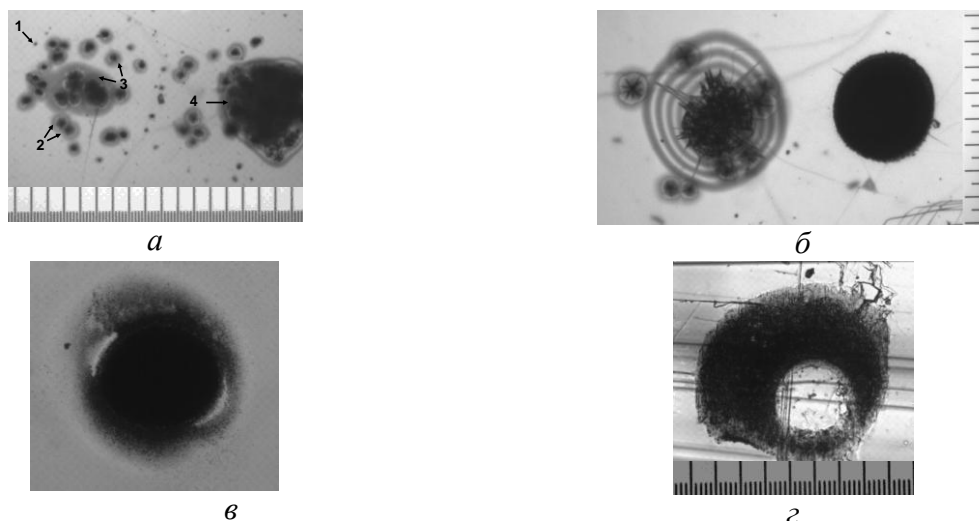


Рис. 2. Разрушения в месте расположения поверхностного дефекта в низкоинтенсивной части пучка накачки (1) и в объеме кристаллов с появлением локальных отслоений (белая окантовка) в области более высокой интенсивности пучка (2), формирование областей диссоциированного на исходные элементы кристалла (черные области в окрестности) локальных разрушений (2, 3), сливающиеся в обширные области (4) при дальнейшем увеличении интенсивности накачки (а); разрушения в области существовавших отслоений (дефектов спайности – левое фото на рисунке (б)); однородное пятно диссоциированного материала на поверхности качественного кристалла (правое пятно на рисунке (б) и с элементами разброса на рисунке (в)); формированием кратера выброса в центре (г). Минимальная цена деления шкалы – 10 мкм.

- Малая толщина слоев, образующегося аморфного селена и кадмия, несмотря

на высокий коэффициент поглощения порядка 1000 см^{-1} , определяет невысокую поглощательную способность такого рода разрушений, и их незначительное влияние на эффективность преобразования частот. Поэтому возврат (инверсия) пропускания чистых и легированных кристаллов GaSe со снижением интенсивности накачки к исходному значению, наблюдаемая после падения пропускания вплоть до значений 5-10% с ростом интенсивности накачки, остается неизменной и при наличии этих видимых признаков диссоциации GaSe.

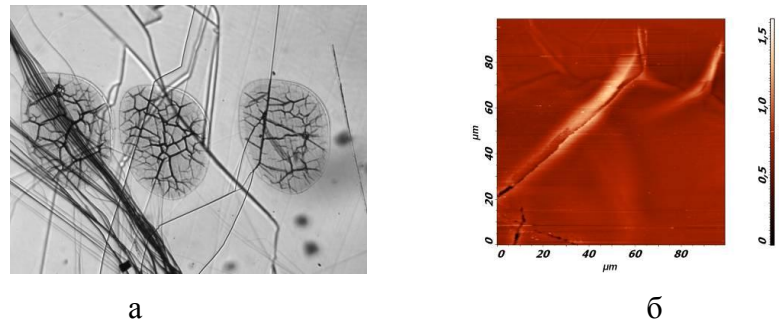


Рис. 3. Вид на картину разрушения на просвет (а) и морфология поверхности при тераваттной накачке, полученная с помощью атомно-силового микроскопа (б).

• Ограничение потенциальной эффективности преобразования частоты качественных кристаллов обусловлено многофотонными процессами поглощения (рис. 4), а с ростом интенсивности накачки – и идентифицированными эффектами транзитного пропускания.

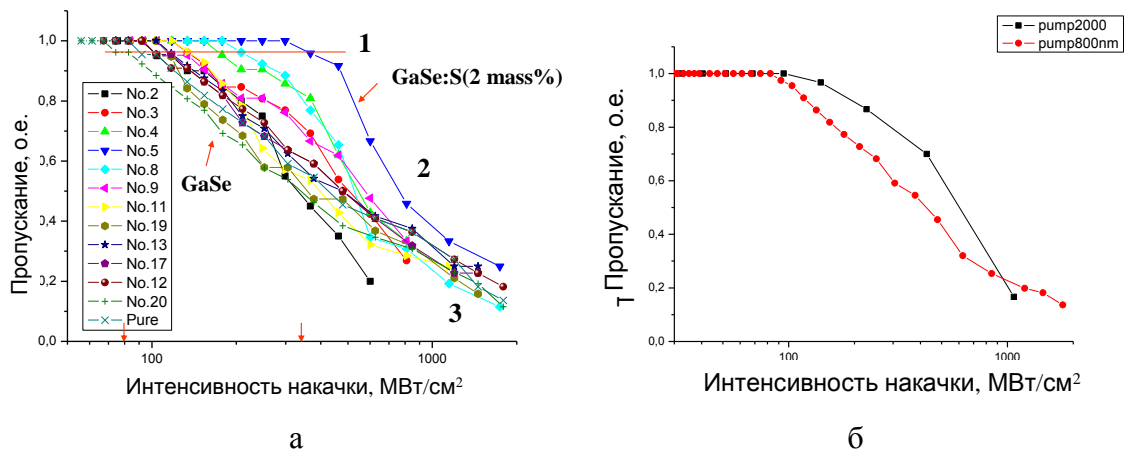


Рис. 4. Пропускание в зависимости от интенсивности накачки на длине волны 800 нм для кристаллов GaSe с различным уровнем легирования S (а) и для чистого кристалла GaSe при накачке на длине волны 800 нм (красная линия) и 2 мкм (черная линия) (б).

• Наибольшую лучевую стойкость среди исследуемых кристаллов (пятикратную по отношению к нелегированному кристаллу GaSe по уровню пропускания 95% (линия 1 на рис. 4а)), имеет кристалл GaSe:S с оптимальным содержанием серы 2 масс.% (рис. 4а). Эффект двухфотонного поглощения вносит решающий вклад в пропускание и эффективность преобразования частоты фс Ti:Sapphire лазера с

длиной волны излучения 800 нм, т.к. увеличение длины волны до 2 мкм приводит к резкому росту лучевой стойкости (рис. 4б).

- Эффекты транзитного пропускания с постоянной времени в десятки фс могут изменять коэффициент пропускания образцов в ту и другую сторону до 50%.
- Визуально наблюдаемые диссоциация кристаллов GaSe и реальное разрушение в виде сплавленного микроструктурированного, и хорошо адгезированного слоя галлия, не является практически важной причиной ограничения потенциальной эффективности преобразования частоты импульсов фемтосекундной длительности.
- Изменение потенциальной эффективности преобразования частоты не происходит при интенсивностях накачки до 700–800 ГВт/см²; наибольшее допустимое значение интенсивности накачки фемтосекундных импульсов достигает тераваттного уровня для кристаллов GaSe с содержанием серы 2–3 масс.%, а реальное разрушение кристаллов происходит при интенсивности накачки $\geq 2\text{--}4$ ТВт/см².
- Из результатов измерения методом дифференциальной сканирующей калориметрии следует, что линейные оптические и эффективные нелинейные свойства кристаллов GaSe в существенной мере определяются относительным содержанием второй фазы – Ga₂Se₃.

Коэффициенты нелинейной восприимчивости определены путем прямого сравнения эффективности генерации ТГц-излучения кристаллами одинаковой длины с поочередной заменой коммерческого генератора дипольного типа на основе кристалла ZnTe на исследуемые образцы кристаллов для исключения влияния аппаратной функции на результаты измерений. При этом установлено, что:

- При легировании различными элементами, за исключением S, не происходит изменения коэффициента нелинейной восприимчивости второго порядка кристаллов GaSe из-за более быстрого наступления деградации качества кристаллической решетки.
- Изменение структуры дефектов и качества кристаллических решеток приводят к изменению эффективной нелинейной восприимчивости по нелинейному закону, проявляющемуся в зависимости эффективности процессов преобразования частот от уровня легирования. Другими словами, при оптимальном уровне легирования значения эффективной нелинейной восприимчивости достигают некоторого максимума (в зависимости от используемого легирующего элемента) по отношению к чистым кристаллам GaSe. Увеличение эффективной нелинейной восприимчивости составляет от 15–20% для кристаллов легированных Te и до 30–40% для кристаллов легированных In.
- Для кристаллов, легированных S, имеет место спад в нелинейной восприим-

чивости (коэффициент тензора нелинейной восприимчивости второго порядка d_{22}) в соответствии с весовым коэффициентом замещения Se на S в структуре решетки: наполовину при их равном содержании). При этом, по совокупности измененных физических свойств (теплопроводности, лучевой стойкости, улучшения оптического качества, дисперсионных свойств), достигается 10–15 кратное увеличение эффективности преобразования частот при предельно возможной интенсивности накачки и оптимальном уровне легирования 2–3 масс. %.

Кроме того, исследована возможность генерации ТГц излучения путем смешения частот линий излучения 10P(20) на длине волны $\lambda=10,59$ мкм и 10R(18) на $\lambda=10,26$ мкм 60-нс импульсов CO₂-лазера в кристаллах GaSe:S (0,09, 0,5, 2,02, 4,16, 6,47, 9,14 масс. %) и GaSe:Te (0,01, 0,07, 0,38, 0,67, 2,07 масс. %). Достигнута эффективность генерации ТГц излучения 2×10^{-4} %.

[Проект № 69. «Интегрированные исследования климатических, гидрологических и экосистемных процессов на территории болот Западной Сибири».](#)

ОСНОВНЫЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Блок 1. Исследования климатических изменений и роли региональных климаторегулирующих факторов в Западной Сибири (ответственный исполнитель: чл.-корр. РАН Кабанов М.В., д. ф.-м. н. Ипполитов И.И. (ИМКЭС)

На территории Западной Сибири развернута измерительная сеть для исследования микроклиматических особенностей болотных экосистем. На 7 ключевых участках размещено около 40 автономных атмосферно-почвенных измерительных комплексов (АПИК) производства ИМКЭС СО РАН. (ИПА, ИМКЭС, ЮГУ, СибНИИСХиТ)

Имеющаяся ранее сеть микроклиматических измерений в зоне южной тайги значительно расширена. На территории ключевых участков, находящихся в 5 природно-климатических зонах Западной Сибири, были выбраны характерные типы болотных экосистем, например, открытая топь, грядово-мочажинный комплекс, низкий и высокий рям, заболоченный лес, согра и пр., в которых были размещены измерители АПИК. Мониторинг температур почвы и воздуха проводимый с высоким временным разрешением и применением однотипного оборудования позволит описать микроклиматические особенности каждого типа болотных комплексов. В качестве характеристик микроклимата планируется использовать такие показатели, как среднесуточная температура почвы и воздуха, амплитуды суточного хода и времени наступления максимумов и минимумов температуры на разных глубинах. На основании полученных данных может быть оценено влияние болот на климат

прилегающих территорий и рассчитаны теплофизические характеристики болотных почв.



Рисунок 1 - Схема расположения ключевых участков. В скобках после названия участка показано число измерителей АПИК.

Мониторинг температуры выполняется с помощью измерителя АПИК. Автономный измеритель АПИК предназначен для стационарных долговременных автоматических измерений и регистрации основных параметров атмосферы и почвы. Стандартная комплектация измерителя включает зонд профиля температуры грунта и температуры воздуха в радиационной защите. Датчики температуры грунта находятся на глубинах 0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см. Для измерения температуры ис-

пользуются температурные датчики DS18B20, калибровкой точность которых повышена с ± 2 до $\pm 0,1$ °C в диапазоне $-55..+65$ °C. Периодичность измерений - от 15 минут до 1 часа. В некоторых комплектациях измерителя к нему подключены дополнительные датчики, обеспечивающие регистрацию значений влажности воздуха, атмосферного давления, уровня болотных вод, электропроводимости воды, направления и скорости ветра, сумм атмосферных осадков.

Проведены вычислительные эксперименты с использованием региональных климатических моделей WRF 3.6.1 и RegCM 4.1, которые позволили уточнить параметризацию ключевых физических процессов и начать регулярную процедуру получения пространственного распределения региональных климатических характеристик высокого разрешения (ИМКЭС, ИВТ).

Для проведения вычислительных экспериментов, нацеленных на уточнение параметризаций ключевых физических процессов и получения региональных климатических характеристик высокого пространственного разрешения модель WRF версии 3.6.1 была запущена в климатическом расправленном режиме на суперкомпьютере МГУ «Ломоносов». Граничные условия берутся из новой версии реанализа ERA-Interim. Для повышения точности вычислений была использована система усвоения метеорологических измерений, выполненных на территории Западной Сибири, “observation nudging”.

В ходе численных экспериментов были подобраны соответствующие данному региону физические параметризации. В качестве модели подстилающей поверхности была использована модель Noah LSM (NCEP/NCAR/AFWA) – 4-х уровневая модель влажности и температуры почвы с расчетом энергетических потоков,

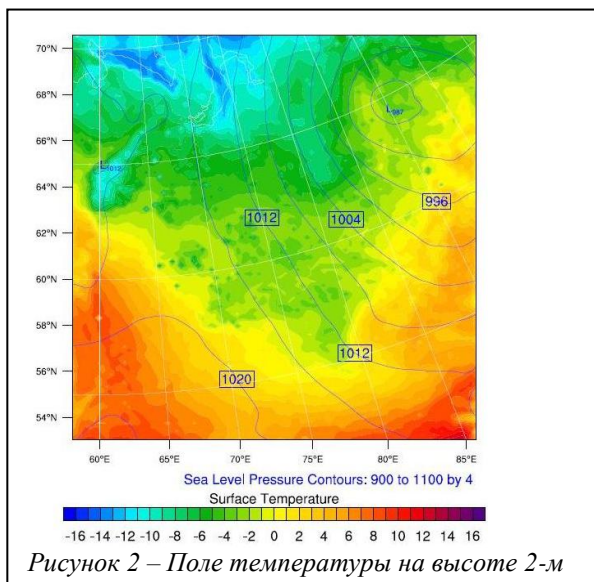


Рисунок 2 – Поле температуры на высоте 2-м

моделью растительности и моделью динамики снега. Пример выявляемой в ходе вычислений тонкой структуры в поле приповерхностной температуры мая 1990 г. приведен на рис. 2.

Региональная климатическая модель RegCM4.1, созданная в Международном центре теоретической физики им. Абдуса Салама (ICTP, Триест, Италия), была использована для изучения климата Западной Сибири. В 2012 г. проведены три вычислительных эксперимента. Про-

ведено исследование влияния размеров области интегрирования и положения их границ (западной и восточной) относительно зон анализа на приземную температуру воздуха и интенсивность осадков. Проведено уточнение параметров региональной климатической модели RegCM4. Показано, что удовлетворительное описание основных климатических полей достигается при описании переноса потоков тепла и влаги в почве в рамках подхода, реализованного в модели CLM3.5 Национального центра атмосферных исследований (NCAR) США.

Блок 2. Исследования гидрологического режима и геохимических условий заболоченных территорий Западной Сибири (ответственный исполнитель: д.б.н. Пузанов А.В., к.ф.-м.н. Зиновьев А.Т. (ИВЭП)

Создана база геоданных с подключенной картографической основой растровых и векторных карт масштаба 1:1000000; 1:200000, включая векторные слои водных объектов и пунктов мониторинга (по состоянию на 29.03.2009) в соответствии с данными гидрологической изученности Государственного водного кадастра (ИВЭП).

База гидрологических данных содержит информацию: 1) по суточным расходам воды на 20 створах рек бассейна Оби; данные будут использоваться для оценки изменчивости коэффициента естественной зарегулированности стока; 2) по средним месячным и средним годовым расходам в створах заболоченных водосборов Западной Сибири за период инструментальных наблюдений – в бассейне Верх-

ней Оби выделено 100 объектов с заболоченностью бассейна 5 и более процентов площади, в бассейне Иртыша (21 объект); данные будут использоваться для расчета норм стока, коэффициентов вариации и асимметрии.

Достигнуто обеспечение гео- и гидрологическими данными дальнейших исследований в соответствии с планами работ на 2013-2014 гг. Проектируемая ГИС отвечает мировому и отечественному уровню работ с пространственно-связанной информацией. Используемая программная среда реализации ГИС-проекта ArcGis Desktop ArcEditor 10 с программными расширениями 3D Analyst 10, Spatial Analyst 10 является современным программным продуктом для создания ГИС.

На основе данных стационарных, экспедиционных гидрохимических и биогеохимических исследований, дана эколого-геохимическая оценка долины р. Васюган и ее притоков. Собранная база включает данные по содержанию радионуклидов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в почвах и донных отложениях, концентрациям основных загрязняющих веществ в реке Васюган и ее притоков (ИВЭП).

Полученные в ходе экспедиционных исследований гидрохимические данные по загрязняющим веществам р. Васюган, в основном, сопоставимы со среднепогодными (табл. 1). Повышенные концентрации общего железа и алюминия, биогенных элементов в речных водах обусловлены биогеохимическими особенностями исследуемой территории и не связаны с антропогенным влиянием. Приоритетными загрязняющими веществами р. Васюган и ее притоков являются нефтепродукты, соединения железа и алюминия.

Таблица 1. - Интервалы варьирования (числитель) и среднепогодные концентрации (знаменатель) загрязняющих веществ в реке Васюган

NH_4^+	NO_2^-	PO_4^{3-}	БПК ₅	ХПК	фенолы	н/продукты	Fe
<u>1,50-1,58</u>	<u>0,004-0,02</u>	<u>0,060-0,14</u>	<u>0,92-3,02</u>	<u>34,3-46,4</u>	0,002	<u>0,46-0,55</u>	<u>0,81-0,99</u>
1,54	0,012	0,10	1,97	40,4		0,51	0,90
ПДК _в , мг/дм ³							
2,0	3,3	3,5	3,0	15,0	0,001	0,05	0,1

Уровни удельной активности естественных радионуклидов в почвах и донных отложениях долины р. Васюган находятся на уровне среднемировых значений. Величина торий-уранового отношения соответствует нормальным значениям для почв, не подверженных техногенному воздействию. Плотность загрязнения почвенного покрова долины р. Васюган цезием-137 значительно варьирует и только в отдельных случаях превышает фоновые показатели для таежной зоны.

Высокие уровни удельной активности естественных радионуклидов характерны для ила и песчанистого ила донных отложений р. Васюган и ее притоков. Вещественный и гранулометрический состав донных отложений оказывает существенное влияние на уровни удельной активности естественных радионуклидов.

По результатам многолетних исследований стока с болот получено, что в среднем модуль стока с верхового болота в бассейне р. Ключ составил 1,81 л/с км². Коэффициент фильтрации в торфяной залежи высокого рьяма составил 0,0044 см/с, низкого рьяма – 0,0089 см/с, осоково-сфагнутой топь- 0,0183 см/с (СибНИИСХиТ).

Анализ многолетней динамики показал, что в маловодные года отмечается снижение стока с болот до 0,70 л/с км². В многоводные годы величина стока с болота составляет 2,91 л/с км². В суммарном стоке р. Ключ доля стока с болот составляет до 69 %. По результатам оценки по средним рекам бассейна р. Чая доля стока с болот в суммарном речном стоке изменяется от 4 до 20 %. В годовой динамике отмечается весенний максимум, при котором, как правило, наблюдается наибольший сток за год, и летне-осенняя межень с незначительной величиной стока, которая в среднем составляет 0,33 л/с км². В отдельные годы в этот период наблюдается увеличение стока при поступлении атмосферных осадков в отличие от зимней межени, в период которой зачастую наблюдается частичное или полное прекращение стока либо его величины ничтожно малы. Величина стока с болот в весенний период определяется условиями поступления влаги, характером распределения снежного покрова и промерзания торфяной залежи.

Проведен анализ данных по изменению климатических и гидрологических характеристик Западной Сибири и бассейна реки Обь во второй половине XX века на основе данных реанализов NCEP/NCAR и ERA40 для периода 1958 – 2001 гг. Установлены корреляции между гидрологическими характеристиками и климатическими особенностями атмосферных процессов. Проведены численные расчеты по моделированию стока реки Обь за указанный период (ИВМиМГ).

Проведена адаптация линейной резервуарной модели климатического речного стока к бассейну р. Обь. Сток разделяется на три составляющих: поверхностный сток, речной сток, грунтовый сток. Рассчитаны коэффициенты корреляции между годовым влагонаполнением бассейна реки Обь по данным реанализов и рассчитанными годовыми стоками для периода 1958-2001 гг. Коэффициенты корреляции для реанализа NCEP/NCAR составляет 0,81 и для реанализа ERA40 – 0,98.

Сравнение с гидрологическими данными на створе Обь-Салехард для годового среднеклиматического стока дает отличие в амплитуде для данных реанализа NCEP/NCAR – 15%, а для ERA40 – 1%. Данные среднеклиматического годового гидрографа NCEP/NCAR и ERA40 по фазе наступления весеннего паводка совпадает с данными среднеклиматического годового гидрографа на створе Обь-Салехард и дают отличие в амплитуде наступления весеннего паводка: для NCEP/NCAR – 5%, а для ERA40 – 12%. Коэффициенты корреляции годовых гидрографов с данными наблюдений для реанализа NCEP/NCAR составляет 0,91, а для реанализа ERA40 – 0,9.

Блок 3. Исследование региональных особенностей экосистемных изменений на территории болот Западной Сибири (ответственный исполнитель: д.г.н. Дюкарев А.Г. (ИМКЭС), д.б.н. Ефремов С. П. (ИЛ))

Выявлено, что на всех этапах голоценовой эволюции специфика начальных стадий заболачивания связана с формой и размерами первичных понижений и условиями увлажнения. В ложбинах древнего стока заболачивание начинается с отложения осоково-шейхцериево-пушицевого торфа. На карбонатных глинах и суглинках придонные слои образует соответственно осоково-хвощевый и осоковый виды торфа. Переход на олиготрофную стадию развития идет во всех рямах через сосново-пушцево-сфагновые фитоценозы. Завершается начальный этап формированием сфагновых верховых торфов под рослорямовыми сообществами (ИМКЭС).

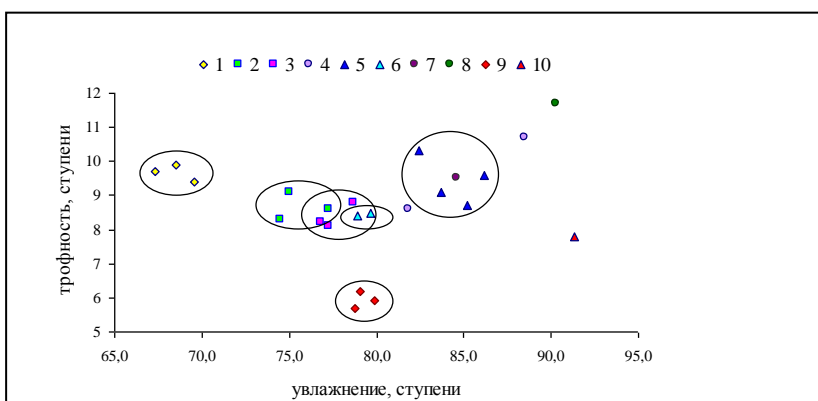


Рисунок 3 - Ординация растительных сообществ в западинах начальных стадий заболачивания по шкалам Л.Г. Раменского. Автоморфные местообитания: 1 – березовые и осиново-березовые разнотравные и папоротниково-разнотравные леса. Полугидроморфные: 2 – черемуховые заросли; 3 – черемуховые заросли крупнопоротниковые; 4 – березняки и ивняки болотноравные; 5 – березняки и ивняки злаково-осоковые; 6 – березняки хвощевые. Гидроморфные: 7 – заболоченные ивняки сабельниковые; 8 – частухово-ежеголовниковые; 9 – пожарные варианты западинных рямов; 10 – березовые кочкарноосоково-сабельниковые низинные болота.

Плоско-западинный тип рельефа Западно-Сибирской равнины обуславливает слабую дренированность и повышенную заболоченность территории. Современный этап заболачивания первичных понижений рассмотрен на примере замкнутых бессточных западин. В качестве первичного фактора разных стадий заболачивания использован гидрологический ре-

жим депрессий, определяющийся особенностями сформированных в них фитоценозов. Прослежен сукцессионный ряд растительных сообществ по градиенту увлажнения от автоморфных лесов до рослых рямов (рис. 3).

Особенности формирования растительных сообществ на начальных этапах заболачивания западин связаны с переменным режимом увлажнения в этих местобитаниях. Это приводит к формированию фитоценозов с переменным флористическим составом, почти полным отсутствием мхов и преобладанием корневищных трав в напочвенном покрове. В условиях резко переменного режима развиваются черемуховые заросли мертвопокровные и крупнопоротниковые. Болотно-травные березняки и ивняки формируются в условиях слабо переменного режима увлажнения, что обуславливает, как и в закустаренных сообществах, разреженность травяно-мохового покрова. К участкам западин с проточным режимом увлажнения приурочены частично мертвопокровные осинники, березняки и ивняки злаково-осоковые. Формируются глееватые почвы без накопления органогенного горизонта. Более стабильное высокое обводнение центральной выположенной части западин приводит к возникновению гидроморфных сообществ – сабельниковых ивняков и частухово-ежеголовниковых фитоценозов. На поверхности глеевых почв накапливаются перегнойные горизонты небольшой мощности. После завершения стадии минеральной гидроморфной трансформации формируются или низинные болота с березово-кочкарно-осоково-сабельниковым покровом, или рослорямовые верховые болота с мощностью торфа от 70 до 120 см.

На примере 32 ключевых участков междуречья Оби и Томи получено развернутое представление о закономерностях лесовозобновительного процесса, динамики состава и возрастной структуры древостоев в болотных березняках евтрофного и мезотрофного типов водно-минерального питания. Установлено, что по критериям количественной и качественной оценки возобновления «материнской» породы болотные березняки находятся в неудовлетворительном состоянии и по этому показателю нуждаются в содействии сукцессиям молодых поколений леса (ИЛ).

Экспериментальными пробными площадями охвачена базовая система топоэкологических профилей, отражающих естественные градиентные условия фитоценотического разнообразия и продуктивности болотных березняков междуречья, сформировавшихся на глубоководных переувлажненных массивах с различными сезонными режимами гидрологической загрузки и разгрузки. В таксономическом отношении евтрофный ряд водно-минерального питания характеризуют 18 типов дендроценозов, выделенных и описанных в объеме групп лесных ассоциаций. Ме-

зотрофный ряд водно-минерального питания включает 7 типов березовых дендроценозов. Видовая принадлежность, количество и жизненное состояние возобновления анализированы сплошными перечетами на узких, последовательно чередующихся лентах по возрастным градациям.

Установлено, что древостой коренных болотных березняков относятся к категориям разновозрастных и условно-разновозрастных, предполагающих применение не только выборочных методов ведения лесозаготовительных работ, но и активное содействие естественному возобновлению «материнской» породы. По последнему показателю высокопродуктивные березняки даже в лучших условиях водно-минерального питания на климаксовой стадии своего развития в подавляющем большинстве не обладают достаточно надежными в количественном и качественном отношении возрастными рядами сукцессий молодых поколений леса. Экспериментально доказано, что такая ситуация отражает напряженный характер лесобразовательного процесса в формации болотных березняков и является следствием совмещенного влияния целой группы факторов: нерегулярности семеношения «материнской» породы и низкой грунтовой всхожести семян, высокой мозаичности условий их прорастания ввиду разной «возобновительной спелости» поверхности торфяных почв, конкуренции плотных напочвенных ярусов аборигенной растительности за пищевые ресурсы, дефицит освещенности, сезоннозависимая вероятность вымочки либо иссушения корнеобитаемого слоя и т.п., блокирующих массовое прорастание семян, сохранность и последующее развитие всходов. Из сотен тысяч всходов на 1 га в высокоурожайные семенные годы к 30-летнему возрасту в подросте остаются не более 350-400 экземпляров, а в норме и того меньше. При этом перспектива выживания многих из них зависит от эпизодов выпадения перестойных и фаутных деревьев, а также сухостоя, что в полной мере соответствует биологической природе разновозрастного болотного леса.

Установлено, что запасы химических элементов в живом растительном веществе грядово-мочажинного комплекса определяются концентрацией и величиной фитомассы, и снижаются в ряду: гряды → мочажины. В двух рассматриваемых экосистемах на территории средней тайги Западной Сибири концентрации N, K, Ca нарастают в ряду: олиготрофные мочажины → гряды (ИПА).

В подзоне средней тайги для исследования выбраны два болота, располагающиеся на расстоянии 60 км друг от друга и находящиеся на территории водораздела рек Оби и Иртыша, в 100 км к востоку от города Ханты-Мансийска.

В грядово-мочажинном комплексе для формирования 1860 г/м² живой фито-

массы на грядках достаточно 905 г/м^2 углерода, который в основном запасается в корнях и ветках кустарничков, на мхи приходится до 20% С. В зеленых листьях запасается всего 5% углерода. Наибольшее значение для формирования растительного вещества в экосистеме имеет азот, фосфор, калий и другие элементы. Всего для функционирования запасов живой фитомассы в экосистеме гряды необходимо около 0,75% азота, 0,06% фосфора, 0,46% калия, 0,33% кальция, 0,16 % магния. При переходе во фракцию ветоши и мортмассу, происходит отток этих элементов, и концентрация их уменьшается в несколько раз: азота в 2 раза, калия в 3 раза, магния в 2,5 раза, кальций и фосфор изменяются незначительно.

В мочажинах растительное вещество создается осоками, пушицами. При формировании 1608 г/м^2 вещества живой фитомассы необходимо 790 гС/м^2 , что составляет 49 %. Гораздо меньшее количество элементов, по сравнению с грядой, необходимо для функционирования экосистемы олиготрофной мочажины, так азота около 0,44%, фосфора - 0,04%, калия - 0,36%, кальция - 0,25%, магния - 0,12%.

Анализ временного хода температур торфяной и минеральной почв на разных глубинах показал, что торфяная почва имеет сглаженную динамику температуры, по сравнению с минеральной. В теплое время года торфяная почва холоднее минеральной на $5 - 7 \text{ }^\circ\text{C}$, а в холодное время – почва на болоте теплее на $0.3 - 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (ИМКЭС).

Исследование температурного режима торфяных почв проводилось на олиготрофном сосново-кустарничково-сфагновом болоте (ряме), на территории стационара «Васюганье» (ИМКЭС СО РАН). Для выявления особенностей температурного режима торфяной почвы был проведен сравнительный анализ данных, полученных нами для торфяной почвы, и данных наблюдений метеостанции Бакчар для минеральной почвы. В целом, торфяная почва имеет сглаженную динамику температуры, по сравнению с минеральной. Годовая амплитуда температуры почвы на болоте, рассчитанная по среднемесячным значениям, меньше на $6 - 8 \text{ }^\circ\text{C}$, чем на суходольном участке.

Тепловой режим торфяных почв существенно отличается от минеральных почв. Рыхлые верхние слои мохового очеса из-за своей высокой теплоизолирующей способности существенно снижают амплитуду колебаний температуры в нижележащих слоях торфяной залежи. Кроме того, на глубине 10-20 см располагаются болотные воды, и температура в нижележащих насыщенных водой слоях меняется медленнее. При проникновении тепловой волны вглубь почвы происходит уменьшение амплитуды и фазовый сдвиг волны годового хода температуры. Повышенная тепловая инерция торфяной залежи препятствует как ее нагреву, так и

охлаждению. Глубина промерзания на болоте почти в три раза меньше, чем на суходоле.

В результате проведенных оценок продукционного и деструкционного процессов на исследуемых болотных фитоценозах олиготрофного и эвтрофного типов получено, что в течение вегетационного периода на рямовых участках олиготрофных болот накапливается в 1,1 – 2 раза больше фитомассы, чем ежегодно отмирает, и в 4-7 раз больше углерода, чем его теряется при разложении растительных остатков, что свидетельствует о постоянном стоке углерода из атмосферы и накоплении его как в виде растительности, так и в виде торфа (ИМКЭС).

Проведено исследование биологической продуктивности (укосным методом) и скорости трансформации растительных остатков растений-торфообразователей (методом закладки растительности в торф) на олиготрофных и эвтрофных болотных фитоценозах. Процессы деструкции органического вещества растений являются неотъемлемой частью биологического круговорота. Накопление торфа происходит за счет более низкой скорости разложения растительных остатков по сравнению с продукцией и отмиранием растений. Сравнение данных по чистой первичной продукции (рис.4А) исследуемых фитоценозов и скорости деструкции показало, что количество запасаемого в процессе фотосинтеза углерода значительно превышает потери углерода при разложении растительных остатков как для отдельных видов растений (в 2-48 раз в зависимости от вида растений), так и для фитоценоза в целом (в 4-7 раз в зависимости от фитоценоза).

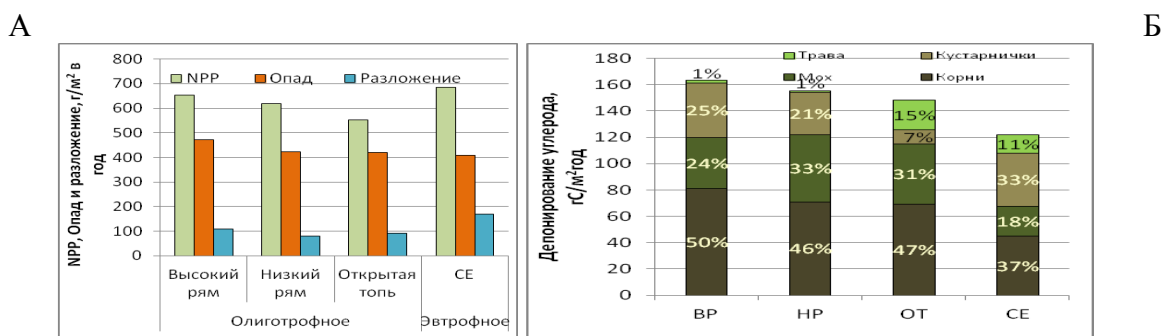


Рисунок 4 – А: Скорость продукции, опада и трансформации растительных остатков в олиготрофных (высокий и низкий рям (ВР и НР) и открытая топь (ОТ)) и эвтрофных болотах (ерниково-осоковый фитоценоз - СЕ). Б: Вклад разных групп растений (трава, кустарнички, мхи и корни) в депонирование углерода.

В депонировании углерода принимают участие все виды болотной растительности (рис.4Б). Максимальный вклад оказывают корневые системы трав и кустарничков за счет медленной скорости деструкции. Доля подземных органов в депонировании углерода составляет в среднем 46 %. Также значительную роль в на-

коплении углерода играют сфагновые мхи (на всех исследуемых фитоценозах) и кустарнички на рямовых участках.

Блок 4. Палеоисследования природно-климатических изменений в голоцене по разрезам болотных и озерных отложений на территории Западной Сибири (ответственный исполнитель: к.б.н. Прейс Ю.И. (ИМКЭС), д.х.н. Серебренникова О.В. (ИХН), к.г.-м.н. Дарьин А. В. (ИГМ))

Выполнены предварительные оценки временных интервалов, скорости прироста и аккумуляции болотных и озерных отложений. Проведена реконструкция палеоуровней озера Кирек и установлены резкие климатически обусловленные их повышения около 10600, 8600, 6800, 3700 и понижения около 9300, 6400, 5100, 4500, 3200, 1900 лет назад (ИМКЭС).

Проведены полевые работы на олиготрофном участке южнотаежного болота Темное и на евтрофном сплавинном участке болота, окружающем озеро Кирек. Проведены аналитические исследования ботанического состава, степени разложения, зольности, влажности, плотности 270 проб, а также содержания Са в ранее изученных разрезах озера Кирек. Выполнено радиоуглеродное датирование 11 проб.

Общая закономерность изменения показателей свойств торфов по глубине залежи (рис. 5), обусловленная эндогенной динамикой этого болотного участка, хорошо выражена лишь для зольности (А) и рН, а для степени разложения (R) и плотности (P) - значительно нарушена, что связано с неоднократными обсыханиями и подтоплениями поверхности болота в периоды климатически обусловленных регрессий и трансгрессий озера Мурашка.

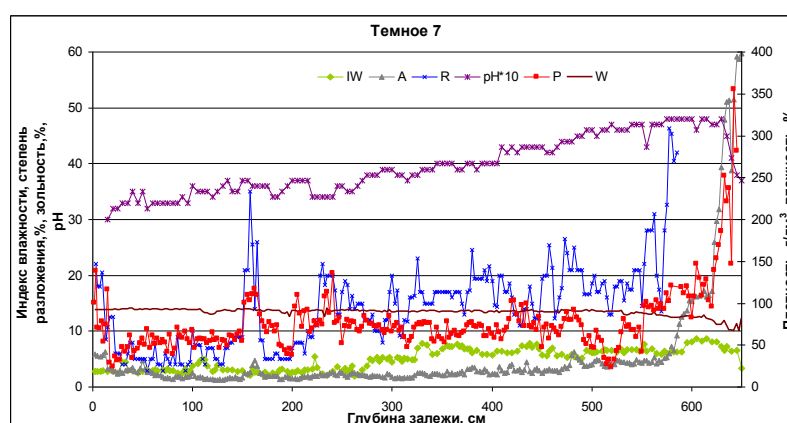


Рисунок 5- Изменения показателей свойств торфов по глубине торфяного разреза 7 болота Темное.

Реконструкция палеоуровней озера (ПУО) Кирек основана на известных закономерностях изменения состояния озер. Установлено, что повышение уровня

озера, вызывавшее увеличение его площади и затопление окружающих суходолов происходило около 10600 лет назад, их подтопление и заболачивание - 8600, 6800 л.н., изменение состава сообществ макрофитов в сторону преобладания более глубоководных видов, возобновление накопления сапропелей - 3700 л.н. О понижении ПУО около 9300, 5100 л.н. свидетельствует появление прибрежноводных растений, уменьшение зольности сапропелей и прекращение накопления сапропелей, около 4500, 1900 л.н. - формирование торфяных сплавин, около 6400 л.н. - доминирование остатков болотных растений, около 3200 л.н. - менее глубоководных видов макрофитов, появление прибрежноводных видов и уменьшение зольности сапропелей.

Исследован состав алканов, токоферолов и пентациклических терпеноидов (производных гопана, фриедоолеан-14-ена и олеан-12-ена). Выявлены механизмы и закономерности трансформации органического вещества в режиме болота (ИХН).

Исследовано 12 образцов верхового торфа разреза 7 южнотаежного болота Темное. Групповой и индивидуальный состав органических соединений торфов определяли методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС). Выявлены основные группы соединений: алканы, токоферолы и пентациклические терпеноиды (производные гопана, фриедоолеан-14-ена и олеан-12-ена). Углеводороды в битумоидах торфов представлены преимущественно высокомолекулярными алканами нормального строения C_{19} - C_{26} . Для выявления биомаркеров климатических изменений для всех торфов были рассчитаны следующие коэффициенты: коэффициент нечетности (CPI), средняя длина углеродной цепи (ACL), индекс сухости ($K_{\text{сух}}$) и индекс влажности ($K_{\text{вл}}$).

Самыми высокими концентрациями алканов, гопанов и пентациклических терпеноидов характеризуется торф, отобранный на глубине 30 и 120 см. Как известно, углеводороды ряда гопана являются пентациклическими углеводородами, которые несут обширную информацию о степени созревания органической массы. Сохраняя основные черты строения исходных биоорганических молекул, они меняют свою пространственную структуру, что можно использовать для познания пути их генезиса. Углеводороды ряда гопана являются биомаркерами бактерий. Их источником является пентациклический четырехатомный спирт бактериотетрол (C_{35}), входящий в состав липидов клеточных мембран бактерий. Высокая концентрация гопанов в торфе, отобранном на глубине 120 см свидетельствует о значительной бактериальной переработке органического вещества. Это не соответствует показателям степени разложения и требует в дальнейшем выявления причин несоответствия.

Анализ кернов донных осадков оз.Кирек позволил построить временные ряды литолого-геохимических индикаторов с шагом ~ 1,5 года. Получены предварительные оценки рубежей и временных интервалов изменения системы седиментации оз.Кирек за последние 1400 лет и показана возможная связь с глобальными климатическими изменениями (ИГМ).

Проведен сканирующий микроанализ образцов донных отложений кернов длиной 1076 мм и 2030 мм с использованием аппаратуры Сибирского центра синхротронного излучения (ИЯФ, Новосибирск). Полученные аналитические данные, лежащие на миллиметровой шкале, были преобразованы во временной ряд, исходя из оценок скорости современного осадконакопления. Скорость современного осадконакопления по данным о распределении активности изотопов ^{137}Cs и ^{210}Pb составляет от 0,67 до 0,95 мм/год. Для расчета временного ряда была использована средняя скорость 0,8 мм/год и эта величина интерполирована на всю глубину исследованного керна. Полученный временной ряд перекрыл временной интервал 628 – 1975 гг.н.э.

Была предпринята попытка визуального сравнения с климатическими параметрами Северного полушария за последние столетия. Распределения содержания стронция и кальция по глубине керна показали хорошее совпадение с ходом температурных изменения Северного полушария за последние 1300 лет (рис.6).

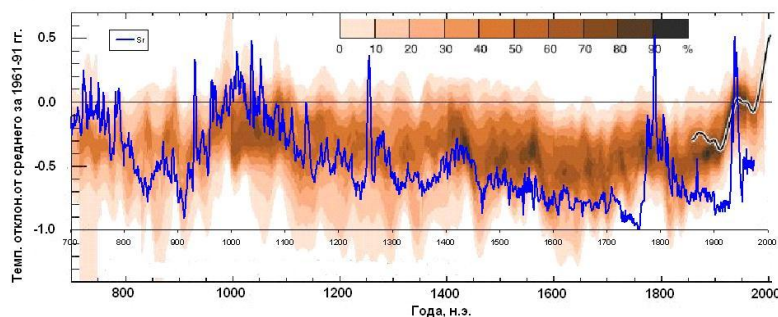


Рисунок 6 - График распределения стронция (относительные единицы) вдоль профиля сканирования керна Кирек-2012_1, построенный на временной шкале при средней скорости осадконакопления 0,8 мм/год, наложенный на температурные реконструкции для Северного полушария за 1300 лет (отклонения от среднего 1961-1991 гг.) [IPCC2007, Climate Change 2007. Cambridge Univ.Press, 2007. 996 p.]

До получения надежных данных по ^{14}C для исследуемого керна, для построения более точной и надежной временной модели, обнаруженное эмпирическое наблюдение может служить гипотезой для построения модели осадкообразования и установления зависимости состава осадка с климатическими изменениями.

Проект № 70. «Анализ и прогноз проявлений вынуждающего воздействия в ритмике метеорологических полей Северного полушария Земли».

Основной объем научно-исследовательских работ в рамках проекта в 2012 году выполнялся для достижения следующих целей: подготовка геоинформационного обеспечения проекта в среде ArcGIS; разработка аналитических методов оценки уровня согласованности проявлений вынуждающего воздействия и их программирование; анализ доступности и информационного содержания данных по физико-географическим и антропогенным факторам, по пространственно-временным характеристикам полей параметров атмосферы Северного полушария Земли; продолжение самолетного и стационарного мониторинга состава воздуха и характеристик атмосферы в различных физико-географических условиях; разработка обобщенной структуры информационно-вычислительной системы для интеграции информации о параметрах климатических процессов, источниках вынуждающего воздействия, математических моделях климатических процессов и данных натурных измерений.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗА 2012 ГОД.

1. Проанализированы возможные источники метеорологической информации, доступность и информационное содержание данных по физико-географическим и антропогенным факторам исследуемой территории анализа (ИМКЭС СО РАН, ИВЭП СО РАН, отв. исполнители: Крутиков В.А., Тартаковский В.А., Кирста Ю.Б., Кусков А.И.)

Для разработки и верификации методики по анализу вынуждающих мультирезонансных природно-антропогенных воздействий в ритмике метеорологических полей использовать информационную базу FAOCLIM-2 [FAOCLIM: Agroclimatic...]. В базе представлена информация до 1999 года по 28106 станциям всего мира, из них имеют код WMO – 6107, что позволит, при необходимости, продлить временные ряды метеорологических наблюдений по данным других источников.

Проведен сбор и обработка натуральных температурных рядов с 249 метеостанций, находящихся на территории России и сопредельных государств, включая Норвегию, Швецию, Финляндию, Северную Германию, Польшу и республики бывшего СССР. Итоговый файл с данными температур для европейской зоны имеет порядка 40 тысяч записей. Проведена верификация и форматирование рядов данных. Приняты следующие требования по выбору метеостанций для включения в базу данных: данные метеорологических наблюдений являются первичными (не интерполированными), длина ряда не менее 33 лет [Кирста Ю.Б., Кирста Б.Ю.,

2009], отвечающих природно-антропогенному циклу климатических изменений, отсутствие пропусков отдельных лет в используемых рядах данных.

Эффективным инструментом исследования пространственно-временных характеристик метеорологических полей является картографический метод, основанный на современных геоинформационных технологиях (ГИС). Здесь требуется создание комплекса аналитических геоинформационно-картографических моделей. Такие модели могут обеспечить успешный системный анализ регионального мультirezонансного воздействия растительности и человеческой деятельности на климат.

Создаются три вида карт. Аналитические карты визуализируют входную информацию для моделей: температурный режим, осадки, физико-географическую и ландшафтную структуру территории, расположение региональных систем единой человеческой деятельности (крупных государств и объединяющих государства религиозных систем со своими режимами воздействия на окружающую среду). Получаемые оценочные карты будут содержать расчетные интегральные показатели мультirezонансного поведения климатической динамики. И, наконец, результирующая карта будет отображать декомпозицию климатического поля всей исследуемой территории.

Для характеристики физико-географических и антропогенных факторов исследуемой территории целесообразно использовать базу данных «Environmental Systems Research Institute» (ESRI) – «Института исследования систем окружающей среды». Эти данные представлены в виде соответствующих электронных карт (слоев ГИС) и могут использоваться участвующими в интеграционном проекте академическими организациями для внутренних нужд, а также публиковаться в твердых копиях с соответствующими ссылками на разработчика. Указанная база достаточно обширна и включает потенциально нужные для расчетов слои пространственного распределения природно-антропогенных факторов.

2. На основе анализа доступности данных из некоммерческих открытых источников разработана концепция интеграции разнородных данных в информационную систему для последующего выявления временно-пространственных однородных климатических образований (кластеров) и закономерностей их возникновения. Предложены методика и алгоритм определения однородных территориальных зон по набору разнородных показателей, реализованный в виде программного комплекса в среде ГИС (ИХН СО РАН, отв. исполнитель Полищук Ю.М.)

Концептуальная модель анализа данных представлена на рисунке 1. В системе должны использоваться данные из многих источников (цифровые карты гео-

графических условий, временные ряды климатических данных, данные об антропогенных воздействиях и др.), которые имеют собственные форматы представления. В системе предусматривается конвертирование исходных данных в форматы, позволяющие их использовать в многомерном геостатистическом анализе: пространственно привязанные данные конвертируются в файлы ГИС формата Shape [<http://ru.wikipedia.org/wiki/Shapefile>], а пространственно-временные данные - в файлы формата NetCDF [<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf>]. Файлы форматов Shape и NetCDF соответственно могут быть представлены в ГИС в виде полей или многомерных наборов данных [<http://www.arcgis.com/about/trial.html>].

Данные, представленные в виде геофизических полей (shape-формат) и многомерных наборов данных (NetCDF-формат), совместно обрабатываются средствами многомерного геостатистического анализа для выявления пространственных кластеров – устойчивых в течение некоторого интервала времени областей географического пространства с однородными геофизическими и другими параметрами. Пространственные кластеры будут использоваться в качестве исходных данных для построения локальных климатических моделей, привязанных к определенному географическому положению.



Рис. 1. Схема пространственно-временного анализа многомерных данных

В настоящее время в мировой литературе и на разных сайтах имеются следующие данные, которые могут быть использованы в проекте:

– цифровая модель рельефа GTOPO30 – цифровой растр, разрешение на местности 30`(~1000m) [<http://eros.usgs.gov>];

– гидрографическая сеть HYDRO1K30 – цифровой растр, разрешение на местности 30`(~1000m) [<http://eros.usgs.gov>];

– карта растительного покрова суши MODIS-IGBP Land Cover – цифровой растр, разрешение на местности 30`(~1000m) [<http://geoserver.isciences.com:8080>];

– почвенная карта FAO SOIL (Food and Agriculture Organization) – векторный слой цифровой карты M1:10000000, ~10000 классов почв и грунта [<http://www.fao.org>];

– карто-схема зонирования территории многолетней мерзлоты России – векторный слой цифровой карты M1:10000000, 3 типа зон распространения мерзлоты (островная, прерывистая и сплошная) [Атлас СССР];

– координаты метеостанций – векторный слой цифровой карты, разрешение на местности 0.01degree (~1000m) создан на основе данных Росгидромета [<http://www.meteo.ru>];

– временные ряды климатических показателей (осадки за месяц, среднее за месяц атмосферное давление, средняя за месяц температура воздуха, средняя за сутки температура, осадки за сутки) на метеостанциях России на период времени 1900-2011гг [<http://www.meteo.ru>];

– ретроспективные данные с метеорологических спутников (Meteosat [<http://www.eumetsat.int/Home/index.htm>], NOAA [<http://www.oso.noaa.gov/poesstatus/>]) и сенсоров дистанционного зондирования (MODIS) [<http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/index.php>];

– плотность автомобильных дорог в качестве показателя антропогенного воздействия в виде растрового слоя, полученного на основе данных некоммерческого картографического проекта OpenStreetMap [<http://www.openstreetmap.org/>].

Для выявления однородных территориальных зон по комплексу разнородных показателей предложены новая методика и алгоритм построения модели совокупности однородных территориальных зон (пространственных кластеров) по экспериментальным данным, основанный на использовании метода многомерной кластеризации в сочетании с пространственным анализом данных (ГИС-анализом). Указанный алгоритм реализован в виде программного комплекса имитационного моделирования совокупности однородных территориальных зон, включающий модуль многомерной автоматической кластеризации и подсистему пространственного анализа, в качестве которой используется стандартная геоинформационная система ArcGIS 9.3. Разработанный программный комплекс имитационного моделирования совокупности однородных территориальных зон позволяет формировать на цифровых картах однородные зоны в условиях произвольного набора разнородных показателей состояния территории по результатам междисциплинарных исследований.

3. Выполнены крупномасштабные исследования метеорологический полей и состава воздуха с помощью самолета-лаборатории Ту-134 «Оптик» по маршруту Новосибирск-Томск-Мирный-Якутск-Братск-Абакан-Новосибирск. Выполнено 2 полета над югом Западной Сибири для продолжения многолет-

них рядов наблюдений за составом воздуха и оптическими характеристиками атмосферы. Выявлено, что тренд концентрации углекислого газа в приземном слое воздуха от 1.51 до 1.83 млн⁻¹/год и изменяется по регионам. Для метана тренд концентрации в приземном слое значительно меньше, чем глобальный и изменяется от -2.63 до 4.61 млрд⁻¹/год (ИОА СО РАН, отв. исполнитель Белан Б.Д.)

Продолжен мониторинг парниковых и окисляющих атмосферу газов над югом Западной Сибири. Полёты СМЛ Ту-134 «Оптик» проводились по следующему графику. Ежемесячно вылет планируется на третью декаду каждого месяца на 13.00 местного времени из г. Новосибирск. Однако по причине плохой погоды (слабой видимости, сильной облачности, осадков и т.д.) или технической невозможности организовать полёт, он может быть перенесён на ближайшие дни с хорошей погоды. Поэтому часть вылетов производится в первую декаду следующего месяца или даже во вторую. Схема полета представлена на рисунках 2-3.

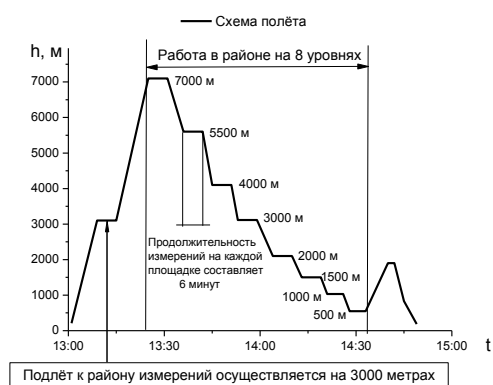


Рис. 2 – Стандартная схема полёта самолёта лаборатории в районе зондирования.

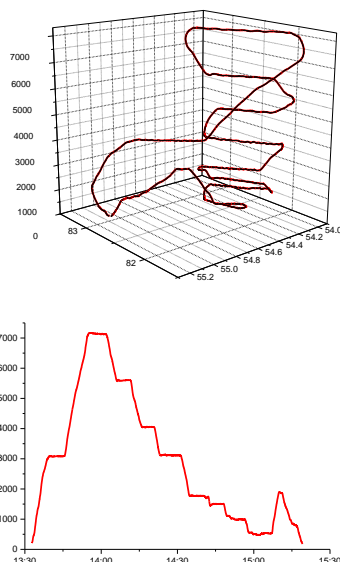


Рис. 3 – Вертикальный профиль полёта.

На каждой из восьми рабочих уровней за 6 минут полёта помимо непрерывной работы всего измерительного комплекса производится отбор заборного воздуха в резервуары для последующего анализа и аспирация взвешенных частиц на фильтры (рис. 3).

В свободной атмосфере над Западной Сибирью наблюдается положительный тренд концентрации CO₂ и N₂O, который составляет 1,8 млн⁻¹/год и 0,7 млрд⁻¹/год, соответственно. Особого внимания заслуживает тот факт, что с 1997 по 2004 г.г. летние значения концентрации CO₂ в нижней тропосфере находились примерно на одном и том же уровне, а, начиная с 2005 года, они быстро растут с темпом ≈4 млн⁻¹/год. Многолетние измерения содержания CH₄ выявили наличие незначительного

положительного тренда его концентрации в свободной атмосфере, отражая повышение его уровня в глобальном масштабе. В нижних же слоях тропосферы какого-либо значимого тренда не выявлено, а наблюдаются лишь короткопериодные вариации концентрации CH_4 . В многолетнем ходе концентрации CO можно выделить ежегодный максимум, наблюдаемый в холодный период года практически по всей толще тропосферы, связанный с увеличением антропогенных выбросов CO . При этом в отличие от CO_2 , многолетний ряд наблюдений показывает тенденцию к снижению уровня CO .

Проведена летняя кампания по маршруту Новосибирск-Мирный-Якутск-Абакан-Новосибирск. Полет выполнялся на самолете-лаборатории Ту-134 «Оптик» 31 июля 01 августа 2012 года. Обобщенный профиль и маршрут полета приведен на рисунке 4.

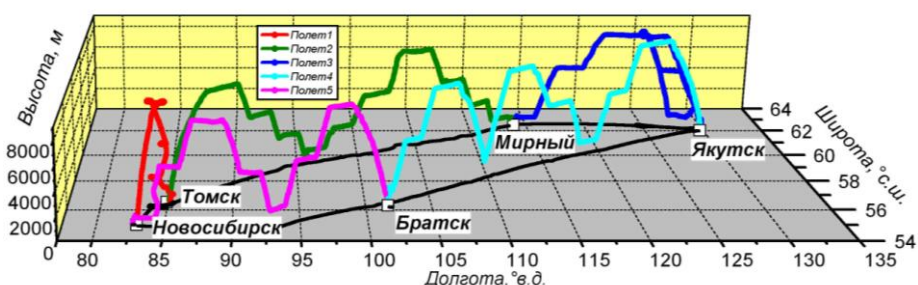
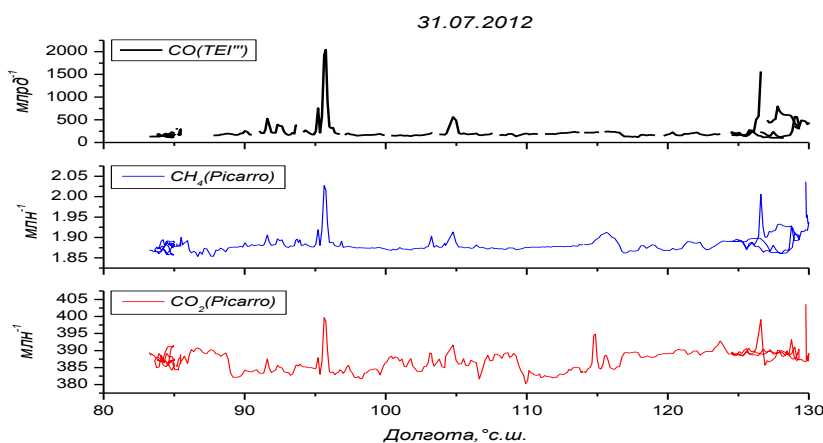
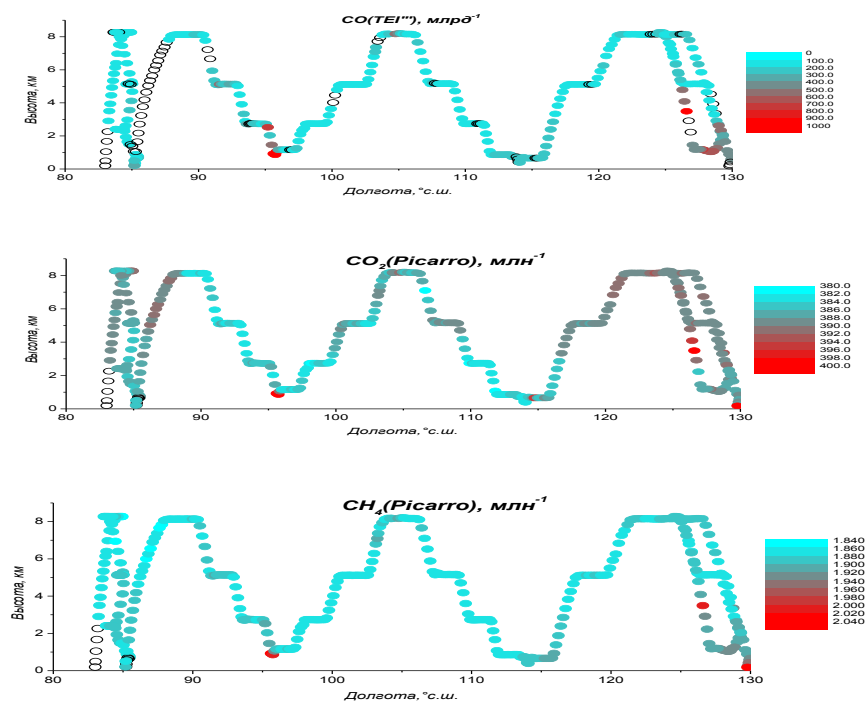


Рис. 4 – Схема полетов СМЛ Ту-134 «Оптик» в ходе измерительной компании.

Как видно из этого рисунка, эксперимент был выполнен путем реализации 5 полетов, имеющих различную протяженность. В этот период на значительной части территории Сибирского региона наблюдалось большое количество лесных пожаров, что обусловило значительное загрязнение атмосферы продуктами горения лесов. На рисунке 5 представлены в качестве иллюстрации распределение вдоль маршрута полета концентрации некоторых газовых компонент – продуктов горения лесных массивов.



а)



б)

Рис. 5 - Пространственное распределение газов CO, CH₄, CO₂ на маршруте 31.07.2012.

Максимальные концентрации газов проходятся на район Красноярского края и район г. Якутска (рисунок 5), наиболее насыщенных очагами пожаров. Максимальные концентрации отмечались, когда самолёт лаборатория снижался до минимально допустимой высоты, на которой возможно было осуществлять полёты. В целом же из-за того, что полёт проходил в этот день южнее основных очагов пожаров для всех газов отмечались пониженные концентрации по сравнению с предыдущим днём и значительное уменьшение за сутки очагов пожаров в Красноярском крае.

Синоптический анализ показал, что эксперимент проводился в основном в малоградиентном поле. На отдельных участках выше 5 км самолет-лаборатория пересекал гребни антициклона. Это указывает на то, что измеренный состав воздуха на значительной части маршрута будет иметь местное происхождение и лишь на отдельных частях должно наблюдаться его изменение за счет дальнего переноса.

Продолжен мониторинг парниковых газов на приземных постах расположенных на территории Западной Сибири (таблица 1). На территории Западной Сибири также, как и в других регионах земного шара, происходит в последние годы рост концентрации углекислого газа. При этом видно (таблица 1), что этот рост неоднозначен в разных частях региона. Имеются районы, в которых он выше, чем глобальный тренд. Только в трех районах он соизмерим или меньше глобального.

Таблица 1 – Среднегодовые концентрации углекислого газа в пунктах сети мониторинга на территории Западной Сибири и обсерватории ESRL NOAA Мауна Лоа (в млн⁻¹)

Пункт \ Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Тренд
Мауна Лоа	377.5	379.8	381.9	383.8	385.6	387.4	389.8	391.6	1.65
Берёзоречка	384.6	386.0	387.1	388.2	390.7	392.1	394.2	396.3	1.51
Карасевое		385.9	386.9	388.4	390.6	391.9	394.3	396.9	1.66
Игрим		387.0	388.9	389.9	391.9	394.3	396.8	398.5	1.83
Ноябрьск			387.6	388.5	390.2	392.0	394.4	396.9	1.71
Демьянское			387.1	389.1	390.8	391.4	394.8	397.3	1.80
Саввушка				387.2	388.9	391.0	393.6	394.9	1.73
Азово					390.1	392.1	395.1	397.2	1.83
Ваганово						390.8	393.9	396.1	1.61

Анализ данных многолетних наблюдений свидетельствует о наличие глобального роста концентрации метана порядка 3-5 млрд⁻¹ в год (таблица 2).

При этом, как это не парадоксально, на территории Западной Сибири с ее огромными площадями болот, тренд концентрации метана меньше, чем на глобальном уровне (таблица 2).

Таблица 2 – Среднегодовые концентрации метана в пунктах сети мониторинга на территории Западной Сибири и обсерватории ESRL NOAA Мауна Лоа (в млрд⁻¹)

Пункт \ Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Тренд
Мауна Лоа	1790	1789	1788	1796	1800	1811	1816		4.75
Берёзоречка		1957	1935	1959	1962	1963	1977	1977	4.61
Карасевое		1970	1964	1984	1978	1996	1981	1996	3.36
Игрим			2039	2033	2026	2048	2039	2019	-2.63
Ноябрьск			2031	2058			2035	2019	-2.00
Демьянское			1976	1986	1984	1997	1982	1987	1.60
Саввушка				1957	1951	1961	1970	1967	2.00
Азово					1962	1982	1979	1973	-0.24
Ваганово						1946	1941	1960	1.67

Пока трудно объяснить такие изменения концентрации CO₂ и CH₄ на территории Западной Сибири. Идет процесс накопления данных и знаний. В процессе продолжающегося мониторинга мы постараемся ответить на эти вопросы.

4. Получены общие характеристики температурного поля в приземном слое атмосферы над территориями России и сопредельных государств, что раскрывает основные закономерности распределения температуры в пространстве и во времени. Отрабатывается методика оценки связности региональных и глобальных температурных полей, разрабатывается алгоритм расчета на основе методов компонентного и кластерного анализа (ИМКЭС СО

РАН, ИВЭП СО РАН, отв. исполнители: Крутиков В.А., Тартаковский В.А., Кирста Ю.Б., Кусков А.И.)

Проанализированы методы разделения температурных полей на составляющие, инициируемые прямым и косвенным воздействием внешних источников и имеющих различные пространственные масштабы. Проведено исследование модификации методов совместной фильтрации, главных компонент и классификации пространственно-временных температурных полей. Кроме того, для математической обработки в ходе анализа вынуждающих природно-антропогенных воздействий приобретены необходимые лицензии на программный пакет MATLAB 2012a (MATLAB Academic new Product, Optimization Toolbox Academic new Product, Global Optimization Toolbox Academic new Product).

Проведена пространственная классификация температурных полей на территории России и сопредельных государств, включая Норвегию, Швецию, Финляндию, Северную Германию, Польшу и республики бывшего СССР за период с 1955 по 2010 годы. Выявлены районы с однородной структурой температурных полей, характер классов, нерепрезентативные станции. Характер классов дает возможность оценить степень качества прогнозов средней месячной температуры, а выявленные нерепрезентативные станции можно не учитывать при составлении прогноза и при интрополяции данных.

Список использованных источников

Атлас СССР / Отв. техн. редактор Т.П. Сидоренкова. - М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1984. - 260 с.

FAOCLIM: Agroclimatic database and software –Rome, Italy: FAO, 2002 (электронный ресурс).

Кирста Ю.Б., Кирста Б.Ю. Информационно-физический закон построения эволюционных систем. Системно-аналитическое моделирование экосистем: монография. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 2009. – 270 с.

[Проект № 112. «Развитие методов дифракционной и конформной оптики для контроля и управления параметрами волновых фронтов мощных лазерных систем».](#)

1. Обработка интерферограмм.

Проведена оптимизация расчетных функций и процедур встраиваемого программного модуля, обеспечивающего анализ интерферограмм с выдачей карты волнового фронта и значений основных коэффициентов aberrаций в реальном времени (быстрее 5-10 обновлений/сек). Рабочий интерфейс и результаты тестирования расчетного модуля приведены на рис.1 и таблицах 1, 2. Тесты проведены в

режиме автоматического расчета, параметры расчета установлены для обеспечения максимального быстродействия:

- автоматический расчет спектральной маски;
- отключен фильтр спектральной маски (потеря точности 1% PV, 0.1% RMS, быстродействие расчета фазы увеличено на $\approx 50\%$);
- отключены доп. функции отражения спектра и итерационной фильтрации краевого разрыва (без потери точности быстродействие увеличивается в 5-9 раз)
- расчет произведен для 6-ти (из 48-и возможных) коэффициентов Цернике, отвечающих за aberrации 3-го порядка (Z3 - дефокусировка, Z4 - астигматизм 0° , Z5 - астигматизм 45° , Z6 - кома 0° , Z7 – кома 90° , Z8 – сферическая aberrация.)

Модель интерферограммы с уровнем случайного шума 0.5 по генерируемой поверхности в виде суммы полиномов Цернике с коэффициентами $\pm 0.2\lambda$ и наклоном фронта по осям x, y: $2 \times 19.9\lambda$ и $2 \times 10.7\lambda$ (см .рис. 1).

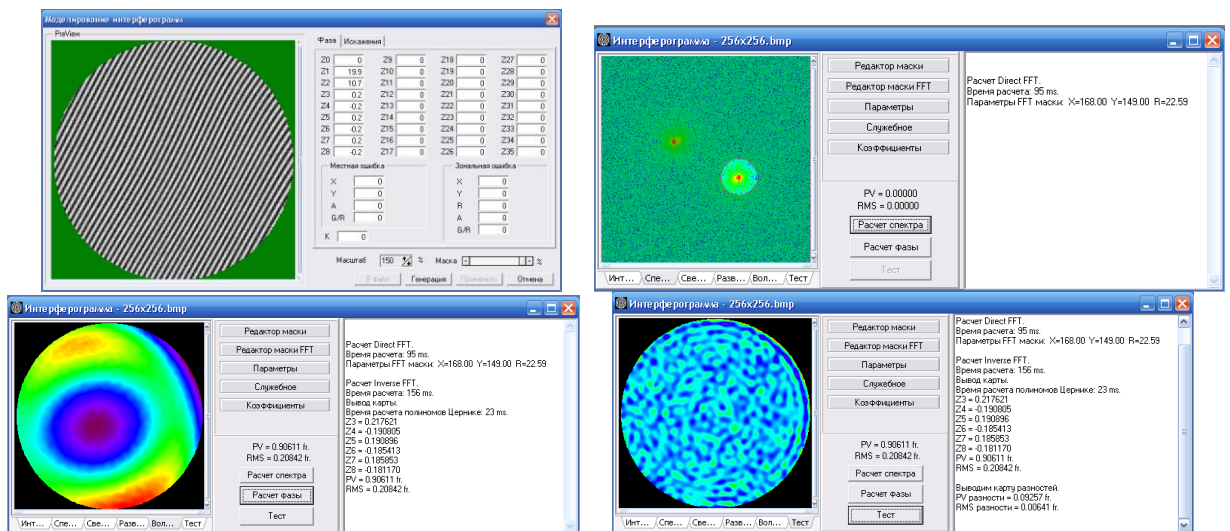


Рис.1. Этапы обработки интерферограммы при помощи расчетного модуля POINT.

Таблица 1
 Результаты тестирования модуля pnt_math.dll на платформе AMD Turion™ 64 X2 Mobile Technology TL-56 1.80 GHz, 2.00 Гб ОЗУ; ОС: Microsoft Windows Vista™ SP 1, 32-bit.

Размер матрицы	Время расчета, ms ± 8-10 ms				Ошибка восстановления фазы*, fr (1 fr=2λ)	
	спектра	фазы	к-тов Цернике	общее	PV	RMS
128×128	39	54	15	108	0.10102	0.01061
256×256	148	195	62	405	0.10214	0.00644
512×512	709	897	265	1871	0.08587	0.00484

Результаты тестирования модуля pnt_math.dll на платформе Intel™ Core™ 2 Duo CPU ES400 1.98 GHz, 2.00 Гб ОЗУ; ОС: Microsoft Windows XP™ SP 3, 32-bit.

Размер матрицы	Время расчета, ms ± 8-12 ms				Ошибка восстановления фазы*, fr (1 fr=2λ)	
	спектра	фазы	к-тов Цернике	общее	PV	RMS
128×128	25	41	9	75	0.11495	0.01073
256×256	92	157	23	272	0.09257	0.00641
512×512	385	524	265	1174	0.08545	0.00476

*-Ошибки приведены для одной и той же фазовой поверхности по одной интерферограмме. В общем случае кроме размера матрицы на погрешность восстановления методом Фурье-анализа влияют: кривизна фазовой поверхности (компактность спектра), кол-во полос интерферограммы (несущая частота), уровень шума, конфигурация спектральной маски и др. Некоторое отличие соответствующих ошибок таблиц 1 и 2 обусловлено случайным характером реализации шума.

Применение в программном модуле встроенных функций потокового SIMD расширения (Streaming SIMD Extension intrinsics) обеспечивает дополнительное увеличение быстродействия расчетов, что позволяет достичь скорости обработки интерферограмм с разрешением 128×128 точек до 8-15 обновлений в секунду.

2. Обработка измерений датчиков типа Шэка-Гартмана.

Создана математическая модель восстановления волнового фронта по измерениям датчика типа Шэка-Гартмана. Для определения центров пятен рассеяния в модели использован метод «центроидов». Для аппроксимации восстановленной поверхности волнового фронта применен метод наименьших квадратов. Реализованный на основе математической модели алгоритм позволяет проводить замкнутый численный эксперимент по генерации и восстановлению формы волнового фронта с целью определения ошибок восстановления и выявлению влияния параметров схемы датчика на ошибки восстановления волнового фронта.

Данный алгоритм включен в состав встраиваемого расчетного модуля в виде отдельного блока для генерации и анализа гартманограмм. Нижний порог чувствительности определения коэффициентов поверхности с 20 % - ой погрешностью менее чем 0.0005 λ.

Проект № 131. «Математическое и геоинформационное моделирование в задачах мониторинга окружающей среды и поддержки принятия решений на основе данных стационарного, мобильного и дистанционного наблюдения».

1. Основные результаты, полученные в ходе выполнения проекта.

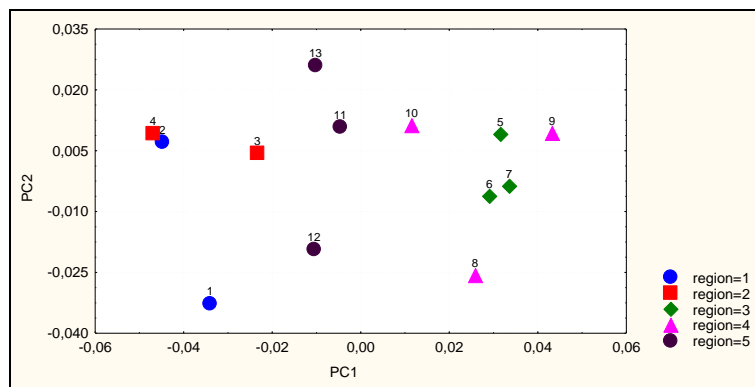
1. Выбор СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS для реализации инструментальных средств распределенной информационно-вычислительной системы
2. Выбор языков (UML — Universal Modeling Language) и (IDL — Interface Description Language) в качестве средств разработки информационных моделей наблюдений за географическими объектами
3. Разработан ряд элементов для последующего использования в сопряженной с ГИС распределенной информационно-вычислительной системы (на базе интегрированного веб-портала)

Проект № 140. «Структура и климатически обусловленная динамика разнообразия 5-хвойных сосен России».

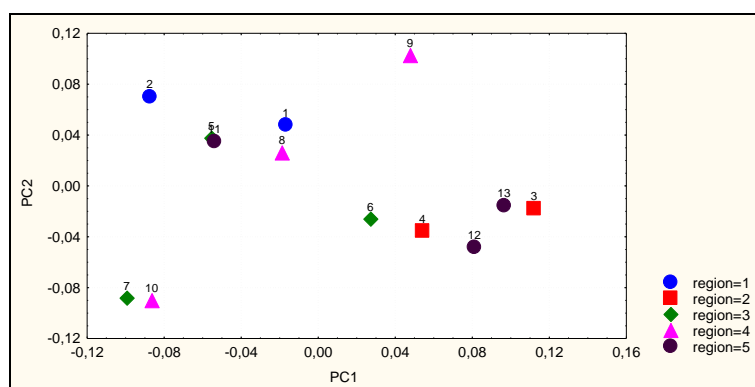
Важнейший результат 2012 г.

Динамика ареала кедра сибирского в голоцене по данным пыльцевого анализа озерно-болотных отложений, анализа изменчивости аллозимных локусов и маркеров хлоропластной ДНК (ИМКЭС СО РАН, ИХБФМ СО РАН, ИОГен РАН)

Проведен анализ изменчивости ядерных генов, кодирующих ферменты (24 локуса), и микросателлитных повторов некодирующей части хлоропластного генома (4 локуса) в 13 популяциях кедра сибирского из различных регионов ареала. По аллозимам четко дифференцированы северо-западные, западно-сибирские и юго-восточные популяции (рис. 1). Это согласуется с наличием в ледниковое время Уральско-Алтае-Саянского и Прибайкальского рефугиумов кедра сибирского, установленных по результатам споро-пыльцевого анализа озерно-болотных отложений. Изменчивость хлоропластных микросателлитов в меньшей степени согласована с географическим происхождением материала. Однако популяции Алтае-Саянской горной страны значительно дифференцированы от популяций Байкальского региона, что позволяет предположить их происхождения из двух разных рефугиумов. Полученные результаты демонстрируют сложность современной структуры генофонда кедра сибирского и необходимость ее дальнейшего исследования.



а)



б)

Рис. 1. Распределение 13 популяций в плоскости главных координат, выявленных по данным об аллозимной изменчивости (а) и изменчивости хлоропластных микросателлитных локусов.

Примечание:

region 1 – Алтай-Саянский регион, region 2 – Байкальский регион, region 3 – Север Западной Сибири, region 4 – Урал и Коми республика, region 5 – Юг Западной Сибири.

Популяции: 1 – Алтай, 2 – Западный Саян, 3-4 – Хамар-Дабан, 5 – Северные Увалы, 6-7 – бассейн р. Пур, 8 – Средний Урал, 9-10 – Республика Коми, 11 – бассейн р. Кеть, 12 – бассейн р. Томь.

Блок 1. Филогенетическая дивергенция, адаптивная конвергенция и интеграционные процессы в группе близкородственных генетически совместимых видов (на примере 5-хвойных сосен Евразии)

1.1. Реконструкция филогенетической дивергенции видов по результатам комплексного анализа признаков и генов. Задание 2012 г. Поиск генетических маркеров для выявления межвидовых и межпопуляционных различий у *P. sibirica* и *P. pumila*. (ИМКБ, ИМКЭС)

Поведен поиск молекулярных маркеров для изучения внутривидового полиморфизма кедра сибирского и кедрового стланика, а также филогенетических взаимоотношений видов и их гибридов. Отобраны 4 маркерных локуса – хлоропластный ген (tRNA-Leu (trnL) и три ядерных: Late Embryogenesis Abundant-like gene (LEA), Arabinogalactan-like protein (AGP6) и 4-coumarate: CoA ligase (4CL). Использовали образцы ДНК растений из наиболее отдаленных популяций с целью установления уровня внутривидовой дивергенции. Нуклеотидные последовательности хлоропластного фрагмента trnL (около 600 п.н.) видов и гибридов не отличались между собой. Следовательно, данный маркер не может быть использован для исследования внутри- и межвидовой изменчивости изучаемых видов кедровых сосен. Для гена CoA ligase (4CL) обнаружено 9 нуклеотидных замен, отличающих изу-

чаемые виды. Установлен полиморфизм в пределах видов. Сравнительный анализ полученных нуклеотидных последовательностей гена *AGP6* выявил четкие различия между видами. Обнаружен также внутривидовой полиморфизм. Анализ нуклеотидной последовательности интрона гена *LEA* (около 300 пн) не выявил полиморфизма у кедрового стланика, в то время как у кедра сибирского присутствует два аллельных варианта этого гена, которые отличаются друг от друга наличием делеции и присутствием единичной нуклеотидной замены $C \rightarrow G$ в позиции 330. Таким образом, все три изученных фрагмента ядерного генома в дальнейшем могут быть использованы для исследования внутривидового генетического разнообразия кедра сибирского и кедрового стланика, а также гибридизации этих видов.

1.2. Межвидовая гибридизация как механизм сетчатой эволюции: опыт реконструкции и анализ современных процессов. Задание 2012 г. Сравнительный анализ половой репродукции кедра сибирского, кедрового стланика и их естественных гибридов (ИМКЭС, ИЛ).

Обобщены многолетние наблюдения за плодоношением кедра сибирского, кедрового стланика и их естественных гибридов в Прибайкалье и Забайкалье (7 поколений шишек в 5 районах Хамар-Дабана, Хентей-Чикойского, Станового и Алданского нагорий). Виды во всех изученных популяциях эффективно воспроизводятся семенным способом и в среднем не различаются по итоговому показателю семенной продуктивности – числу семян в процентах от исходного числа семяпочек. У гибридов лишь начальные этапы развития семяпочек протекают нормально. От периода опыления их абортивность у гибридов резко возрастает по сравнению с видами и остается существенно повышенной вплоть до периода оплодотворения. Развитие эндосперма и зародыша у гибридов также протекает с многочисленными нарушениями. В благоприятных для плодоношения условиях число полноценных семян у видов составляет $2/3$, а у гибридов лишь $1/4$ от исходного числа семяпочек. Как показали опыты по контролируемому опылению, гибриды совместимы с обоими родительскими видами. Если они используются как опылители видов, то семенная продуктивность оказывается в 1,5-2,5, а если они используются как женские растения, то в 4-8 раз меньше, чем при внутривидовых скрещиваниях. Следовательно, интрогрессия в данном случае затруднена не столько из-за несовместимости родительских видов с гибридами, сколько из-за низкого «качества» семяпочек у последних. Впрочем, даже и этого низкого «качества» было бы вполне достаточно для воспроизводства гибридов семенным способом, если бы не орнитохория кедровых сосен: кедровка почти не использует шишки гибридов с низким содержанием полных семян, предпочитая шишки видов, в которых содержание полных

семян высокое. Поэтому практически единственным способом вовлечения гибридов в популяционных процессах является, по-видимому, их участие в пыльцевом пуле.

1.3. Адаптивная конвергенция климатических экотипов у российских видов кедровых сосен: морфология, физиология, биохимия и генетика. Задание 2012 г.

Сравнительный анализ состава и содержания вторичных метаболитов у широтных и высотных экотипов трех российских видов 5-хвойных сосен (НИОХ, ИМКЭС).

Методами газовой хромато-масс-спектрометрии и обращено-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии впервые проведено сравнительное исследование состава терпеноидов и флавоноидов хвои у контрастных географических экотипов трех российских видов 5-хвойных сосен, представляющих три основных зональных типа древесной растительности умеренного пояса: субальпийскую и субарктическую (кедровый стланик, *Pinus pumila*), бореальную (кедр сибирский, *P. sibirica*) и неморальную (кедр корейский, *P. koraiensis*). Состав и содержание флавоноидов строго видоспецифичны: все три вида равноудалены друг от друга, а различия внутри видов многократно меньше, чем различия между видами (рис. 2). По составу и содержанию летучих веществ (терпеноидов) структура разнообразия значительно сложнее. Различия между видами также очень велики, но кедр сибирский и кедровый стланик заметно ближе друг к другу, чем кедр корейский – к каждому из этих видов. Уровень внутривидовых различий варьирует от очень низкого, сравнимого с уровнем различий по флавоноидам (кедр корейский), до очень высокого (примерно на два порядка больше, кедровый стланик). Это предположительно связано с разнообразием природно-климатических условий в пределах ареала: минимальным у кедра корейского и максимальным у кедрового стланика. Полученные результаты демонстрируют высокую информативность и перспективность примененного метода для анализа структуры разнообразия 5-хвойных сосен.

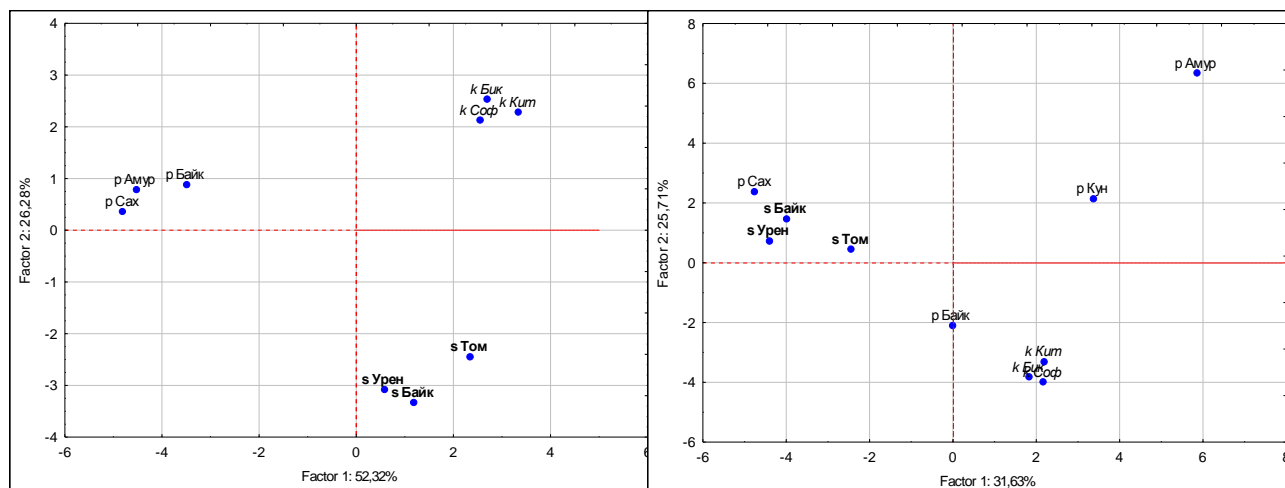


Рис. 2. Распределение образцов хвои 5-хвойных сосен по составу и содержанию флавоноидов (22 вещества, слева) и терпеноидов (43 вещества, справа) в плоскости главных компонент, выявленных по результатам многомерного анализа: s Урен – *P. sib.*, Уренгой, лесотундра Западной Сибири; s Байк - *P. sib.*, С. Байкал; s Том – *P. sib.*, Томск, южная тайга Западной Сибири; k Соф – *P. kor.*, Софийск, нижний Амур, северная часть ареала; k Бик – *P. kor.*, Бикин, север Приморья, средняя часть ареала; k Кит – *P. kor.*, Китай, Чанбайшань, южная часть ареала; p Байк – *P. rit.*, С. Байкал; p Амур – *P. rit.*, нижний Амур; p Сах – *P. rit.*, горы Южного Сахалина; p Кун – *P. rit.*, о. Кунашир, Ю. Курилы

Блок 2. Структура внутривидового разнообразия в терминах нейтральной и адаптивной микроэволюции; динамика популяций в зонах раннего отклика на климатические изменения (на примере кедра сибирского)

2.1. Нейтральная микроэволюция в связи с историей расселения вида в голоцене и современными популяционными процессами: сопряженный анализ «органикохимических», биохимических и молекулярных (ядерный и плазматические геномы) маркеров генетической изменчивости. Задание 2012 г. Определение нуклеотидной последовательности генома хлоропластов кедр сибирского с использованием систем MPSS, оценка внутриорганизменного полиморфизма этого генома; проведение оценки разнообразия SSR-маркеров различной локализации методом мультиплексного анализа электрофорезом в капиллярном GA (ИХБФМ, ИМКЭС).

Для определения генома хлоропластов кедр сибирского с использованием систем MPSS (массового параллельного секвенирования) разработана методика выделения хлоропластов из хвои с высоким коэффициентом очистки от хроматина и митохондрий. Выделены хлоропласты растений, относящихся к разным экотипам, существенно усовершенствована методика выделения ДНК из хлоропластов, получены препараты ДНК высокого молекулярного веса. С использованием ДНК одного из растений были приготовлены две библиотеки случайных фрагментов длиной 800-1000 н.п. для дальнейшего анализа на платформе Roche FLX Genome Sequencer. Библиотеки показали высокое качество, после чего были переданы для

объединения с библиотеками других проектов и последующего анализа в ЦКП СО РАН «Геномика».

Проведен анализ 11 микросателлитных локусов (SSR) хлоропластного генома кедр сибирского (cpSSR1, cpSSR3, cpSSR4, Pt15169, Pt63718, Pt26081, Pt36480, PCP45071, PCP48256, PCP71987, PCP87314), разработанных ранее для различных представителей рода *Pinus*. Разработан эффективный мультиплексный набор из 4 хлоропластных SSR локусов (Pt36480, cpSSR1, cpSSR4, PCP45071) для исследования внутривидовой изменчивости кедр сибирского. Проведен фрагментный анализ 435 образцов ДНК растений из 25 популяций кедр сибирского, выявлено 35 размерных вариантов, комбинации которых дали 43 гаплотипа. Для поиска новых SSR-маркеров ядерной локализации суммарная ДНК была передана для приготовления библиотеки случайных фрагментов и последующего анализа на платформе Illumina в рамках проведенной ЦКП СО РАН «Геномика» школы по использованию систем MPSS. В настоящее время проводится разработка алгоритмов поиска SSR-маркеров в полученных данных.

2.3. Динамика популяций в зонах раннего отклика на климатические изменения. Задание 2012 г. Климатически обусловленная динамика роста и плодоношения кедр сибирского в аридных и гумидных районах Горного Алтая (ИМКЭС, АФ ЦСБС).

Анализировались тенденции изменения динамики радиального роста ствола и созревания шишек у деревьев разновысотных популяций кедр сибирского в аридном (Центральный Алтай, осадки 450 мм/год) и гумидном (Северо-Восточный Алтай, осадки 950 мм/год) районах Горного Алтая. Увеличение интенсивности роста и плодоношения деревьев высокогорных популяций свидетельствует о возможности смещения верхней границы распространения кедр сибирского в сторону высокогорной тундры (рис. 3). В популяциях из горного оптимума стабильный рост в сочетании с улучшением созревания шишек позволит сохранить позиции в гумидных районах, в аридных - способствовать расширению площадей кедровников по направлению к сухим низкогорным поясам (горные лесостепь и степь) и в сторону высокогорной тундры. Ухудшение роста и вызревания шишек в низкогорных поясах гумидного района позволяет предположить, что при сохранении наблюдаемых климатических тенденций площадь низкогорных кедровников уменьшится. В аридных районах увеличение урожайности даже при снижении роста деревьев позволит популяциям на нижней границе распространения сохранить свои позиции.

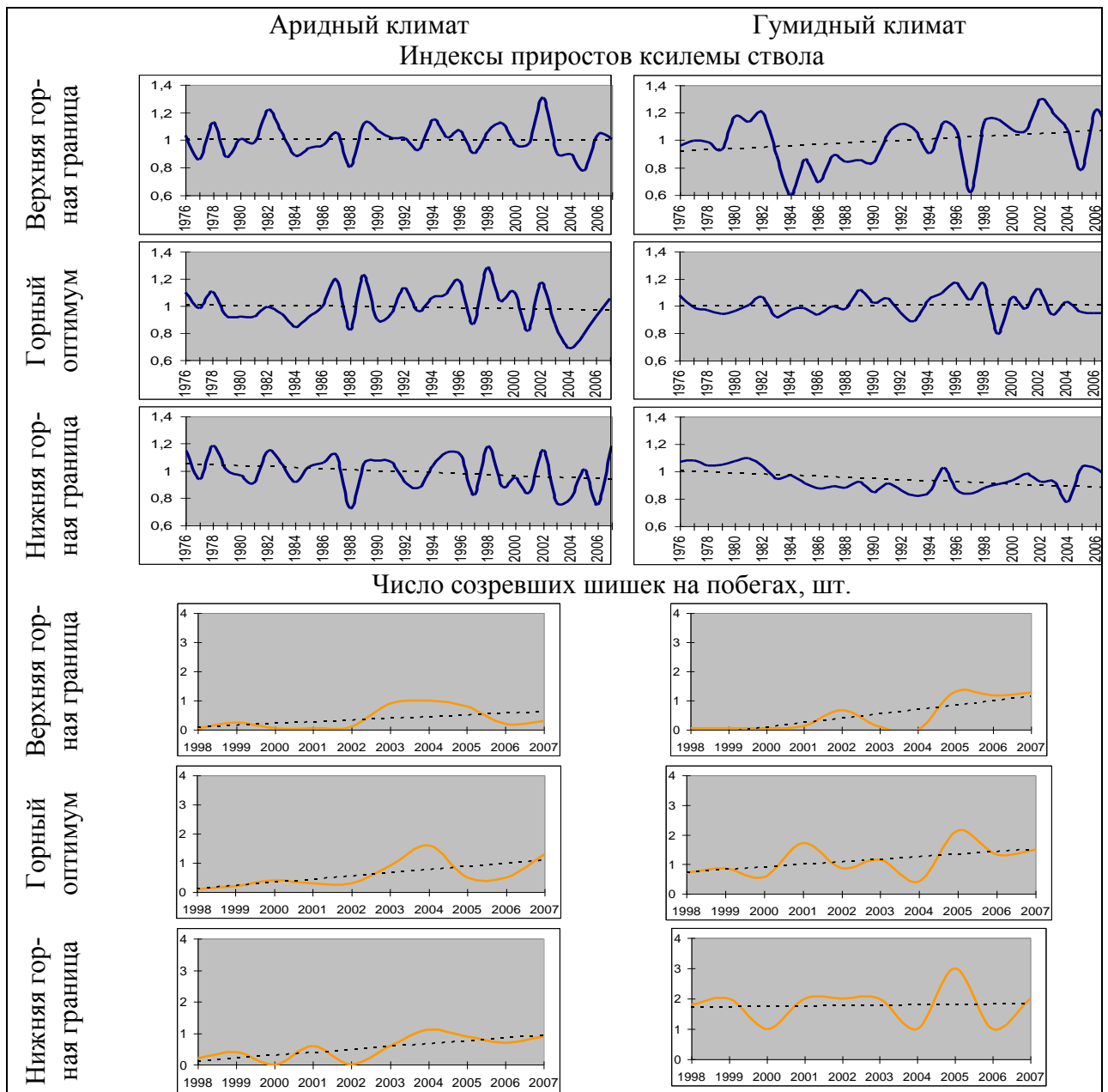


Рис. 3. Динамика роста (индексы приростов ксилемы ствола) и плодоношения (числа созревших шишек на побегах) деревьев кедра сибирского разновысотных популяций в районах Горного Алтая с гумидным (Северо-Восточный Алтай, макросклон г. Колюшта, 500-2000 м над ур. моря) и аридным климатом (Центральный Алтай, макросклон г. Сарлык, 1300-2000 м над ур. моря).

Блок 3. Сохранение генофонда и его использование в селекционных программах.

3.1. Разработка базы данных «Структура и пространственно-временная организация внутривидового разнообразия лесных древесных растений» (на примере кедра сибирского) Задание 2012 г. Разработка архитектуры базы, отладка ее первой версии и сбор данных для ее заполнения (ИВТ, ИМКЭС)

На основе анализа доступных данных, описывающих структуру разнообразия кедра сибирского разработана архитектура соответствующей базы данных,

включающая следующие слои: распространение вида, продуктивность, типологическое разнообразие лесов, фенологию, анатомию и морфологию, физиологию, химию, биохимическую и молекулярную генетику. Ключевым внешним фактором разнообразия принят климат. Поэтому пространственное и отчасти временное разнообразие на каждом из его слоев предполагается наложить на климатические карты для последующего использования в тематической подсистеме веб-ГИС разработанной ранее платформы «Климат». Из набора определяемых в ходе полевых исследований разнообразия 5-хвойных сосен на территории России выделены основные характеристики пространственно-привязанных площадок и начато формирование соответствующих слоев тематической веб-ГИС подсистемы. Определены вычислительные процедуры и реализующие их алгоритмы статистической обработки данных наблюдений на площадках. Пространственно-временные наборы климатических и метеорологических данных размещены и подготовлены для их последующего использования в подсистеме.

3.2. Клоновая селекция кедра сибирского: принципы отбора исходного материала в природных популяциях, инвентаризация объектов ЕГСК, разработка программы выведения сортов-клонов и практическая реализация ее первого этапа. Задание 2012 г. Комплексный анализ клоновых плантаций плюсовых деревьев кедра сибирского, отобранных на смолопродуктивность в Горном Алтае (ЗСФ ИЛ, НИОХ).

В 70-80-е годы прошлого века в рамках программ по сохранению и рациональному использованию генофонда кедра сибирского (*Pinus sibirica*) в естественных насаждениях Алтая осуществлялся массовый отбор "плюсовых" (выдающихся по фенотипу) деревьев (Ильичев, 1999). Проведен анализ смолопродуктивности у вегетативного потомства деревьев, «плюсовых» по смолопродуктивности, плодоношению и скорости роста. Достоверных различий по смолопродуктивности между вегетативным потомством «плюсовых» деревьев, отобранных на различные признаки, не выявлено (табл. 1). Это предположительно объясняется следующими причинами (в порядке их значимости и вероятности): (1) высокой экологической лабильностью признака и связанной с этим низкой эффективностью массового отбора; (2) "выравнивающим" влиянием на смолопродуктивность привоев "чужих" корневых систем, генотип которых не контролировался в эксперименте; (3) положительной корреляцией интенсивности роста и семеношения с уровнем смолопродуктивности. Влияние клоновой принадлежности на смолопродуктивность было небольшим (17-18% общей дисперсии признака), но значимым ($P < 0.03$). Это сви-

детельствует о возможности дальнейшей селекции, которая должна быть более эффективной в выровненных условиях клоновых плантаций.

Табл. 1. Изменчивость смолопродуктивности кедр сибирского на клоновых плантациях Телецкого лесничества Республики Алтай

Селектируемые признаки	Среднее и её ошибка, г	Коэффициент вариации, %	Пределы изменчивости, г	Число деревьев
1. Лесосеменная плантация (ЛСП)-1980 г.				
Смолопродуктивность	3,36±0,40	62,7	0,7÷9,7	27
Интенсивность роста	3,86±0,61	55,2	1,1÷7,5	12
2. Архив клонов (АК)-1984 г.				
Смолопродуктивность	3,84±0,52	73,7	0,4÷10,6	29
Урожайность семян	3,90±0,52	59,9	0,7÷11,1	20
Интенсивность роста	3,94±0,72	76,0	1,1÷13,8	17
3. Архив клонов (АК)-1986 г.				
Смолопродуктивность	1,90±0,28	67,8	0,1÷5,3	21
Урожайность семян	2,20±0,31	73,6	0,6÷7,2	27

3.4. Разработка биологических основ и технологии макро- и микроклонального размножения сортов. Задание 2012 г. Вегетативная совместимость видов при трансплантации: структура и динамика роста межвидовых прививок (ИЛ, ИМКЭС)

Проведен анализ многолетней динамики радиального роста ствола у привоев кедр сибирского (*Pinus sibirica*) и кедр европейского (*P. cembra*) на подвоях сосны обыкновенной (*P. sylvestris*) в Красноярской лесостепи. На всем протяжении опыта (35 лет) кедр сибирский рос значительно (в 1,2-1,3 раза) быстрее кедр европейского. При прививке кедр сибирского на сосну обыкновенную в первые 10-12 лет выявлен достоверный химерный гетерозис: ширина годичных колец была больше, чем у корнесобственного кедр и не привитой сосны (в 2 и 1,2 раза, соответственно). Оба вида кедровых сосен в случае их прививки на сосну обыкновенную в течение всего опыта росли значительно быстрее подвоя, причем, различия с возрастом усиливались. Через 20-25 лет после начала опыта не привитые сосны сначала догоняли, а затем и перегоняли сосновый подвой по скорости текущего радиального прироста (рис. 4). Прогрессирующие с возрастом различия в скорости роста прививочных компонентов вызывали в большинстве случаев проявление их несовместимости вплоть до гибели деревьев.

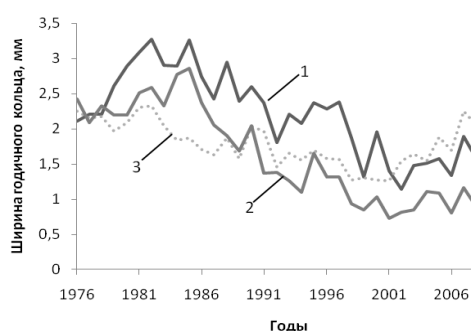


Рис. 4. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной: 1 — подвой для кедр сибирского, 2 — подвой для кедр европейского, 3 — интактные деревья

Проект № 144. «Криогенные ресурсы Арктики и Субарктики: состояние и структура криолитозоны, физико-химическое моделирование и биологический потенциал криогенных систем».

Основные результаты, полученные в ходе выполнения проекта.

Проведённый спорово-пыльцевой анализ с крупномасштабными временными интервалами позволил построить предварительную спорово-пыльцевую диаграмму изучаемого разреза озёрно-болотных отложений (рис.). Дальнейшая детализация спорово-пыльцевой диаграммы верхнего метра торфа подтвердила выявленные ранее крупномасштабные закономерности изменений растительного покрова в течение последних 3450 лет. Детализация позволила также провести предварительную корреляцию палеопалинологических данных с изменением степени гумификации слоёв торфа отложенного в течение рассматриваемого интервала времени.

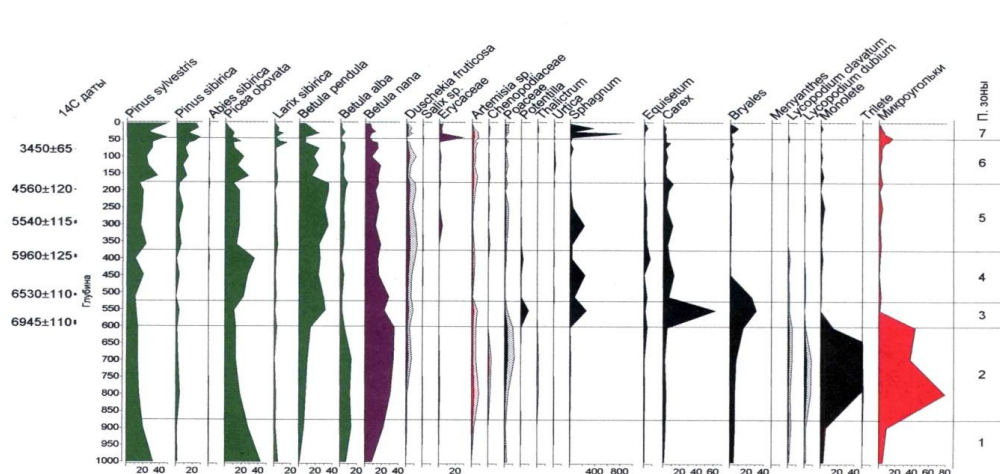


Рис. Предварительная спорово-пыльцевая диаграмма разреза озёрно-болотных отложений, расположенных в пойме р. Хейги-Яха притока р. Надым.

Интерпретация полученных палеопалинологических и радиоуглеродных данных позволила сделать следующие выводы о долговременной динамике природной обстановки Субарктики Западной Сибири:

1. За время осадконакопления в исследуемом разрезе, охватывающем последние 8-9 тыс. лет, растительный покров Надым-Пурского междуречья неоднократно изменялся, отражая, вероятно, ритмические изменения климатических параметров, среди которых определяющим было изменение увлажнённости.
2. В более влажные периоды в растительном покрове увеличивалась роль темнохвойных формаций с елью сибирской (*Picea obovata*). В более сухие периоды доминирование переходило к берёзе бородавчатой (*Betula pendula*), в сухие и холодные – к берёзе пушистой (*B. alba*) и к карликовой берёзке (*B. nana*).

3. Палеопалинологические исследования выявили 3 крупных периода повышенного увлажнения климата в голоцене: в бореальном периоде; в атлантическом периоде (6500-6000 лет назад); в суббореальном периоде (4200-2000 лет назад).

4. Усиление континентальности климата около 2000 лет назад вызвало промерзание торфяника и поселение на его поверхности кедра сибирского (*Pinus sibirica*). Не исключено, что такие эпизоды промерзания стали проявляться даже раньше, начиная с 4200 лет назад.

5. Полученная предварительная спорово-пыльцевая диаграмма хорошо коррелирует как с немного южнее расположенным спорово-пыльцевым разрезом из междуречья Надым-Пур (Кирпотин и др., 2003), так и с севернее расположенным спорово-пыльцевым разрезом южного Ямала (Панова и др., 2010). По сравнению с первым разрезом в нашей пыльцевой диаграмме не захвачен более древний предбореальный период, но более детально отражен поздний голоцен с 6000 лет назад до современности. Климатически чувствительная ель сибирская стабильно доминировала на севере Западной Сибири в среднем голоцене в более южном спорово-пыльцевом разрезе, была менее устойчива (проявив 3 периода максимального распространения) в нашем районе и играла меньшую роль в истории растительного покрова южного Ямала, где максимально был выражен только её атлантический максимум.

РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ ПО СОВМЕСТНОЙ ПРОГРАММЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАН БЕЛАРУСИ И СО РАН

Проект № 34. «Химия органических соединений торфа в связи с процессами формирования, развития, нарушения и восстановления болотных экосистем».

Основные результаты, полученные в ходе выполнения проекта.

Проведен выбор объекта исследования – болото Темное, находящееся в нативном состоянии. Проведен отбор и аналитические исследования ботанического состава двух эталонных видов верхового торфа: фускум и пушицевого. Определены ботанический состав, степень разложения, зольность и плотности отобранных видов торфа. Коллекционные образцы переданы ИХН СО РАН.

1.2.4. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ГРАНТАМ РФФИ

Проект № № 12-04-00801-а “Механизмы экспансии и роль инвазийных видов насекомых-дендрофагов в современных сукцессионных процессах в сибирской тайге” (руководитель – С.А.Кривец).

Исследованы различные аспекты недавней широкомасштабной инвазии в таежные экосистемы Южной Сибири дальневосточного вида стволовых насекомых - уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf., в том числе:

- выявлено распространение уссурийского полиграфа в подзонах южной тайги и подтайги Западно-Сибирской равнины (Томская область), в низкогорных черневых лесах Присалаирья (Новосибирская область), в южнотаежных, подтаежных и горно-таежных лесах Красноярского края, в отдельных районах Кемеровской области, Алтайского края и Республики Алтай, на обширной территории с крайними точками местонахождений *P. proximus* 51°48'–57°42' северной широты и 83°55'–92°44' восточной долготы;
- с использованием методов дендрохронологии проведена датировка начала вспышек массового размножения уссурийского полиграфа в районах инвазии в Западной и Средней Сибири (не позднее 2006 года);
- в ходе лабораторных экспериментов и полевых исследований впервые установлена возможность развития *P. proximus* на аборигенных хвойных породах сибирской тайги – сосне кедровой сибирской, ели сибирской, лиственнице сибирской;
- исследованы особенности сезонного развития полиграфа, показана возможность формирования бивольтинности, как способа увеличения численности инвазийных популяций;
- определены демографические характеристики уссурийского полиграфа в очагах его массового размножения в Томской, Новосибирской области и в Красноярском крае, установлены высокие значения плотности поселения на дереве, короедного запаса, плодовитости, продукции и энергии размножения;
- выявлен видовой состав фитопатогенной микобиоты, связанной с *P. proximus* в инвазийных популяциях вредителя, в том числе новые для Сибири дальневосточные ассоцианты уссурийского полиграфа *Ophiostoma aoshimae* и *O. rectangulasporium*, а также *Leptographium sibirica*, ранее известный как обитатель ходов черного хвойного усача на пихте сибирской. Эти результаты свидетельствуют о возможности формирования нового комплекса офиостомовых грибов, связанного с полиграфом в Сибири, как результат сочетания видов, занесенных вредителем из Дальневосточного региона, и аборигенных сибирских грибов;

- определены состав и численность обитающих совместно с уссурийским полиграфом насекомых – ксилофильных консортов пихты сибирской. Установлено конкурентное вытеснение инвайдером местных видов стволовых насекомых-дендрофагов, выражающееся в уменьшении их видового разнообразия и снижении численности. Выявлено 17 видов подкорных хищников, среди которых массовым облигатным энтомофагом является ранее не известный в Сибири вид мух-зеленушек *Medetera penicillata*, также предположительно занесенный с Дальнего Востока вместе с полиграфом в ходе инвазии. В инвазийных популяциях полиграфа выявлено 2 вида браконид (эктопаразитов жуков) и 3 вида хальцид (личиночных эктопаразитов), широко распространенных в Палеарктике на многих видах короедов, в том числе *Dinotiscus eupterus* и *Roptrocercus mirus* (Pteromalidae), на долю которых приходится 13% и 6% паразитирования личинок, соответственно;

- установлены пространственно-временные характеристики поврежденных полиграфом лесов. На модельных территориях оценено воздействие очагов массового размножения уссурийского полиграфа на пихтовые древостои, показано их неудовлетворительное лесопатологическое состояние (количество здоровых деревьев не превышает 20%, гибель деревьев составляет в различных насаждениях от 32 до 95%). Выявлено ухудшение жизненного состояния и снижение численности пихтового подростка, обусловленное как непосредственным его повреждением полиграфом, так и неблагоприятным для молодых темнохвойных растений изменением условий местообитания из-за распада древесного полога. Показано, что сукцессионные изменения напочвенного покрова, обусловленные изменением светового режима в поврежденных полиграфом пихтовых лесах, выражены в смене исходного мелкотравного и мелкотравно-зеленомошного напочвенного покрова высоко-травными и крупнопапоротниково-разнотравными фитоценозами.

Проект № 10-04-01497-а «Филогенетическая дивергенция и адаптивная конвергенция в эволюции сосновых (на примере прямостоячих лесных и стелющихся субальпийских видов)» (руководитель - С.Н.Горошкевич).

Генетическими, анатомо-морфологическими и физиологическими методами проведено комплексное сравнительное исследование прямостоячих и стелющихся видов сосновых, а также зон естественной гибридизации между ними. Для образования субальпийских стелющихся видов из лесных прямостоячих достаточно одного-единственного принципиального новообразования: избирательного апикального доминирования в системе ветвления (рис.). У прямостоячих видов это характерно лишь для завершающих этапов онтогенеза. Стелющиеся виды, по-видимому, произошли от прямостоячих способом выпадения из онтогенеза всех этапов, кроме последнего. С первых лет жизни и на всем ее протяжении для них характерны изби-

рательное доминирование и вызванная им полиполярность системы ветвления. Все остальные морфологические и физиологические различия являются производными, вторичными. Они могут быть как одинаковыми у стелющихся видов, так и существенно различаться в зависимости от исходной генетической основы и разнообразия экологических условий.

В обеих гибридных зонах продукты гибридизации встречаются примерно одинаково часто. У 5-хвойных сосен гибриды 1-го поколения чаще образуются и лучше выживают. У 2-хвойных сосен гибриды образуются реже, но активней участвуют в популяционных процессах как на семенном, так и на пыльцевом уровне. Реального видообразовательного потенциала гибриды, видимо, не имеют. Для деревьев с промежуточной жизненной формой нет свободной экологической ниши. Это не исключает сетчатого компонента эволюции: между прямостоячими и стелющимися видами происходит активный генетический обмен, что увеличивает генетическое разнообразие и расширяет адаптивную норму каждого из видов.

Жизненная форма стланца способствует освоению очень разнообразных (в том числе, контрастных) экологических ниш, непригодных для существования прямостоячих видов. Экологический ареал в координатной системе из двух наиболее значимых осей (факторов) у кедра сибирского представляют собой относительно небольшие круги, а у кедрового стланика – кольца, внутренняя окружность которых примерно совпадает с границами кедровых кругов, наружная же имеет значительно больший радиус. Преобладание дифференцирующих или интегрирующих генофонд тенденций приводит к тому, что внутри- и межпопуляционная изменчивость морфологических и физиологических (в том числе, адаптивных) признаков, а также генетическое разнообразие на всех уровнях его организации (по результатам аллозимного анализа), у кедрового стланика в 2-2,5 раза выше, чем у кедра сибирского.

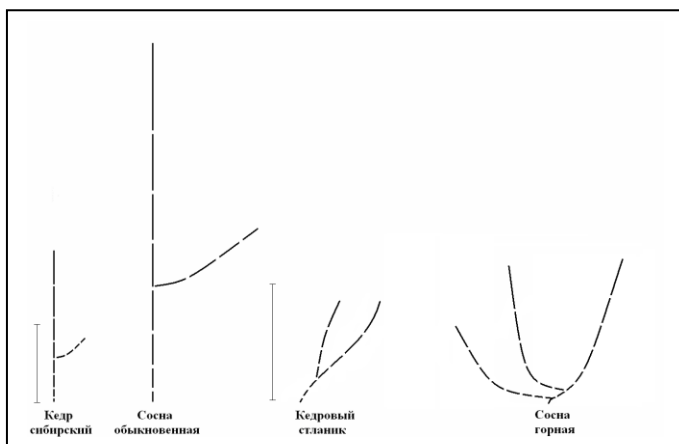


Рис. Схема роста ствола и крупнейших боковых ветвей у прямостоячих (слева) и стелющихся (справа) видов в первые 8 лет жизни. Масштабная линейка 0,5 м. Пунктиром обозначены годовые приросты.

Впервые проведен анализ структуры популяций в восточной части гибридной зоны кедр сибирского и кедрового стланика. При этом установлен удивительный факт: все без исключения проанализированные растения имели мтДНК кедрового стланика. Это означает, что даже обычные по фенотипу особи кедр сибирского на Алданском нагорье являются гибридами, но не первого, не второго и, видимо, даже не десятого поколения, а продуктом очень древней интрогрессии. Митохондрии у сосновых наследуются исключительно по женской линии. Это позволяет предположить, что «чистого» сибирского кедр на Алданском нагорье вообще никогда не было, а все генетические элементы этого вида были привнесены сюда с пылью из западных районов.

Впервые проведен последовательный сравнительный анализ морфогенеза прямостоячих и стелющихся видов сосны на ранних этапах онтогенеза. Основной причиной, приводящей к образованию жизненной формы стелющегося дерева, является слабое и при этом избирательное доминирование ствола: некоторые ветви выходят из под его контроля и догоняют его по скорости роста. В результате формируется несколько равнозначных по длине и толщине стволов. Исследование пигментного фонда хлоропластов и флуоресценции хлорофилла выявило, что у прямостоячих видов зимой основным механизмом защиты фотосистем от разрушения является тепловая диссипация избыточной световой энергии каротиноидами (отношение хлорофилл/каротиноиды 2,8–3,0). У стелющихся видов это отношение составило 3,7 (кедровый стланик) и 8,2 (сосна горная), что указывает на различные способы адаптации. Хвоя кедрового стланика защищена от фотоингибирования снижением пула зеленых пигментов и рассеиванием избыточной световой энергии каротиноидами только в светособирающем комплексе (ССК). У сосны горной низкое содержание каротиноидов на фоне довольно высокого количества зеленых пигментов свидетельствует об одновременном функционировании механизмов тепловой диссипации и в ССК (как у прямостоячих видов), в реакционных центрах. Уменьшение роли каротиноидов компенсируется наличием мощной покровной ткани (эпидермы), которая почти в 2 раза толще, чем у других видов.

Проект № 10-05-00568/а Сравнительные исследования дендрохронологий трития различных видов древесной растительности южно-таежной подзоны Западной Сибири (руководитель – М.В.Кабанов).

Полученные за отчетный период важнейшие результаты

- В течение периода наблюдения(1991-2010г.г.) на выбранных площадках не выявлены события, способные значительно изменить содержание трития и

радиоуглерода в целлюлозе годовичных колец сосны обыкновенной (промышленные выбросы, пожары).

- Построены древесно-кольцевые хронологии трития для южно-таежной подзоны Западной Сибири. Значение удельной активности трития в целлюлозе годовичных колец сосны обыкновенной для площадки, подверженной хроническому воздействию Томской промышленной зоны, в период с 1991-2010 года изменялись в пределах 4,9-15,3 Бк/л, что незначительно превышает значения удельной активности трития на фоновой площадке.

- Полученные нами результаты убедительно свидетельствуют в пользу тенденции уменьшения концентрации трития в древесине сосны на протяжении периода наблюдения. Подобная тенденция была отмечена также при исследовании объектов окружающей среды в других районах России.

- Обнаружены статистически значимые корреляционные зависимости удельной активности трития в целлюлозе от температуры и влажности воздуха.

Степень новизны полученных результатов

Определена удельная активность необменного трития в целлюлозе проб древесины за период 1991-2010 гг. Построены древесно-кольцевые хронологии трития для южно-таежной подзоны Западной Сибири. Выявлена отрицательная корреляционная зависимость удельной активности трития в целлюлозе годовичных колец от температуры и положительная - от влажности воздуха. По-видимому, это явление связано с воздействием воздушных масс, содержащих повышенную концентрацию трития и поступающих вместе с циклонами из северных районов Сибири и Кольского полуострова, а также с запада вдоль 60-65 параллелей.

Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем

Изотопный состав целлюлозы годовичных колец деревьев, главным образом, определяется следующими факторами (Хевс, 1983; Roden et al., 2000; Tang and Feng, 2001; McCarroll and Loader, 2004; Danis et al., 2006; Edwards et al., 2008; Boyer et al., 2009): 1) изотопный состав газовых компонент воздуха, 2) изотопный состав воды, потребляемой деревьями в период роста, 3) температура и относительная влажность воздуха, 4) содержание влаги в корнеобитаемом слое почвы и распределение ее по почвенному профилю. Содержание трития в осадках зависит от физико-географического положения местности (Eriksson E., 1983; Ферронский, Поляков, 2009, Картич, 2009). С увеличением географической широты и по мере продвижения воздушных влагопереносящих масс в глубь континентов содержание трития в осадках возрастает. На фоне постепенного увеличения содержания трития в осадках с широтой в диапазоне широт 52-56 с.ш. наблюдается резкое его увеличение (Картич, 2009). По этим причинам в осадках, выпадающих над г.Томском и

его окрестностями, содержание трития, должно быть выше среднемирового - 1 Бк/л (Belot et al., 1996) и среднего по России - 2,9 Бк/л (Радиационная обстановка..., 1991-2010). Проведенные нами исследования удельной активности трития в осадках, воздухе и воде (среднее значение – 4,5 Бк/л) подтверждают это предположение.

Значения активности трития в целлюлозе годовых колец сосны южно-таежной подзоны Западной Сибири также превышают значения, приведенные другими авторами для других территорий (Kozak, 1989; Jamada et al., 2004; Stark et al., 2005; Petrosius et al., 1998), что можно обосновать изотопным составом воды (в первую очередь это атмосферные осадки), потребляемой деревьями в период роста.

К тому же, до 2009 года дополнительное количество трития могло поступать от точечного техногенного источника (предприятие ядерной энергетики) в окружающую среду рассматриваемой территории (Несветаило, 2005; Перемитина и др. 2007; Радиационная обстановка..., 2009). В период 1960-1993гг. содержание трития в целлюлозе годовых колец сосен в пределах десятикилометровой зоны городов Томска и Северска составляли 74-131 Бк/л, за ее пределами - 48 Бк/л. Согласно нашим данным, значения активности трития в целлюлозе сосны в местообитании, подверженном хроническому воздействию от техногенного источника на границе тридцатикилометровой зоны в период 1991-2010 гг. лишь немного превышают фоновые значения, полученные для условно чистого местообитания. Пик удельной активности трития (13,2 Бк/л) нами был зафиксирован в 2008г. Это явление мы связываем с запланированной остановкой реактора. При остановке реакторов происходит активация быстрыми нейтронами лития с образованием трития (М.С. Хвостова, 2012). По полученным нами данным, по содержанию трития в целлюлозе годовых колец сосны обыкновенной за исследуемый промежуток времени, можно проследить нисходящий тренд - снижение активности с 15,3 Бк/л до 5,8 Бк/л, что согласуется с экспериментальными данными по активности трития в осадках (Boronina et al., 2005; Fourre et al., 2006; Картич, 2009).

Общее количество трития, поступающего на территорию России вместе с атмосферными осадками в период с 1991-2010 уменьшилось примерно в два раза - с 44,4 ПБк до 19,6 ПБк (Радиационная обстановка..., 1991-2010). Существует некоторая асинхронность погодичных вариаций содержания трития в осадках и в целлюлозе. Основные причины различий в погодичной динамике содержания трития, кроме поступления от техногенного источника, - особенности формирования годовых колец деревьев и изменчивость метеорологических параметров в течении текущего и предыдущего вегетационных сезонов. Весной и в начале лета формирование ранней древесины частично происходит за счет продуктов фотосинтеза, за-

пасенных деревом в предыдущий сезон роста (McCarrol and Loader, 2004). Нередко между изотопным составом древесины в целом, целлюлозы годовичных колец и метеорологическими параметрами не только текущего, но и предыдущего вегетационных периодов существуют статистически значимые корреляционные зависимости (Jaggi et al., 2002). А. Kress и соавторы предполагают, что особенно четко такие зависимости проявляются в местообитаниях, оптимальных для роста деревьев по гидротермическим условиям (Kress et al., 2009).

Подобные зависимости были установлены и нами. Вариации содержания трития в целлюлозе годовичных колец сосны, обитающей в окрестностях Томска и Северска, в существенной степени определяются изменениями температуры воздуха июля и августа предыдущего года и августа текущего. Вариации относительной влажности воздуха существенно влияют на изотопный состав целлюлозы в мае и августе текущего года.

Чаще всего статистически значимые корреляционные зависимости содержания тяжелых стабильных изотопов водорода и кислорода в целлюлозе годовичных колец деревьев от температуры положительные, а от относительной влажности воздуха отрицательные (McLoader, 2004; Tartakovsky et al., 2012). Обычно это объясняют влиянием указанных метеорологических параметров на фракционирование изотопов в процессах транспирации, фотосинтеза и образования целлюлозы. Статистически значимый положительный коэффициент корреляции активности трития с температурой обнаружен только для июля предыдущего вегетационного периода. В августе текущего и предыдущего сезонов роста связь содержания трития в целлюлозе годовичных колец отрицательная с температурой и положительная с влажностью воздуха. Вероятно, это можно объяснить влиянием холодных воздушных масс с высоким содержанием трития, поступающих вместе с циклонами из северных районов Сибири и Кольского полуострова, а также с запада вдоль 60-65 параллелей. Эти массы увеличивают концентрацию трития в почвенной воде во второй половине вегетационного периода. Между количеством циклонов северного направления и температурой воздуха над территорией Западной Сибири установлены значимые отрицательные корреляции для июня и июля, в период 1976-2006 (Горбатенко и др., 2011).

В 2012 году нами проведены не запланированные ранее исследования, позволяющие измерить активность радиоуглерода (^{14}C) в кольцах деревьев. Количество радиоуглерода в древесине отражает его содержание в атмосфере данной местности в течение вегетационного периода (Арсланов, 1987г). Результаты определения удельной активности радиоуглерода в целлюлозе деревьев показали, что она колеблется в пределах от 209 до 299 Бк/кг. Это соответствует справочному уровню

удельной активности ^{14}C (227 Бк/кг) по Азии (Dai Raimei et al... 1992). Наибольший уровень удельной активности ^{14}C зафиксирован в 1992 г. (299 Бк/кг). Повышенный уровень удельной активности ^{14}C мы связываем с запланированной остановкой реактора. При остановке реакторов происходит активация быстрыми нейтронами молекул азота с образованием радионуклида ^{14}C , а при активации лития образуется тритий (М.С. Хвостова, 2012). Пик удельной активности по тритию нами был зафиксирован в 2008г. (13,2 Бк/л). В этот год были проведены работы по остановке двух реакторов. Для получения более точных цифр уровней выбросов радиоуглерода и трития требуется оценка пространственного распределения радиоизотопов в растительности и, прежде всего, отбор проб на удалении 1-5 км от источников выбросов.

Проект № 11-05-01190/а "Мониторинг и моделирование динамики парниковых газов в региональной климатической системе Западной Сибири" (руководитель И.Г.Окладников).

Полученные важнейшие результаты

1) В модели NH3D_MPI реализованы боковые граничные условия и буферная зона с усвоением климатических вертикальных распределений метеорологических величин (по данным Аэроклиматического атласа СССР). При этом, на тех боковых границах, где атмосферный поток входит в область, для всех эволюционных переменных поставлены условия Дирихле, а на противоположных границах - условия излучения. Также была модифицирована формулировка подавления колебаний метеовеличин в буферном слое, так что рэлеевская релаксация в буферном слое, примыкающем к границе входа потока в область, производится относительно значения на границе области, а в буферном слое вблизи границы выхода – относительно значения на внутренней границе этого слоя. Именно сочетание таких граничных условий и буферного слоя позволили получить наиболее устойчивый счет мезомасштабной модели для случая реальной поверхности Сибири в теплый сезон.

2) В качестве приложения модели NH3D_MPI к задаче переноса парниковых газов была рассмотрена проблема параметризации мезомасштабных потоков, неразрешаемых на сетке большинства глобальных атмосферных моделей. Впервые мезомасштабные потоки были рассчитаны региональной моделью для реальной подстилающей поверхности (на примере Западной Сибири, использовались данные распределения типов поверхности ECOCLIMAP) и включали, помимо потоков явного тепла, потоки метана. Численные эксперименты проводились с горизонтальным разрешением 1.6 – 6.4 км. Следуя подходу, изложенному в статье (Arola, 1999), в параметризации вертикальный профиль мезомасштабного потока тепла был представлен в виде синусоиды с экспоненциально убывающей амплитудой. На

основе соображений размерности вертикальное волновое число, коэффициент ослабления, а также амплитуда синусоиды были выражены в виде подходящих комбинаций параметров численного эксперимента (частоты Брента-Вяйсяля, пространственной дисперсии потока явного тепла на поверхности, характерного размера неоднородностей поверхности и др.). По результатам численных экспериментов с моделью NH3D_MPI оценены безразмерные параметры, участвующие в упомянутых безразмерных комбинациях. Важным результатом оказалось также то, что мезомасштабные потоки над реальной гидрологически неоднородной поверхностью оказались более чем на порядок меньше турбулентных потоков. Это соотношение сохранилось и в случае нулевого фонового ветра, когда циркуляции бризовой природы, обеспечивающие мезомасштабный поток, достигали максимальной интенсивности. При этом, в случае задания идеализированных распределений крупных неоднородностей поверхности (чередование «вода-суша» в виде «шахматной доски») мезомасштабные потоки возрастали и достигали значений, сопоставимых с турбулентными потоками и значениями, упоминаемыми другими авторами. Эти результаты свидетельствуют в пользу того, что величина мезомасштабных потоков определяется не только характерным размером термических неоднородностей на поверхности, но и топологией этой неоднородности.

3) Была сформулирована математическая постановка метода расчета потока метана с поверхности из уравнения интегрального баланса метана в заданной ограниченной области атмосферы, учитывающего все основные компоненты эмиссии метана в данной области. Проведена оценка каждого слагаемого на его значимость во вкладе общего баланса, а именно, изменение количества метана внутри области, интегральный поток метана через границы области, сток метана из атмосферы данной области за счет окисления его радикалом ОН. С использованием языка MatLab был разработан программный продукт, включающий в себя реализацию данного метода и систему обработки входных и выходных данных.

4) Был рассчитан поток метана с поверхности территории Западной Сибири сроком на один год с шагом в 6 часов. Анализ данных полей показал хорошую согласованность с данными экспериментальных измерений, а именно: поток, полученный на основе интегрального баланса: $6.8 \cdot 10^{-8}$ [моль/(м²*с)]; данные измерений: $(-0,35 \div 47) \cdot 10^{-8}$ [моль/(м²*с)] (Глаголев, 2006), а также средний поток метана с территории Западной Сибири; поток, полученный на основе интегрального баланса: 2.7 [Мт/год]; поток, полученный другими авторами (Kim, 2011): 2.9 ± 1.7 [Мт/год].

5) Анализ полученных полей показал, что поток метана с поверхности территории Западной Сибири является постоянным и зависящим от времени года и

суток.

Дальнейший анализ позволит выявить закономерности в изменении потока с поверхности метан.

б) На основе разработанной общей архитектуры был разработан программный комплекс для обработки и анализа пространственно-привязанных геофизических данных. Модульная структура вычислительного ядра программного комплекса обеспечивает возможность гибко и оперативно наращивать его функциональные возможности. Программный комплекс состоит из трех основных компонент: а) структурированные архивы пространственно-привязанных данных и данных моделирования, снабженные соответствующими метаданными; б) вычислительное ядро, представляющее собой набор независимых модулей, реализованных на языке ITTVIS IDL (Interactive data language); в) графический интерфейс пользователя. Программный комплекс способен обрабатывать пространственно-привязанные данные, представленные файлами в формате netCDF, в том числе и данные с таких приборов спутникового базирования, как LandSat, SCIAMACHY, GOSAT, MODIS, MERIS и AIRS, а также данные моделирования. Разработано информационно-вычислительное ядро, включающее менеджер задач и программные модули, обеспечивающие обработку и анализ данных. Вычислительное ядро системы разработано на языке ITTVIS Interactive Data Language (IDL) v.7.0, который предоставляет богатые возможности, в сочетании с удобством и быстротой разработки современных научных приложений. Была освоена технология обработки спутниковых данных на языке программирования IDL. Были реализованы библиотеки процедур, обеспечивающие программный интерфейс поиска, выборки, обработки и анализа пространственно-привязанных данных, в том числе данных спутниковых наблюдений. Разработанные модули вычислительного ядра обеспечили интероперабельность разработанного программного комплекса с региональной атмосферной моделью НИВЦ МГУ, что позволило провести совместный анализ результатов моделирования и наблюдений.

7) На территории стационара «Васюганье» были продолжены исследования эмиссии углекислого газа и метана на олиготрофных болотных фитоценозах. Наблюдения проводились с мая по сентябрь 2012 г. на оборудованных для наблюдений пунктах: сосново-кустарничково-сфагновом фитоценозе (высокий и низкий рямы), открытой осоково-сфагновой топи, грядово-мочажинном комплексе - гряда и мочажина. Поскольку лето 2012 г. было аномально сухим и жарким, суммарная эмиссия CO₂ за вегетационный период превысила средние многолетние значения на 20-30% и составила 273 гС/м² для открытой топи и 207 гС/м² для низкого ряма.

Суммарный поток CO_2 определенный в грядово-мочажинном комплексе составил 245 и 237 гС/м^2 в экосистеме гряды и мочажины, соответственно.

Поток метана с поверхности болота в середине вегетационного сезона составил $14,5 \pm 6,8$ $\text{мгСН}_4/\text{м}^2/\text{ч}$ на открытой топи, $4,6 \pm 3,0$ $\text{мгСН}_4/\text{м}^2/\text{ч}$ в мочажине и $0,8 \pm 0,7$ $\text{мгСН}_4/\text{м}^2/\text{ч}$ на гряде ГМК Бакчарского болота. Значимый суточный ход эмиссии метана наблюдается только в экосистеме открытой топи, где он составляет 20,3 $\text{мгСН}_4/\text{м}^2/\text{ч}$ (см. рис.). Минимальные значения потока наблюдаются в утренние часы. В мае величина эмиссии метана с поверхности болота существенно ниже и составляет $0,6 \pm 1,3$ и $0,3 \pm 0,8$ $\text{мгСН}_4/\text{м}^2/\text{ч}$ для открытой топи и низкого ряма, соответственно. В ночные часы поток метана минимален, а в отдельные сроки наблюдается поглощение метана в измерительной камере.

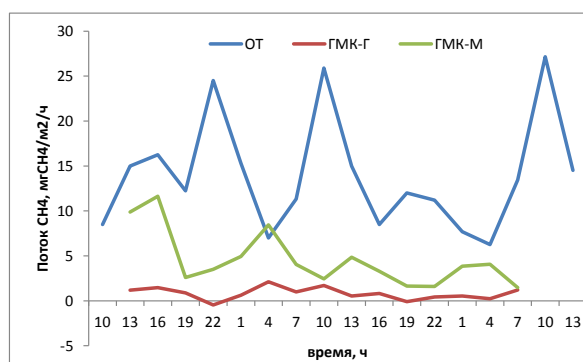


Рис. Динамика эмиссии метана в июле 2012 г.

Территория ключевого участка охватывает Бакчарский болотный массив, эвтрофные болота на приречных террасах рек Бакчар, Икса и Галка, а так же части водораздельных олиготрофных болот в юго-западной части ключевого участка. Общая площадь ключевого участка составляет 586 тыс. га, из них 167 тыс. га (или 28% от общей площади) занято олиготрофными, а 43 тыс. га (7%) – эвтрофными болотами. Натурные наблюдения за эмиссией метана в основных болотных экосистемах ключевого участка были интерполированы на все типы экосистем, выделенные на территории ключевого участка. Суммарная эмиссия метана за теплый период с поверхности олиготрофных болот ключевого участка составила 18 169 тС, из них 5 914 тС приходится на эмиссию рямовыми участками, 3 705 тС – топиями и 8 551 тС – грядово-мочажинными комплексами.

Степень новизны полученных результатов

Впервые с помощью региональной атмосферной модели были рассчитаны мезомасштабные потоки тепла и метана над реальной подстилающей поверхностью Западной Сибири. В других работах подобные расчеты проводились только с идеализированными топологиями гидрологической неоднородности поверхности.

Показано, что для типичных крупномасштабных атмосферных условий летнего сезона эти потоки оказываются пренебрежимо малыми в сравнении с турбулентными потоками и не описываются предложенными в литературе параметризациями. Таким образом, можно сделать предварительный вывод, что величина мезомасштабных потоков определяется также топологией температурной неоднородности подстилающей поверхности, которая не принималась во внимание в предложенных ранее параметризациях. Стоит отметить, что использование метода расчета потока метана с подстилающей поверхности из уравнения интегрального баланса метана в заданной ограниченной области атмосферы в известной профильной литературе коллективом исполнителей до сих пор не встречалось.

Накопление данных натуральных измерений сильно изменчивых (во времени и в пространстве) характеристик таких как, потоки парниковых газов служит повышению статистической достоверности знаний о функционировании болотных экосистем. Сочетание тематического картирования ключевого участка с данными, полученными при изучении углеродного баланса позволяет оценить количественный вклад исследуемых болотных экосистем в потоки парниковых газов на региональном уровне.

Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем

На сегодняшний день (Zeng and Pielke, 1995; Lynn et al., 1995; Chen and Avissar, 1994; Agola, 1999) расчеты мезомасштабных потоков тепла и метана с помощью региональной атмосферной модели проводились только с идеализированными топологиями гидрологической неоднородности поверхности. В данной работе такие расчеты были впервые проведены над реальной подстилающей поверхностью Западной Сибири. Показано, что предложенные параметризации мезомасштабных потоков неудовлетворительно воспроизводят амплитуду мезомасштабных потоков для этого случая и вероятной причиной этому является необходимость учета топологии неоднородности поверхности.

Комплексные исследования болотных экосистем Западной Сибири включающие оценку запасов углерода в виде торфа и растительности, разнонаправленных потоков углерода (фотосинтетическое накопление углерода, выделение CO_2 и CH_4 при дыхании и разложении органического вещества и др.), выявление закономерностей функционирования болотных экосистем при различных климатических условиях и т.д., имеют важное мировое значение для выявления роли обширных заболоченных территорий Западной Сибири в глобальном круговороте углерода. Полученные результаты соответствуют мировому уровню исследований в данной области знаний. Участниками проекта в течение ряда лет проводятся исследования углеродного баланса болотных экосистем. В опубликованных работах представле-

ны оценки эмиссии CO₂ и продуктивности болотных экосистем на рассматриваемой территории, показаны зависимости этих показателей от гидротермических и климатических характеристик окружающей среды; также проведена оценка баланса углерода на региональном уровне.

Проект № 11-05-00227-а «Исследование отклика углеродного баланса болотных экосистем разного размера на изменения климата и антропогенное воздействие» (руководитель Е.А.Головацкая).

По результатам экспедиционных измерений 2012 г. выполнена оценка зависимости составляющих углеродного баланса исследуемых болотных экосистем от климато-экологических факторов; выполнена оценка влияния техногенного воздействия Томского водозабора и лесомелиорации на углеродный баланс и современное развитие болотных экосистем; определены запасы углерода в торфяной залежи исследуемых болотных экосистем и скорость депонирования углерода в течение голоцена голоцена; проведено картирование ключевых участков.

Исследования проводились на болотном стационаре «Васюганье» ИМКЭС СО РАН на олиготрофном болоте «Бакчарское» на следующих типах болотных комплексов: сосново-кустарничково-сфагновые фитоценозы (высокий и низкий рямы), осоково-сфагновая топь, грядово-мочажинный комплекс. Для оценки антропогенного влияния на углеродный баланс выбраны болотные экосистемы «Кирсановское» и «Тимирязевское», расположенные на территории Обь-Томского междуречья и находящиеся в зоне влияния Томского водозабора. Исследуемые растительные сообщества представлены сосново-кустарничково-сфагновыми рямами и осоково-сфагновыми топиями.

В результате проведенных исследований выявлена суточная динамика эмиссии CO₂ с поверхности торфяной залежи олиготрофных фитоценозов. Максимальная эмиссия наблюдается в вечернее время (19:00 – 22:00), минимальная в утренние часы (4:00-7:00). Средняя интенсивность эмиссия CO₂ с поверхности торфяной залежи нативных олиготрофных болот (Бакчарское) в 2012 году имеет близкие значения с эмиссией CO₂ в поверхности болот испытывающих антропогенную нагрузку. Интенсивность выделения метана выше на топяных участках по сравнению с рямовыми, как в нативных условиях, так и в зоне действия Томского водозабора.

На основании данных по содержанию углерода в торфе, плотности торфа и мощности исследуемых торфяных залежей был выполнен расчет общих запасов углерода во всей торфяной толще для каждого исследуемого фитоценоза, которые

изменяются от 46 до 206 кг/м² в зависимости от мощности торфяной залежи. Существенную роль играет также плотность торфа слагающего торфяную залежь, которая может изменяться в очень широких пределах, как для олиготрофного (41-157 г/м³), так и для эвтрофного (76-540 г/м³) болот.

Средняя скорость накопления углерода в изученных торфяных залежах «Бакчарского» болота составляет в среднем для олиготрофного болота 19,2 гС/м²год, изменяясь от 11,4 до 26,0 гС/м²год. Для эвтрофного болота скорость накопления углерода выше – 23,0 (20,2-27,0) гС/м²год. Для болот КУ «Тимирязевский» скорость депонирования углерода – 22,5 (12,6-35,5) гС/м²год, с минимальными значениями на топяных участках.

В результате длительного воздействия Томского водозабора наиболее трансформированными оказались полугидроморфные и гидроморфные ландшафты в зоне воздействия первой очереди водозабора на поверхностях Тимирязевской ложбины стока. Примером сопряженной трансформации болотных фитоценозов в ложбинах стока является геоморфологический профиль, пересекающий высокие гривы и межгривные понижения занятые болотами. В настоящее время на территории отмечаются масштабные процессы обсыхания и ускоренной минерализации торфа. Показателем ускоренной минерализации является изменение плотности торфа. Запас углерода в 1 см слоя площадью 1 м² наибольший в иссушенных торфяниках и составляет 1,72 кг/м², а в неиссушенных – 0,30-0,38 кг/ м². Запасы углерода в залежах соответственно зависят от мощности залежи и плотности торфа. Иссушенные торфяные залежи, несмотря на их небольшую современную мощность сравнимы по запасам углерода с неиссушенными рядами с мощностью торфа до 3 м.

Проект № 10-04-01616/а «Исследование филогеографии сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на основании анализа изменчивости цитоплазматических геномов» (руководитель – Е.А.Петрова).

Проведены экспедиционные исследования на северной (Лабытнанги, Ямало-Ненецкий АО) и восточной (Алданское нагорье, Республика Саха (Якутия)) границах распространения кедра сибирского с целью характеристики генетической изменчивости молодых, инвазивных популяций вида. Из растительного материала, привезенного из экспедиций, проведено выделение ДНК. Отработаны условия ПЦР и проведен анализ длины с помощью электрофореза в агарозном геле пяти фрагментов мт-ДНК (*nad1exon1*, *nad3*, *atp6*, *rps14*, *cob*). Проанализированы образцы из 9 популяций Западной и Восточной Сибири, Урала, республики Коми и Бурятии. Полиморфизм по длине исследуемых фрагментов не обнаружен. Для уточне-

ния данных о наличии внутривидового полиморфизма мтДНК у кедра сибирского введено секвенирование фрагмента *atp6* трех растений из экотипов с Западного Саяна, Байкальского региона и с севера Западной Сибири, для исследования внутриорганизменного полиморфизма проведено молекулярное клонирование данного фрагмента.

Для определения генома хлоропластов кедра *Pinus sibirica* с использованием систем MPSS (массового параллельного секвенирования) в 2012 году была разработана методика выделения хлоропластов из хвои в значительных количествах (достаточных для последующего выделения ДНК в необходимых для анализа на системах MPSS) с высоким коэффициентом очистки от хроматина и митохондрий. Были выделены хлоропласты из 11 растений, представляющих основные регионы распространения кедра сибирского. Также была существенно усовершенствована методика выделения ДНК из хлоропластов, что позволило выделить ДНК высокого молекулярного веса в достаточных количествах. С использованием ДНК одного из растений были приготовлены две библиотеки случайных фрагментов длиной 800-1000 н.п., отличающиеся распределением фрагментов по длине, для дальнейшего анализа на платформе Roche FLX Genome Sequencer. Библиотеки были полностью охарактеризованы в соответствии с требованиями платформы Roche FLX, показали высокое качество, и подготовлены для последующего анализа на платформе Roche FLX в ЦКП СО РАН «Геномика» (ИХБФМ СО РАН). Выполнение секвенирования перенесено на следующий год по не зависящим от участников проекта обстоятельствам (в связи с необходимостью замены реактивов стартового набора Roche FLX).

Проведен анализ изменчивости четырех хлоропластных микросателлитных локусов в популяциях с северной и восточной границ распространения кедра сибирского, а также обобщение данных об изменчивости этих локусов в 24 популяциях вида. Проведен сравнительный анализ изменчивости ядерных генов, кодирующих ферменты (24 локуса), и микросателлитных повторов некодирующей части хлоропластного генома (4 локуса) в 18 популяциях кедра сибирского из различных регионов ареала.

Степень новизны полученных результатов:

Исследование изменчивости цитоплазматических геномов *Pinus sibirica* было проведено впервые. Создана коллекция образцов ДНК сосны кедровой сибирской - около 450 образцов из 24 популяций, географическая локализация которых охватывает значительную часть видового ареала. За весь период выполнения проекта с помощью различных методов исследованы фрагменты мтДНК *nad1int2*, *nad7intron1*, *nad3*, *cob*, *atp6*, *rps14*, впервые установлена последовательность фрагмента *nad7intron1*, она размещена в базе данных NCBI (JQ240430) (Petrova et al.,

2011). С помощью метода *молекулярного клонирования* выявлен внутриорганизменный полиморфизм локуса *atrб*. Описано уникальное явление – размер фрагмента мтДНК (*nad1int2*), ранее считавшийся мономорфным у кедра сибирского, на восточной границе распространения вида значительно меньше и соответствует таковому у кедрового стланика. Впервые выявлен полиморфизм и охарактеризована изменчивость хлоропластных микросателлитных локусов *P. sibirica*, проведен сравнительный анализ структуры изменчивости маркеров хлоропластного и ядерного геномов.

Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем:

В связи с развитием филогеографического направления в последние годы сделан необычайный прорыв в понимании послеледниковой экспансии животных и растений Европы и Берингии и плейстоценовых изменений их ареалов. Для целого ряда европейских видов найдены гибридные зоны между расами и подвидами, простирающиеся через Центральную Европу с севера на юг и разделяющие их геномы на западную и восточную формы (Hewitt, 2001). В связи с этим проведение филогеографических исследования у российских видов лесообразующих пород является актуальным. В филогеографических исследованиях представителей семейства *Pinaceae* наравне с митохондриальными маркерами широко используют маркеры хлоропластной ДНК, т.к. у этих видов митохондрии наследуются исключительно по материнской линии, а хлоропласты – по отцовской (Neale, Sederoff, 1989). Считалось, что маркеры цитоплазматических геномов, в отличие от ядерных, должны характеризоваться высокой межпопуляционной и низкой внутрипопуляционной изменчивостью (Petit et al., 1993), при этом подразделенность митохондриальных генофондов, как правило, выше, чем хлоропластных (Petit et al., 1993, 2005). Поток генов митохондриальной ДНК, переносимый исключительно семенами, имеет выраженную географическую структуру и тесно связан с историей расселения вида (Dong, Wagner, 1994). В настоящее время на основании анализа полиморфизма мтДНК и хпДНК определены основные пути миграции из послеледниковых рефугиумов многих лесных видов хвойных Европы и Северной Америки. В этих исследованиях чаще всего используют маркеры некодирующих участков мтДНК, а именно интронов генов субъединиц NADH-дегидрогеназы. (чаще – интрон 2 локуса *pod 1*). Например, при исследовании обширной выборки *Pinus sylvestris* выявлены 2 варианта по длине *nad1int2* и три варианта *nad7int1*, межпопуляционная подразделенность составляет $G_{ST} = 0,657$. Анализ данных позволил выявить вклады различных рефугиумов в современный генетический пул вида, в частности сделано новое заключение об исторической отдельности популяций сосны обыкновенной севера Европы и Балтики (Naydenov et al., 2007). Сосна гибкая (*Pinus flexilis*) оказалась

еще более разнообразна – обнаружено 8 вариантов разного размера *nad1int2*, подсчитано, что около 80% изменчивости приходится на межпопуляционную (Mitton et al., 2000). Максимальная географическая структурированность генофонда ($G_{ST}=1$) наблюдается у сосны приморской (*Pinus pinaster*), у которой на основе анализа *nad1int2* выделено 3 не перекрывающихся района, заселенных из различных рефугиумов (Burban, Petit, 2003). Нами для исследования митохондриальной ДНК кедра сибирского также использованы фрагменты некодирующих последовательностей, и общепринятые в мировой практике методы анализа. Обнаружен внутриорганизменный полиморфизм по локусу *atr6*. Наиболее ярким результатом следует признать информацию о размере фрагмента *nad1int2* у растений, фенотипически отнесенных к кедру сибирскому, произрастающих на Алданском нагорье в зоне гибридизации с кедровым стлаником. Размер данного фрагмента, который ранее считался мономорфным в пределах ареала кедра сибирского (Gugerly et al., 2001, Petrova et al., 2011), соответствует размеру *nad1int2* у кедрового стланика, что может являться еще одним доказательством межвидовой интрогрессии цитоплазматических геномов у видов *Strobus* (Tsutsui et al., 2009). Других данных о внутривидовом полиморфизме мтДНК кедра сибирского не получено.

Значительная изменчивость хлоропластных микросателлитных локусов (cpSSR) – распространенное явление среди видов *Pinus*. Средние значения гаплотипического разнообразия (H) установлены у различных видов сосен: *P. leucodermis* ($H=0,316$) (Powell et al., 1995), *P. halepensis* ($H=0,596$) (Morgante et al., 1997), *P. resinosa* ($H=0,568$) (Echt et al., 1998), *P. sylvestris* ($H=0,987$) (Provan et al., 1998), *P. pinaster* ($H=0,737$) (Vendramin et al., 1998). Полученные нами оценки гаплотипического разнообразия по четырем локусам ($H=0,557$), находятся ближе к нижнему пределу значений, установленных для других видов сосен; для адекватного сравнения необходим унифицированный набор маркеров. Например, при анализе популяций таксономически близкого кедру сибирскому вида, сосны кедровой европейской, из Карпат, по шести хлоропластным микросателлитным локусам среднее гаплотипическое разнообразие H составило 0,917 (Hohn et al., 2005), а по трем локусам – 0,530 (Hohn et al., 2009).

Согласно полученным в последние десятилетия данным, межпопуляционная подразделенность по локусам cpSSR у хвойных растений в целом невелика, ниже, чем по локусам, расположенным в ядерном геноме, что связано с активным переносом пыльцы ветром между популяциями (Provan et al., 2001). По нашим данным, крайне значительная часть изменчивости cpSSR кедра сибирского обусловлено межпопуляционной компонентой. Полученные оценки подразделенности популяций вида по аллозимным локусам выше и соответствуют ранее полученным дан-

ным (Петрова и др., 2009). Анализ литературы показал, что подразделенность зависит от степени изолированности популяций исследуемого вида. Так, средняя степень подразделенности ($F_{ST}=0,13$) обнаружена при исследовании реликтового, эндемичного для Мексики вида сосен *Pinus nelsonii* (Cuenca et al., 2003). Подразделенность ареала сосны кедровой европейской на две части (Альпы и Карпаты) вносит 3% в тотальную изменчивость хлоропластных локусов, в то время как в пределах этих локальностей популяции различаются на 4% и 19% соответственно (Hohn et al., 2009). Изоляция расстоянием материковых и островных популяций сосны веймутовой *P. strobus* гораздо сильнее сказалась на их подразделенности по аллозимным локусам, нежели по cpSSR маркерам (Mayers et al., 2007). В литературе активно обсуждается природа изменчивости и скорость мутирования локусов, содержащих простые повторы, их применимость для экологических и эволюционных исследований (Provan et al., 1999, Provan et al., 2001, Pettit et al., 2005). Высокое разнообразие гаплоидных вариантов у кедра сибирского, вероятно всего, говорит о соответствии пошаговой модели мутирования (SMM, Kimura & Ohta 1978). Возможно, именно высокая степень внутри- и межпопуляционной размерной гомоплазии аллельных вариантов микросателлитов (Estoup et al., 2002) не позволила выявить географическую структурированность изменчивости хлоропластной ДНК кедра сибирского.

1.2.5. ОТЧЕТ О РЕЗУЛЬТАТАХ РАБОТЫ СИБИРСКОГО ЦЕНТРА КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАЗОВАНИЯ (СЦ КЛИО)

В течение года выполнялась следующая работа: поддержка работы двуязычного сайта СЦ КЛИО (<http://scert.ru/>). Поддержка работы двуязычной информационной системы по окружающей среде - веб сайта ENVIROMIS (<http://enviromis.scert.ru/>).

Выполнен проект РФФИ 12-07-06811-моб_г. В рамках этого проекта организована Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2012.

Выполняется проект APN “Capacity building to study and address climate change induced extremes in Northern Asia” (Исследование экстремальных проявлений глобального изменения климата на территории Северной Евразии). В ходе вы-

полнения проекта АПН был организован Симпозиум APN (MAIRS/NEESPI/SIRS), посвященный экстремальным проявлениям глобального изменения климата на территории Северной Евразии. Ведется запуск тематического образовательного портала.

1. Результаты, полученные при выполнении научных и научно-организационных проектов

В рамках проекта РФФИ 12-07-06811-моб_г организована Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2012. В ходе выполнения проекта АПН был организован Симпозиум APN (MAIRS/NEESPI/SIRS), посвященный экстремальным проявлениям глобального изменения климата на территории Северной Евразии, который явился продолжением конференции ENVIROMIS-2012. Мероприятие проходило 24 июня - 2 июля 2012 года в г. Иркутске.

Научная программа конференции включала 6 последовательных тематических секций, где были представлены новые результаты по следующим направлениям: климатические изменения в Северной Евразии; моделирование регионального климата; наземные экосистемы Северной Евразии и глобальные биогеохимические циклы; перенос загрязнений и изменения климата; социо-экономические и экологические последствия изменений климата и связанные с ними экстремумы; организационная, инструментальная и информационно-вычислительная инфраструктура региональных исследований окружающей среды Северной Азии. Две последние секции были совместными с симпозиумом APN (MAIRS/NEESPI/SIRS). Кроме того, программа симпозиума включала секции, где были рассмотрены метеорологические экстремумы и изменения климата Северной Евразии; экстремальные засухи и наводнения; геосферно-биосферные взаимодействия и связанные с ними экстремальные ситуации. В качестве образовательной компоненты мероприятия на конференции и симпозиуме были представлены лекции и приглашенные доклады ведущих специалистов из России, Европы и США, в которых была отражена новая информация по важнейшим направлениям наук об окружающей среде. Молодые ученые представили устные доклады и краткие устные сообщения. Работали стендовые секции, где были представлены развернутые материалы кратких устных сообщений. В последний день работы конференции была проведена практическая секция, где участники ознакомились с экологическим состоянием прибрежной зоны оз. Байкал. Программа конференции размещена на сайте мероприятия http://www.scert.ru//enviromis/2012/env12pr_presented.pdf, там же будут размещены презентации сделанных на конференции выступлений.

В работе мероприятия приняли участие 162 представителя 49 научных организаций, из них 83 – молодые ученые. Среди участников 21 представитель 19 зарубежных организаций (Узбекистан -1, Финляндия – 1, Англия - 1, Германия – 1, Франция – 1, Дания – 1, США – 8, Китай – 3, Монголия – 4). Российские участники представляли 30 научных институтов: из Томска (4), Москвы (9), Новосибирска (5), Иркутска (5), Красноярска (3), по одному институту из Барнаула, Обнинска, Якутска, Улан-удэ.

К началу мероприятия был выпущен сборник кратких текстов докладов, отобранных для публикации Программным комитетом.

В рамках проекта АПН “Capacity building to study and address climate change induced extremes in Northern Asia” ведется запуск тематического образовательного портала (http://project.enviromis.scert.ru/apn/apn_extremes), где будут размещены материалы исследований экстремальных проявлений глобального изменения климата на территории Северной Евразии, выполненных учеными из России, США, Китая, Монголии.

В 2012 г. продолжалась работа по включению Центра и/или ИМКЭС в новые международные проекты.

1.2.6. ЭКСПЕДИЦИОННАЯ РАБОТА.

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

В 2012 году экспедиционная работа проводилась по трем проектам:

1. «Мониторинг -2012» (2 отряда). Целью экспедиции являлось продолжение многолетних наблюдений, направленных на получение данных для сравнительного анализа изменений мезо- и микроклиматических характеристик; характеристик углеродного обмена; радиационного и теплового балансов в различных экосистемах и средах; исследование стратиграфии, динамики и генезиса болотных экосистем и наблюдение за современными изменениями водных режимов и биоразнообразия растительных сообществ, скорости аккумуляции торфа в различных болотных экосистемах Западной Сибири, продолжение многолетних исследований геохимии торфяных отложений для реконструкции и прогноза климатических изменений и оценки антропогенного влияния на загрязнение окружающей среды; изучение современных ритмов геодинамических процессов на территории Сибири; полевые испытания геофизического метода, основанного на регистрации ОНЧ-радиометром

естественных импульсных электромагнитных полей Земли (ЕИЭМПЗ) на магистральных газопроводах РФ.

Экспедиционные работы проводились на стационаре «Васюганье» в районе БВБ в 200 км от г. Томска (Бакcharский район) в период май-сентябрь, на территории Обь-Томского междуречья в Томском районе Томской области. Совместно с ООО «ГЕОТЭК» было проведено полевое обследование трассы магистрального газопровода «УКПГ-2 Нижне-Квакчинского ГКМ – АГРС г. Петропавловска-Камчатского».

2. Геоэкологическая экспедиция «Синергия-2012» (1 отряд). Маршрутные и стационарные исследования по экспедиционному проекту осуществлялись в период с 1 июля по 1 октября 2012 г. на территории Республики Алтай.

Для выполнения запланированных исследований собран и обобщен полевой материал на ранее выбранных типовых участках в характерных экологических условиях. Продолжено формирование информационной базы по комплексу показателей для определения энергетической характеристики и экологической емкости геосистем (в том числе в условиях хозяйственной деятельности) по основным видам природопользования; для изучения адаптационных возможностей геосистем различного ранга к изменениям климатических показателей (температурного режима и влажности). Весь собранный материал использован для наполнения моделей динамики современных процессов пространственного перераспределения вещества в изменяющихся климатических условиях.

3. «Экосистема -2012» (3 отряда). Комплексный подход к исследованиям и сложность объектов изучения потребовал привлечения в экспедиционные отряды широкого круга специалистов: лесоводов, геоботаников, почвоведов, физиологов, генетиков, ресурсоведов, зоологов, географов, гидрологов. В составе экспедиционных отрядов работали 34 штатных сотрудника (в т.ч. 3 доктора наук, 19 кандидатов наук) и 6 аспирантов. В качестве временных работников привлекались студенты профильных факультетов Томского государственного университета, проходящие производственную практику на базе отделения экологических исследований ИМ-КЭС СО РАН. В зону экспедиционных исследований были включены Томская, Новосибирская, Кемеровская и Читинская области, Республики Алтай, Бурятия. В высокогорьях Северо-Чуйского хребта, на Становом нагорье, в подзонах подтайги, южной и средней тайги Западной Сибири были заложены новые полигоны и ключевые участки. Основные наблюдения проводились с мая по сентябрь включительно. Экспедиционные исследования разнообразия, структуры, пространственной и временной изменчивости лесных экосистем в 2012 году проводились с использованием ранее заложенных ключевых участков, пробных площадей и ландшафтно-

экологических профилей, а также вновь созданных новых научных объектов (60 постоянных и временных пробных площадей и экологических трансект).

В отчетном году также продолжались исследования на стационарах: «Киреевск», «Васюганье», «Кедр», «Таежный».

Отчеты по экспедициям и стационарам в соответствии с требованиями представлены в ОУС по наукам о Земле и председателю комиссии СО РАН по стационарам ак. РАН А.Г.Дегерменджи.

II. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА

1.1. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧЕНОГО СОВЕТА.

В отчетном году было проведено 18 заседаний Ученого совета. На заседаниях рассматривались следующие вопросы:

- утверждение организационной структуры Института
- обсуждение и утверждение важнейших достижений по итогам уходящего года
- об охране труда
- отчеты по интеграционным проектам СО РАН
- обсуждение новых научных направлений
- обсуждение заявок на конкурс базовых проектов в Программу СО РАН на 2013-2016 гг.
- обсуждение результатов работ молодых ученых, получивших финансирование по научным темам
- отчеты по научным проектам
- доклады молодых ученых
- отчеты и планы по экспедиционным работам
- рассмотрение основных заданий к плану НИР на 2013 год
- обсуждение и утверждение решений Комиссии по предварительным результатам оценки ПРНД
- об организации учебного процесса
- обсуждение Положения о совместной лаборатории геосферных и биосферных процессов с АГУ
- о выдвижении цикла статей Поднебесных Н.В. на соискание медали РАН для молодых ученых 2012 г.
- обсуждение работ, представляемых на конкурсы СО РАН
- рассмотрение и утверждение заявки в тематический план выпуска изданий СО РАН
- информация о выполнении требований ФЗ №183 «Об экспортном контроле»
- кадровые вопросы
- выдвижение кандидатуры на получение стипендии работникам организаций оборонно-промышленного комплекса
- о поддержке кандидатуры Ратахина Н.А. на должность председателя Президиума ТНЦ СО РАН
- о привлечении к научному руководству аспирантами кандидатов наук
- вручение почетных грамот
- вручение удостоверений «Заслуженный ветеран СО РАН»
- различного рода информация.

Состав утвержденного Президиумом СО РАН (ПСО № 437 от 29.06 2008 г.) Ученого совета включает 21 человек, из них: 2 чл.-корр. РАН, 13 докторов наук и 6 кандидатов наук.

2.2. КАДРЫ

Общая численность штатных сотрудников, в том числе	276 чел.
- научных сотрудников	111 чел.
- чл.-корр. РАН	2 чел.
- докторов наук	14 чел.
- кандидатов наук	60 чел.
- научных сотрудников без степени	35 чел.
Молодых научных работников (до 33 лет)	29 чел.
Количество аспирантов очного и заочного обучения	18 чел.

Средний возраст докторов наук – 64 года

Средний возраст кандидатов наук – 46 лет

Средний возраст научных сотрудников (без степени) – 33 года

За отчетный период уволился 1 научный сотрудник без степени.

Членство в различных советах и научных сообществах:

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

- член Американского физического общества,
- член Бюро 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.

Зуев В.В., член-корреспондент РАН, профессор:

- член Объединенного ученого совета по наукам о Земле,
- член редколлегии журнала «Известия РАН. Серия "Физика атмосферы и океана"»,
- член редколлегии журнала «Оптика атмосферы и океана» (зам. гл. редактора),
- член редакционного совета журнала «Вестник Сибирского федерального университета»,
- член диссертационного совета Д003.007.01

Крутиков В.А., доктор физико-математических наук:

- член Общего собрания РАН
- член Объединенного ученого совета по наукам о Земле,
- член Общего собрания СО РАН

Тихомиров А.А., доктор технических наук, профессор:

- член Объединенного Ученого совета по физико-техническим наукам,
- член диссертационного совета Д 212.268.04 при ТУСУР;
- член диссертационного совета Д 003.029.01 при ИОА СО РАН;
- член Общего собрания СО РАН

Дюкарев А.Г., доктор географических наук

- член диссертационного совета Д.212.267.15
- член Объединенного ученого совета по биологическим наукам
- член экспертного совета Всероссийского студенческого конкурса «Эколог 21 века»
- член Всероссийского Докучаевского общества почвоведов.

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

Ипполитов И.И., доктор физико-математических наук, профессор:

- член дисс. совета Д 212.267.14 при ТГУ

Нагорский П.М., 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»
- член Русского географического общества

Красненко Н.П., доктор физико-математических наук, профессор:

- член диссертационного совета Д 212.268.04
- член Российского акустического общества, руководитель Томского регионального Отделения
- член Европейской акустической ассоциации.

Тимошок Е.Е., доктор биологических наук:

- член диссертационного совета Д 212.267.09
- член Русского ботанического общества

Гейко П.П., доктор физико-математических наук

- член диссертационного совета Д 212.268.04
- член ученого совета радиофизического факультета ТГУ
- член Американского оптического общества
- чл.-корр. РАЕ

Дюкарев Е.А., кандидат физико-математических наук:

- член Американского геофизического общества (AGU)

Богушевич А.Я., кандидат физико-математических наук:

- член Российского акустического общества

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. – члены Русского энтомологического общества.

Тимошок Е.Е., д.б.н., Горошкевич С.Н., к.б.н., Велисевич С.Н., к.б.н., Николаева С.А., к.б.н., Скороходов С.Н., Диркс М.Н., к.б.н., Зотикова А.П., к.б.н., Бендер О.Г., к.б.н., Петрова Е.А., к.б.н., Чернова Н.А., к.б.н., Васильева Г.В., Попов А.Г., Жук Е.А. – члены Русского ботанического общества.

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 31.12.2012 года послевузовское профессиональное образование с отрывом от производства (очно) получали 16 аспирантов и 1 аспирант заочного обучения. Средний возраст аспирантов 25 лет.

На начало 2012 года численность аспирантов составляла 17 очников и 1 заочник.

Институт имеет Лицензию на право ведения образовательной деятельности (регистрационный номер 0300 от 18 ноября 2010 года) в соответствии с которой аспирантами очного и заочного обучения диссертационные работы выполняются по следующим специальностям.

Шифр и наименование специальности	На 31.12.2012г.	
	очно	заочно
Аспиранты		
01.04.03 – Радиофизика Шендрик	1	-
01.04.05 – Оптика Петров	1	-
03.02.01 – Ботаника Райская, Суязов, Хихлова	3	-
03.02.08 – Экология (по отраслям) Керчев, Никонова	2	-

05.11.07- Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы	-	-
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ Кравченко, Сабилов	2	-
25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы Морару, Богушевич, Морозова	3	-
25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология Савельева	1	-
25.00.36 – Геоэкология (по отраслям) Кабанов, Беккеров, Корф, Шумакова	3	1
Итого	16	1
Соискатели		
	Подготовка диссертации	Сдача экзаменов
01.04.03 – Радиофизика Чурсин В.А., Кудрявцев А.Н.	2	-
03.02.08 – Экология (по отраслям) Тимошок Е.Н.	-	1
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ Богомолов В.Ю.	-	1
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ Маркелова А.Н.	-	1
Итого	2	3

В течение 2012 года закончили теоретический курс очного обучения 6 аспирантов (Ветрова О.В., Груздева С.В., Маркелова А.Н., Мизеева А.С., Раков А.С., Татаринцева И.И.); окончил аспирантуру с представлением диссертации на научном семинаре Кобзев А.А.; защитил кандидатскую диссертацию досрочно Полищук В.Ю.; выбыло по собственному желанию 2 аспиранта (очного обучения Ракова Е.В., заочного обучения Сирицына Н.В.); восстановился в очной аспирантуре 1 (Кабанов С.А.).

Из окончивших очную аспирантуру восьми аспирантов, трудоустроены в ИМКЭС СО РАН на должность младшего научного сотрудника 3 (Полищук В.Ю., Кобзев А.А., Маркелова А.Н.); 3 выпускника занимают инженерные должности (Ветрова О.В., Раков А.С., Татаринцева И.И.).

В течение года в рамках аспирантуры работали приемная комиссия и комиссия по приему вступительных экзаменов по специальностям; аттестационная комиссия, осуществлявшая аттестацию работы аспирантов за 2011/2012 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 (Беккеров А.А., Богушевич Е.А., Кравченко М.П., Корф Е.Д., Морозова В.В., Никонова Л.Г., Сабиров В.В.), заочной аспирантуры 1 (Шумакова Д.М.). Все вновь принятые аспиранты выпускники ВУЗов 2012 года: ТПУ -5 магистров (Корф Е.Д., Морозова В.В., Кравченко М.П., Сабиров В.В., Шумакова Д.М.);

ТГУ – 1 магистр (Богушевич Е.А.); ТГПУ – 1 магистр (Никонова Л.Г.); ТУСУР – диплом специалиста (Беккеров А.А.).

На заседаниях аттестационной комиссии заслушаны отчеты аспирантов очной формы обучения о результатах работы за 2011/2012 учебный год: переведены на второй год обучения 4 аспиранта (Морару Е.И., Райская Ю.Г., Савельева Е.С., Шендрик Д.А.), на 3 год – 3 аспиранта (Керчев И.А., Петров Д.В., Суязов Н.С.); а также рассмотрены темы и планы диссертационных работ аспирантов приема 2012 года.

Пройдя подготовку на кафедре философии при ТНЦ, сдали кандидатские экзамены по истории и философии 4 аспиранта; кафедра иностранных языков ТНЦ подготовила к сдаче кандидатского экзамена 5 аспирантов и двух соискателей; кандидатские экзамены по специальности в рамках аспирантуры сдал 1 аспирант очного обучения.

В 2012 году досрочно защитил кандидатскую диссертацию с присуждением степени кандидата технических наук Полищук В.Ю.; кандидатские диссертации защитили сотрудники Института Курьина И.В. (выпуск 2009 года), Ляпина Е.Е.(выпуск 2006 года), Шульгина Т.М.(выпуск 2010 года), Раков Д.С. (выпуск 2009 года), Кузнецов А.С. (выпуск 2010 года), Чередыко Н.Н., Логинов С.В. Всего 8 защит в диссертационных советах ТГУ (3), ТПУ (1), ТУСУР (1), Алтайского государственного университета (1), Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (1), ИОА СО РАН (1).

Научное руководство аспирантами в течение 2011/2012 учебного года осуществляли доктора наук Зуев В.В. (2 очника, специальности 25.00.29; 25.00.30); Ипполитов И.И. (1 очник, специальность 25.00.29), Красненко Н.П. (1 очник, специальность 01.04.03), Поздняков А.В. (1 очник, специальность 25.00.36), Тартаковский В.А. (2 очника, специальность 05.13.18); Тимошок Е.Е. (1 очник, специаль-

ность 03.02.01); Тихомиров А.А. (1 очник, специальность 25.00.29), Гордов Е.П. (1 очник специальность 25.00.36), Горошкевич С.Н. (2 очника, специальность 03.02.01); кандидаты наук Бородавко П.С. (1 очник, специальность 25.00.36), Булдаков М.А. (1 очник, специальность 01.04.05), Кривец С.А. (1 очник, специальность 03.02.08), Головацкая Е.А. (1 очник, специальность 03.02.08), Дюкарев Е.А.. (1 заочник, специальность 25.00.36).

На 01.01.2013 года научное руководство осуществляют 14 сотрудников Института, из них 9 докторов и 5 кандидатов наук.

Аспиранты участвовали в VIII Всероссийском симпозиуме «Контроль окружающей среды и климата» (ИМКЭС СО РАН, 1- 3 октября 2012 года). Доклады, авторами или соавторами которых являлись аспиранты Керчев И.А., Морару Е.И., Мизеева А.С., Петров Д.В., Кобзев А.А., Райская Ю.Г., включены в сборник материалов симпозиума. В рамках симпозиума проводился конкурс докладов молодых ученых, среди победителей которого были аспиранты Петров Д.В., Мизеева А.С.

Аспиранты Суязов Н.С. и Морару Е.И. выступили с докладами на Пятой Всероссийской конференции молодых ученых «Материаловедение, технологии и экология в третьем тысячелетии».

В ежегодном научном семинаре аспирантов и молодых ученых, проводившемся 7 декабре 2012 г., приняли участие 4 аспирантов (Петров Д.В., Морару Е.И., Савельева Е.С., Керчев И.А.) и соискатель Тимошок Е.Н.

В соответствии и Постановлением Правительства РФ от 8.12 2010 года № 991 и Приказом Минобрнауки от 24.08.2012 г. № 654, а также письмом заместителя министра Минобрнауки Федюхина И. от 23.10.2012 № ИФ-710/13, Распоряжением Президиума СО РАН от 19.10.2012г. № 15000-509 с 1 сентября 2012 года стипендия для аспирантов очников установлена в размере 6000 рублей в месяц, если тематика диссертаций, которые подготавливают аспиранты, относится к «физико-математической, химической, биологической, технической, сельскохозяйственной или медицинской отрасли наук или к наукам о Земле».

Все специальности аспирантуры ИМКЭС СО РАН, соответственно и диссертации, относятся к физико-математической, биологической, технической отраслям наук или к наукам о Земле.

2.3. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

1. Сотрудники, выезжавшие в загранкомандировки в течение года

№ п/п	Ф.И.О.	Сроки выезда	Принимающая организация	Цель выезда	Порядок документально-го оформления работы
1.	Гордов Е.П. , г.н.с. МИЦ КЭИ	21.04.12 – 10.05.12	Оргкомитет Ассамблеи, Вена, Австрия, IIASA, Лаксен- бург, Австрия	Участие в работе Генеральной Ас- самблеи Евро- пейского геофи- зического союза EGU-2012 Работа в Между- народном инсти- туте прикладно- го системного анализа (IIASA) по подготовке совместной заяв- ки в 7 рамочную программу ЕС	Командировка
		01.10.12 – 06.10.12	Оргкомитет конференции, Хельсинки, Финляндия	Участие в сове- щании «Пан- Евразийский эксперимент»	Командировка
		22.10.12 – 28.10.12	Оргкомитет конференции, Вена, Австрия	Участие в кон- ференции, по- священной 40- лети IIASA	Командировка
2.	Харюткина Е.В. м.н.с., ЛФКС	21.04.12 – 30.04.12	Оргкомитет Ассамблеи, Вена, Австрия,	Участие в работе Генеральной Ас- самблеи Евро- пейского геофи- зического союза EGU-2012	Командировка
		05.08.12 – 13.08.12	Оргкомитет конференции, Берлин, Герма- ния	Участие в работе международной конференции “Международ- ный радиацион- ный симпозиум- 2012”	Командировка
3.	Шульгина Т.М., м.н.с. МИЦ КЭИ	21.04.12 – 30.04.12	Оргкомитет Ассамблеи, Вена, Австрия,	Участие в работе Генеральной Ас- самблеи Евро- пейского геофи-	Командировка

				зического союза EGU-2012	
		07.10.12 – 14.10.12	Оргкомитет конференции, Потсдам, Гер- мания	Участие в 3-ей международной конференции по анализу и моде- лированию дан- ных в науках о Земле (DAMES- 2012)	Командировка
4.	Татаринцева И.И., н.с. ЛДЭ	19.05.12 – 28.05.12	Арборетум Софронка, Пльзень, Чехия	Научная работа по сбору генети- ческого материа- ла	Командировка
5.	Головацкая Е.А., с.н.с. ЛФКС	02.06.12 – 10.06.12	Оргкомитет конгресса, Стокгольм, Швеция	Участие в работе конгресса по торфу IPC-2012	Командировка
6.	Шелехова Е.А., м.н.с., ЛГБВ	18.06.12 – 03.07.12	Афинский на- циональный технический университет, Порто Хели, Греция	Участие в 26-й международной конференции по лазерным радарам (ILRC)	Командировка
		22.09.12 – 02.10.12	Оргкомитет конференции, Эдинбург, Великобрита- ния	Участие в кон- ференции «SPIE Europe Remote Sensing -2010»	Командировка
7.	Бляхарчук Т.А., с.н.с. ЛМЛЭС	23.08.12 – 30.08.12	Оргкомитет конгресса, Токио, Япония	Участие в 13-м Международном Палинологичес- ком Конгрессе	Командировка
		25.11.12 – 01.12.12	DAAD, Потсдам Гер- мания	Участие в науч- ном типе «Under- standing of Biodi- versity and Cli- mate Change»	Командировка
8.	Андреев Ю.М., г.н.с. ЛГБВ	15.08.12 – 13.09.12	Оргкомитет конференции, Чангчунь, КНР	Участие в меж- дународной конференции LIMIS-2012	Командировка
9.	Тартаковский В.А., зав. ЛБИТ	17.09.12 – 20.09.12	Морской гид- рофизический институт НА- НУ, г. Севастополь,	Участие в меж- дународной конференции «Риски природ- ных катастроф и	Командировка

			Украина	методы минимизации их последствий», обсуждение совместных исследований.	
10.	Верозубова Г.А., с.н.с. КТЛ	26.09.12 – 30.09.12	Оргкомитет конференции, Бангкок, Тайланд	Участие в международной конференции оп прогрессу в материаловедении и технике (2012ASME)	Командировка
11.	Ляпина Е.Е., м.н.м. ЛФКС	04.10.12 – 08.10.12	Оргкомитет конференции, Семипалатинск, Казахстан	Участие в VII Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде»	Командировка
12.	Бородавко П.С., сн.с. ЛСГ	14.11.12 – 22.11.12	Университет Савойи, Геопарк «Массив де Бож», Шамбери, Франция	участие в работе школы-семинара UNESCO«Сохранение геологического наследия»	Командировка
13.	Поднебесных Н.В., м.н.с. ЛФКС	30.11.12 – 09.12.12	Оргкомитет конференции, Сан-Франциско, США	Участие в осенней сессии AGU	Командировка

Число выездов сотрудников в загранкомандировки в течение года

Страна	Всего выездов	Краткосрочные (до 6 мес.)	Сроком от 6 мес. до 1 г.	Более 1 года	Научная работа	Конференции
Австрия	4	4				4
Чехия	1	1			1	
Швеция	1	1				1
Греция	1	1				1
Германия	3	3				3
КНР	1	1				1

Великобритания	1	1				1
Финляндия	1	1				1
США	1	1				1
Япония	1	1				1
Тайланд	1	1				1
Франция	1	1				1
Украина	1	1				1
Казахстан	1	1				1
ИТОГО	19	19			1	18

2. Темы, по которым велось сотрудничество и его результаты

№ п/п	Название темы	Название зарубежного научного центра, адрес	Координаторы работ	Даты начала и окончания работ	Проведенные в 2012 году мероприятия по теме и их результаты
1.	Научно-практический семинар: Методы палеолимнологических исследований	Оэшгар центр по изучению климатических изменений Университета г. Берна, Швейцария	Кристина М. Сондэрс – Швейцария Бляхарчук Т.А. – ЛМЛЭС ИМКЭС СО РАН	23 июня 2012 г. 3 июля 2012 г.	На базе летнего геологического лагеря ТГУ в селе Шестаково был проведен научно-практический семинар по современным методам палеолимнологических исследований для целей изучения изменений климата и окружающей среды.
2.	Сохранение и использование объектов геологического наследия Горного Алтая	Геопарк «Массив де Бож» Parc Naturel Régional du Massif des Bauges Maison du Parc 73630 Le Châtelard France	Со стороны Франции – Андрэ Герраз – президент геопарка Со стороны ИМКЭС Бородавко П.С.	01.11.2012 по наст. время	Разработана концепция создания первого в России геопарка. Проведены научные изыскания на территории планируемого геопарка.

3.	Грант Королевского Общества «Исследование четвертичных отложений посредством подповерхностного GPR зондирования»	Университет Саутгемптона University of Southampton University Road Southampton SO17 1BJ UK	Со стороны Великобритании Проф. Пол Энтони Карлинг Со стороны ИМКЭС П.С. Бородавко	2010 - 2012	Полевая GPR съемка флювиогляциальных отложений в Курайской межгорной впадине (Горный Алтай). Получены данные о структуре, составе и мощности отложений, связанных с существованием Чуйско-Курайской лимносистемы
4.	Проект APN “Capacity building to study and address climate change induced extremes in Northern Asia” (Исследование экстремальных проявлений глобального изменения климата на территории Северной Евразии).	Секретариат АПН APN Secretariat East Building 4F, 1-5-2 Wakinohama Kaigan Dori, Chuo-Ku, Kobe, 651 0073 Japan	Со стороны АПН Линда Анне Стивенсон Со стороны СЦ КЛИО Проф. Е.П. Гордов	2012-2013	В рамках международной конференции ENVIROMIS-2012 проведен симпозиум, посвященный экстремальным проявлениям глобального изменения климата на территории Северной Евразии. Ведется запуск тематического образовательного портала.
5.	Проект «Развитие совместных проектов в области экологического приборостроения и смежных технологий»	Казахстанский педагогический институт, Павлодар, Республика Казахстан	Со стороны Казахстана Исакаев Ербол Маратович Со стороны ИМКЭС СО РАН Мягков А.С.	2012-2013	Подготовлена заявка на грант Министерства науки Казахстана по проекту «Создание ПЦР комплекса для решения проблем региональных инфекций человека и животных»

3. Посещение ИМКЭС СО РАН иностранными специалистами

№ п/п	Ф.И.О., дата рождения, гражданство	Страна	Учреждение, должность	Цель визита	Даты визита
1.	Чарльз Рэймонд Лэйн (Charles Raymond Lane), 02.08.1972, США	США	Агентство по защите окружающей среды США, 26 W. Martin Luther King Dr. MS – 642, Cincinnati OH 45268 USA	Проведение совещания по совместному контракту по исследованию изолированных болот Томского междуречья	12.07.2012 – 14.07.2012
2.	Брэдли Коул Отри (Bradley Cole Autrey), 04.10.1970, США	США	Агентство по защите окружающей среды США, 26 W. Martin Luther King Dr. MS – 642, Cincinnati OH 45268 USA	Участие в совещании по совместному контракту по исследованию изолированных болот Томского междуречья.	12.07.2012 – 14.07.2012

4. Международные научные мероприятия, проведенные ИМКЭС СО РАН

В 2012 г. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН провел 1 международное научное мероприятие:

Международную конференцию и школу молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2012, 24 июня – 2 июля 2012 года, Иркутск, Россия совместно с Сибирским Центром климато-экологических исследований и образования (СЦ КЛИО).

В работе мероприятия приняли участие 162 представителя 49 научных организаций, из них 83 – молодые ученые. Среди участников 21 представитель 19 зарубежных организаций (Узбекистан -1, Финляндия – 1, Англия - 1, Германия – 1, Франция – 1, Дания – 1, США – 8, Китай – 3, Монголия – 4). Российские участники представляли 30 научных институтов: из Томска (4), Москвы (9), Новосибирска (5),

Иркутска (5), Красноярска (3), по одному институту из Барнаула, Обнинска, Якутска, Улан-удэ.

Финансовую поддержку оказали: РФФИ (проект 12-07-06811-моб_г), ВМО, Программа START, APN.

Иностранные участники конференции

№ п/п	Ф.И.О.		Страна
1.	Разикова Ирода Разиковна		Узбекистан
2.	Зилитинкевич Сергей*		Финляндия
3.	Вин Кадлип	Wyn Cudlip	Великобритания
4.	Катарина Клемет	Katharina Klehmet	Германия
5.	Бернард Целлер	Bernhard Zeller	Франция
6.	Александр Бакланов*		Дания
7.	Амбер Сойя	Amber Soja	США
8.	Павел Гройсман*		США
9.	Иван Чизар	Ivan Csiszar	США
10.	Андрей Соколов*		США
11.	Владимир Алексеев*		США
12.	Татьяна Лобода*		США
13.	Александр Шикломанов*		США
14.	Кирк Змиевски	Kirk Zmijewski	США
15.	Тангтанг Жанг	Tangtang Zhang	КНР
16.	Чжанло Ли	Jianlong Li	КНР
17.	Ву Жанг	Wu Zhang	КНР
18.	Цолмон Ренчин	Tsolmon Renchin	Монголия
19.	Тунгалаг Амар	Tungalag Amar	Монголия
20.	Оюдарь Вова	Oyudari Vova	Монголия
21.	Болортуул Батсух	Batsukh Bolortuul	Монголия

* граждане РФ, работающие за рубежом

5. Участие в работе международных организаций, членство в зарубежных национальных академиях

1. Кабанов Михаил Всеволодович – член Американского физического общества
2. Гордов Евгений Петрович – член Европейской академии наук

В 2012 году получены награды международных научных организаций:

Бляхарчук Т.А., с.н.с. ЛМЛЭС получила грант DAAD для участия в научном туре 2012 г. «Understanding Biodiversity and Climate Change».

2.4. ИТОГИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.4.1. ОХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

СВЕДЕНИЯ о создании, правовой охране и реализации объектов интеллектуальной собственности

№ п/п	Показатели	Объекты интеллектуальной собственности								
		Изобретения	Полезные модели	Промышленные образцы	Селекционные достижения	Товарные знаки	Программы для ЭВМ	Базы данных	Топологии интегральных микросхем	Ноу-хау
1	Подано заявок в РФ*	6	3							
2	Получено положительных решений по заявкам на выдачу охранных документов РФ* или свидетельств о регистрации	6	1				2			
3	Получено охранных документов (свидетельств о регистрации) в РФ**, в том числе в рамках выполнения НИОКР по государственным контрактам	3	2							
4	Прекращено действие охранных документов в РФ**	3								
5	Количество охранных документов, действующих в РФ**	22	3							
6	Подано заявок за рубежом - в том числе в странах СНГ									
7	Получено охранных документов за рубежом - в том числе в странах СНГ									
8	Прекращено действие охранных документов за рубежом - в том числе в странах СНГ									
9	Количество охранных документов, действующих за рубежом - в том числе в странах СНГ									
10	Продано лицензий в РФ***	2								1
11	Продано лицензий за границу*** - в том числе в страны СНГ***									
12	Заключено договоров об отчуждении исключительного права***	1								
13	Численность патентной службы***	1								

*В отношении программ для ЭВМ, баз данных и топологий ИМС учитываются только результаты, связанные с государственной регистрацией (в Роспатенте), для ноу-хау – регистрация и действие в организации-разработчике.

** В отношении программ для ЭВМ, баз данных и топологий ИМС свидетельства об официальной регистрации не являются охраняемыми документами.

***Подробные сведения укажите на следующей странице.

Сведения о реализации объектов интеллектуальной собственности в 2012 г.

Дополнительные сведения по пункту 10.

Зарегистрированы в ФИПС 2 Лицензионных договора:

1. Лицензионный договор: № РД0093632, дата регистрации 24.01.2012, № патента 2207546, Фототермоакустический газоанализатор, исключительная лицензия. Страны патентования – Российская Федерация.

Лицензиар: ИМКЭС СО РАН;

Лицензиат – ООО Специальное конструкторское бюро научного приборостроения «Академприбор», РФ, г. Томск, пр. Академический, 10/3, стр.5, оф.114.

Территория действия Договора – Российская Федерация, срок действия договора до 23.07.2021г.

По настоящему договору Лицензиар предоставляет Лицензиату в качестве оплаты долю в уставном капитале исключительную лицензию на использование изобретения по патенту 2207546 (в соответствии с требованиями Федерального закона от 2 августа 2009 г. N 217-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной).

2. Лицензионный договор: № РД0094062, дата регистрации 01.02.2012, № патента 2340872, Моностатический способ определения расстояния до объекта, его направления и скорости движения, исключительная лицензия. Страны патентования – Российская Федерация.

Лицензиар: ИМКЭС СО РАН;

Лицензиат – ООО «ИнФлай», РФ, г. Томск, пр. Академический, 10/3, стр.5, оф.116.

Территория действия Договора – Российская Федерация, срок действия договора до 02.05.2027г.

По настоящему договору Лицензиар предоставляет Лицензиату в качестве оплаты долю в уставном капитале исключительную лицензию на использование изобретения по патенту 2340872 (в соответствии с требованиями Федерального закона от 2 августа 2009 г. N 217-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной).

Дополнительные сведения по пункту 12.

Зарегистрирован в ФИПС:

Договор об отчуждении патента № 2269850 Схема возбуждения лазеров на парах металлов, дата приоритета 22 марта 2004г. (Номер регистрации РД 0093935, дата регистрации 30.01.2012г.). Патент № 2269850 передан Выборнову П.В., который, согласно п.3.1 настоящего договора, освобождается от уплаты ИМКЭС вознаграждения за отчуждение Патента в связи с тем, что он является одним из соавторов нанного изобретения, которое было создано в связи с выполнением Выборновым служебного задания.

Сведения о результатах научно-технической деятельности, созданных при выполнении научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения по государственным контрактам и грантам в 2012 г.

РНТД при выполнении научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения по государственным контрактам и грантам не создавалось.

Сведения о патентно-лицензионной работе и охране интеллектуальной собственности:

Показатели работы по охране интеллектуальной собственности	Годы				
	2008	2009	2010	2011	2012
Количество охранных документов РФ на изобретения и полезные модели, полученных ИМКЭС СО РАН	5	3	5	6	5
В том числе за счет бюджета СО РАН	5	3	5	6	5
Количество изобретений, патентуемых за границей (вкл. страны СНГ), всего:	нет	нет	нет	нет	нет
В том числе за счет бюджета СО РАН					

2.4.2. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

1. Наименования наиболее социально значимых и инновационно–перспективных проектов, реализованных институтом (1–2 проекта).

Создание пилотного проекта прогностической сети метеостанций «ШТОРМОВОЕ КОЛЬЦО»

2. Наименование работ, реализованных в рамках инновационных программ крупных компаний с государственным участием (ГК «Росатом», ГК «Ростехнологии», ОАО «Объединенная авиастроительная компания», ОАО «Российские железные дороги», ОАО «НК «Роснефть»», ОАО «ФСК «ЕЭС»» и др.):

1). «Создание системы мониторинга опасных геологических процессов на участках трасс газопроводов, эксплуатируемых ООО «Газпром трансгаз Ставрополь». 2). «Обследование напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтов и картирования опасных геологических процессов радиоволновым методом по трассе магистрального газопровода «УКПГ-2 Нижне-Квакчикского ГКМ – АГРС г. Петропавловска-Камчатского» Томского

ЛШУМГ ООО «Газпром трансгаз Томск» ОАО «Газпром». 3). «Инженерно-геокриологическое картирование территории размещения линейных сооружений сбора газа по объекту “Обустройство Чаяндинского НГКМ” (Якутия, ОАО «Газпром»). 4). «Геодинамические исследования проблемных участков трасс магистральных газопроводов ООО «Газпром-трансгаз-Чайковский» для оценки правильности местоположения пунктов постоянного мониторинга (ППМ) и установки новых ППМ автоматизированной системы контроля горных пород (АСК-ГП) на основе ранжирования участков по степени опасности».

3. Сведения об участии в технологических платформах и территориальных кластерах (указать, в каких).

Технологическая платформа «Технологии экологического развития».

4. Названия работ, получивших поддержку в институтах инновационного развития (указать, в каких – РФТР, Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, ОАО «РВК», «СКОЛКОВО», «РОСНАНО» и др.): **Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Предприятие, созданное по 217 ФЗ «НПП Аналитприбор» с участием Института получило грант Фонда на развитие проекта «СКР-газоанализ»**

5. Сведения о создании инновационной инфраструктуры (центры трансфера технологий, бизнес - инкубаторы и др.).

В Институте с 2006 года действует отдел Коммерциализации инновационных разработок, входящий в инновационную структуру Томской области. Подробнее на сайте Отдела коммерциализации <http://491112.ru>

6. Примеры заключенных долгосрочных соглашений о научно-техническом сотрудничестве в сфере инноваций с зарубежными организациями. **Заключено соглашение с Павлодарским педагогическим институтом по развитию интеграционных и совместных технологий. Республика Казахстан.**

2.4.3. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ

№ n/n	Наименование выставки (ранг)	Место и время проведения	Участие (демонстрируемые приборы, стенды, экс- позиции и т.д.)	Награды (участники)
1	Международная научно-практическая конференция-выставка «Спецсредства нелетального действия»	Москва, 25-26 апреля 2012 г.	Доклад «Системы акустического воздействия и вещания», установка акустического воздействия и вещания «УАВ-01Т»	Н.П.Красненко Диплом

2	Научно-образовательный проект Индия-Россия-Томская область, Международный бизнес-форум «INDIALIA-2012»	Индия, г.Мумбаи, 20-28 апреля 2012г.	Автоматические мобильные метеорологические комплексы и системы; автоматические многокомпонентные оптические газоанализаторы	В.А.Корольков
3	2-ая Международная выставка вооружений и военно-технического имущества «KADEX-2012»	Казахстан, г.Астана, 2-6 мая 2012г.	Переносной автоматический метеокомплекс АМК-03П; Бортовой автоматический метеокомплекс АМК-03Б	В.А.Корольков
4	Выставка инновационных законченных разработок учреждений СО РАН	14-15 сентября 2012 г. в г. Улан-Удэ	МГР-01	В.Ф.Гордеев
5	Международная промышленная выставка-форум «Развитие инфраструктуры Сибири – IDES / СИБПОЛИТЕХ-2012»	С 16 по 19 октября 2012 года на территории МВК «Новосибирск Экспо-центр»	Проекты вновь открыты с участием Института по 217 ФЗ малых инновационных предприятий. Компания ИНФЛАЙ - Разработка - Система мониторинга с использованием легких летательных аппаратов; Компания Академэкология - Технологии ландшафтного дизайна; Компания Академприбор - СКР газоанализатор природного газа; <i>(интерактивные презентации)</i>	А.С.Мягков Диплом
6	В рамках VIII международного форума "Оптические приборы и технологии - OPTICS-EXPO 2012" будет проходить выставка "Оптико-электронные приборы и технологии"	С 20 по 23 ноября 2012 года в ВВЦ в г.Москве	Два планшета на экспериментальные образцы приборов: 1. Газоанализатор на основе спонтанного комбинационного рассеяния (СКР-газоанализатор). 2. Двухканальный оптический измеритель осадков.	А.А.Тихомиров

7	Международная выставка средств обеспечения безопасности государства «INTERPOLITEХ-2012»	С 23 по 26 октября 2012 года в Москве	Натурный образец: Установка акустического воздействия и вещания УАВ-01	А.С.Раков, инж.; Ц.Д.Сандуков, м.н.с.
8	14-ая Межрегиональная специализированная выставка-ярмарка «Средства и системы безопасности. Антитеррор»	Томск. 12-14 декабря 2012 г.	Установка звукового вещания и оповещения	Н.П.Красненко, Ц.Д.Сандуков
9	XV Томский межрегиональный конгресс с международным участием «Энергосбережение-2012»	г.Томск, 14-16 ноября 2012 г.	Презентация «Биогаз, штормовое кольцо»	А.С.Мягков
10	Форум межрегионального сотрудничества Казахстана и России.	г. Павлодар, 19 сентября 2012 г.	Проект «Амплиспект-24, биогаз»	А.С.Мягков
11	Постоянно действующая выставка СО РАН	Г. Новосибирск	ДОГ-1, РГА-11, Монокристаллы ZnGeP ₂ , МГР-01, АМК-03, «Фаза», «Прочность-1», АМТ, Кедровые саженцы	

Примечание: ДОГ-1 – газоанализатор NO; РГА-11 – анализатор ртути; МГР-01 – многоканальный геофизический регистратор; АМК-03 – автоматизированный метеорологический комплекс; «Фаза»- многоканальный измеритель вертикальных перемещений; «Прочность-1» - регистратор электромагнитной эмиссии; АМТ - блок сбора и временного хранения информации minibook (автономный малогабаритный терминал).

2.4.4. ПУБЛИКАЦИИ

В таблице приведены сравнительные данные по научной деятельности Института за последние 5 лет:

	2008	2009	2010	2011	2012
Публикации	241	360	388	351	323
Монографии (учебные пособия)	3 (1)	4 (1)	6 (1)	8(2)	10 (1)
Статьи в рецензируемых журналах	57	84	83	70	95

Статьи в зарубежных журналах и сборниках	10	12	14	22	16
Доклады на симпозиумах	170	259	284	249	204
Международные	153	113	235	145	122
Российские	14	140	37	103	77
Региональные	15	3	6	10	5
Участие в выставках	9	7	6	11	11

2.4.5. ПРОВЕДЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИЙ

Название и тема мероприятия (ранг)	Место проведения, ответственная за проведение организация	Даты проведения
Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2012	г. Иркутск, ИМКЭС СО РАН, СЦ КЛИО	24.06.2012-2.07.2012г.
VIII Всероссийский симпозиум (с привлечение иностранных ученых) "Контроль окружающей среды и климата "КОСК-2012"	г. Томск, ИМКЭС СО РАН	1.10.2012-3.10.2012г.
Всероссийская конференция «Процессы самоорганизации в эрозионно-руслевых системах и динамике речных долин «Fluvial systems-2012» (с участием иностранных ученых	г. Томск, ИМКЭС СО РАН	3.07.2012-12.07.2012г.

2.4.6. ИНФОРМАЦИЯ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ С ОТРАСЛЕВОЙ НАУКОЙ

1 проект в ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 - 2013 годы»

1 проект в Государственной программе вооружения. Государственный оборонный заказ на 2012 год.

2.4.7. 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.		
<p>других образовательных учреждений, созданных с участием научных учреждений СО РАН (указать вид учреждения)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Филиал кафедры метеорологии и климатологии ТомГУ 2. Филиал кафедры электронных приборов ТУСУР 3. Филиал кафедры радиотехнических систем ТУСУР 4. Филиал кафедры «Оптико-электронные системы и дистанционное зондирование» 5. Филиал Отделения послевузовского профессионального образования 6. Некоммерческое партнерство «Сибирский центр климато-экологических исследований и образования» 7. Научно-образовательный центр мониторинга геосферно-биосферных изменений (НОЦ МГБИ) 		<p>ТГУ</p> <p>ТУСУР</p> <p>ТУСУР</p> <p>ТГУ</p> <p>ТУСУР</p> <p>ТГУ, ТУСУР</p> <p>ТГУ, Югорский государственный университет</p>

Участие сотрудников в подготовке кадров:

	Общее число	Доктора наук	Кандидаты наук
Преподавание в вузах	18	7	8
Руководство дипломными проектами	17	2	12
Руководство магистерскими диссертациями	13	3	5
Руководство аспирантами	12	6	5

Число студентов, магистрантов и дипломников, в процессе обучения которых принимают участие сотрудники:

	Общее число	Итого
Число студентов обучающихся на совместных кафедрах	14	76
Число магистрантов обучающихся на совместных кафедрах	1	
Число студентов выполнявших курсовые работы	45	
Число дипломников и магистрантов, выполнивших работы в научных учреждениях	16	

Учебные пособия.

Донченко В.А., Кабанов М.В., Самохвалов И.В. Распространение оптических волн в дисперсных средах: учебное пособие. – Томск: изд. НТЛ, 2012. – 440 с.

Сотрудники Института, осуществляющие преподавательскую деятельность:

№	ФИО	Должность	Учреждение
1	Бородавко Павел Станиславович	доцент, к.г.н.	ТГУ
2	Волков Юрий Викторович	доцент кафедры, к.т.н.	ТПУ
3	Волкова Елена Сергеевна	доцент кафедры, к.г.н.	ТГПУ
4	Гейко Павел Пантелеевич	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТГУ
5	Гордеев Василий Федорович	ст. преподаватель, к.т.н.	ТГАСУ
6	Гордов Евгений Петрович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТГУ
7	Золотов Сергей Юрьевич	доцент кафедры, к.ф.-м.н.	ТУСУР
8	Зотикова Альбина Петровна	доцент кафедры, к.б.н., доцент	ТГУ
9	Зуев Владимир Владимирович	профессор кафедры, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН	ТПУ
10	Кабанов Михаил Всеволодович	профессор кафедры, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН	ТГУ
11	Копысов Сергей Геннадьевич	доцент кафедры, к.г.н.	ТГУ

12	Красненко Николай Петрович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТУСУР
13	Мягков Александр Сергеевич	ст. преподаватель	ТУСУР
14	Нагорский Петр Михайлович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТГУ
15	Поздняков Александр Васильевич	профессор кафедры, д.г.н	ТГУ
16	Пучкин Алексей Васильевич	доцент кафедры, к.г.н.	ТГУ
17	Симонова Галина Владимировна	старший преподаватель, к.т.н.	ТГУ
18	Тихомиров Александр Алексеевич	профессор кафедры, д.т.н.	ТУСУР
19	Чернова Наталья Александровна	доцент кафедры, к.б.н.	ТГУ

2.5. ОФИЦИАЛЬНОЕ ПРИЗНАНИЕ

Почетной грамотой РАН и Профсоюза работников РАН награждены 10 сотрудников (Генина Е.Ю., Красненко Н.П., Николаева С.А., Голенцев В.А., Давыдов В.В., Ивакин Ю.А., Кравчук А.В., Мутницкий Н.Г., Хорошавина Н.А., Федоров Н.М.). Почетной грамотой Сибирского отделения РАН награждены 29 человек (Бляхарчук Т.А., Головацкая Е.А., Гордеев В.Ф., Гордов Е.П., Горошкевич С.Н., Грибенюков А.И., Дюкарев Е.А., Кабанов М.В., Калинин Е.А., Корольков В.А., Кривец С.А., Крутиков В.А., Кураков С.А., Логинов С.В., Нагорский П.М., Поздняков А.В., Прейс Ю.И., Симонова Г.В., Смирнов С.В., Столповецкая В.В., Тартаковский В.А., Татур В.В., Тимошок Е.Е., Ушаков В.Г., Чередыко Н.Н., Шарاپова Т.А., Шульгина Т.М., Харчева Л.Т., Яблокова О.В.). Почетной грамотой Администрации Томской области награждены чл.-корр. РАН М.В.Кабанов, д.т.н. А.А.Тихомиров, д.г.н. А.Г.Дюкарев, к.т.н. И.Г.Окладников. Почетной грамотой Администрации г. Томска награждены чл.-корр. РАН В.В.Зуев, д.ф.-м.н. И.И.Ипполитов, д.ф.-м.н. А.А.Першин, А.Ф.Кутелев, О.А.Соколова, В.В.Роот. Благодарность Совета ректоров вузов Томской области объявлена д.г.н. А.В.Позднякову. Медалью «За заслуги перед Томским государственным университетом» награжден д.ф.-м.н. П.П.Гейко. Лауреатом конкурса «человек года» Томской области стал д.б.н. С.Н.Горошкевич. Стипендии Президента РФ удостоена к.т.н. Т.М.Шульгина; премия им. С.Т.Васькова СО РАН присуждена к.т.н. И.Г.Окладникову; успешно защитили кандидатские диссертации А.С.Кузнецов, И.В.Курьина, С.В. Логинов, Е.Е.Ляпина, В.Ю.Полишук, Раков Д.С., Н.Н.Чередыко, Т.М.Шульгина. Два молодых ученых стали победителями в конкурсе научных докладов ТНЦ (м.н.с. Кобзев А.А. и асп. Керчев И.А.).

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Сведения о научных исследованиях, выполненных за 2012 г.

Сведения о научных исследованиях		Количество тем	Финансирование (тыс. руб.)
1.	Гранты и конкурсные проекты всего:	41	24150
2.	<i>В том числе</i>		
3.	<i>Президентские программы:</i>	<i>количество</i>	
4.		<i>количество законченных</i>	1 1
5.	государственные научно-технические программам (ФЦП)	<i>количество заданий</i>	2 16900
6.		<i>количество законченных</i>	0
7.	региональные программы	<i>количество</i>	1 400
8.		<i>количество законченных</i>	1
9.	гранты РФФИ	<i>количество</i>	22 5870
10.		<i>количество законченных</i>	21
11.	зарубежные гранты	<i>количество</i>	
12.		<i>количество законченных</i>	
13.	международные проекты	<i>количество</i>	
14.		<i>количество законченных</i>	
15.	договора с российскими заказчиками (хоздоговора)	<i>количество</i>	20 2316
16.		<i>количество законченных</i>	12
17.	соглашения с зарубежными партнерами	<i>количество</i>	1
18.		<i>количество законченных</i>	1

19.	Программы СО РАН + РАН (всего)	<i>количество тем</i>	28	130922
20.		<i>количество законченных тем</i>	20	
		<i>в том числе</i>		
21.	<i>Базовое финансирование</i>	<i>количество тем</i>	8	121050(+стипендии 807)
22.		<i>количество законченных тем</i>	8	
23.	Программы СО РАН	<i>количество тем</i>	20	9065
24.		<i>количество законченных тем</i>	12	
		<i>в том числе</i>		
25.	интеграционные проекты	<i>количество тем</i>	8	3950
26.		<i>количество законченных тем</i>	0	
27.	молодежные проекты	<i>количество тем</i>	1	224
28.		<i>количество законченных тем</i>	1	
29.	поддержка экспедиций и стационаров	<i>количество тем</i>	7	910
30.		<i>количество законченных тем</i>	7	
31.	программа производства импортозамещающего оборудования, поддержка музеев, Фонд Бортника	<i>количество тем</i>	3	2801
32.		<i>количество законченных тем</i>	3	
33.	СО РАН (Программы Президиума РАН)	<i>количество тем</i>	1	1180
34.		<i>количество законченных тем</i>	1	
35.	СО РАН (Программы Отделений РАН)	<i>количество тем</i>		
36.		<i>количество законченных тем</i>		

37.	Программы Президиума РАН	количество тем
38.		<i>количество законченных тем</i>

Финансирование (тыс. руб.)

39.	Бюджетное финансирование СО РАН (всего)	130922
	<i>в том числе</i>	
40.	<i>базовое финансирование</i>	121857
41.	<i>Число проектов</i>	8
42.	<i>Законченных проектов</i>	8
43.	<i>Программы СО РАН и РАН (средства СО РАН)</i>	9065
44.	<i>Число проектов</i>	20
45.	<i>Законченные проекты</i>	12
46.	Программы РАН (средства РАН)	
47.	<i>Число проектов</i>	0
48.	<i>Законченных проектов</i>	0
49.		
50.	Финансирование по грантам, конкурсным проектам и договорам	23290
51.	<i>Число проектов</i>	41
52.	<i>Законченных проектов</i>	35
53.		
54.	Прочее финансирование (аренда + прочее)	4833
55.	ИТОГО: Общий объем финансирования	161361

Производственный потенциал

56.	<i>Общие площади (кв .м)</i>	29306,6
57.	<i>Основные фонды (млн. руб)</i>	679