

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

**ОТЧЕТ
О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ за 2011 год**

Утверждаю

Директор института, д.ф.-м.н.

_____ В.А.Крутиков

СОДЕРЖАНИЕ

I	НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА	3
1.1	Научно-организационная деятельность ИМКЭС	3
1.2	Результаты научно-исследовательских работ	8
1.2.1	Краткие аннотации научно-исследовательских работ, выполненных по базовым проектам СО РАН	8
1.2.2	Краткая аннотация по проекту № 16.10 по программе РАН	68
1.2.3	Краткие аннотации по интеграционным проектам СО РАН	72
1.2.4	Краткие аннотации по грантам РФФИ	131
1.2.5	Отчет СЦ КЛИО	144
1.2.6.	Информация по отчетам по экспедициям и стационарам	146
1.2.7.	Инициативная работа	147
II	НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА	151
2.1	Деятельность Ученого совета	151
2.2	Кадры	152
2.3	Характеристика Международных научно-технических связей	157
2.4	Итоги научной деятельности	166
2.5	Официальное признание	173
III	ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	174
	ПРИЛОЖЕНИЕ	177

I НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

1.1. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.

Программы, гранты	Научный руководи- тель, ответственный исполнитель
<u>Программа Сибирского отделения РАН</u>	
<u>Проект VII. 63. 1.1.</u> Исследование динамических характе- ристик климато-образующих атмосферных и гидросфер- ных процессов. № гос. рег. 01201052575	чл.-корр. РАН М.В.Кабанов, д.ф.-м.н. И.И.Ипполитов
<u>Проект VII.63.1.2.</u> Развитие информационно- измерительных технологий и разработка алгоритмов мно- гомерного анализа для мониторинга и моделирования природно-климатических изменений. № гос. рег. 01201051565	д.ф.-м.н. В.А. Крутиков.
<u>Проект VII.63.1.3.</u> Трансформация энергетических харак- теристик геосистем в условиях глобальных климатиче- ских изменений. № гос. рег. 01201051562	д.г.н., проф. А.В.Поздняков, к.г.н. О.Г.Невидимова
<u>Проект VII.63.1.4.</u> Экосистемные изменения на ланд- шафтных и климатических границах в условиях глобаль- ного потепления № гос. рег. 01201051124	д.г.н. А.Г.Дюкарев, д.б.н. Е.Е.Тимошок
<u>Проект VII.63.3.1.</u> Вулканоген- ные возмущения атмо- сферы и изменения климата Сибири и субарктики: совре- менное состояние и палеореконструкция. № гос. рег. 01201051563	чл.-корр. РАН В.В. Зуев.
<u>Проект VII.66.1.2.</u> Развитие физических методов и техни- ческих средств для мониторинга окружающей среды и обеспечения безопасности населения. № гос. рег. 01201052576	д.т.н. А.А. Тихомиров

<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, к.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 «Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений и техногенных катастроф, включая проблемы ускоренного развития атомной энергетики».</u></p> <p>Координатор: ак. Лаверов Н.П.</p>	
<p><u>Проект 10</u> «Комплексный мониторинг современных климатических и экосистемных изменений в Сибири»</p>	<p>Кабанов М.В., Крутиков В.А.</p>
<p><u>Интеграционные междисциплинарные проекты СО РАН</u></p>	
<p><u>Проект № 4.</u> «Информационные технологии, математические модели и методы мониторинга и управления экосистемами в условиях стационарного, мобильного и дистанционного наблюдения». Соисполнители. Координатор: академик Шокин Ю.И., ИВТ СО РАН</p>	<p>Гордов Е.П.</p>
<p><u>Проект № 50.</u> «Модели изменения биосферы на основе баланса углерода (по натурным и спутниковым данным и с учетом вклада бореальных экосистем)». Координаторы: академик Ваганов Е.А.; чл.-к. РАН Федотов А.М., ИВТ СО РАН</p>	<p>Гордов Е.П.</p>
<p><u>Проект № 54.</u> «Нанометрология асферических поверхностей». Научный координатор: д.т.н. Полещук А.Г., ИАиЭ СО РАН, г. Новосибирск</p>	<p>Тартаковский В.А.</p>
<p><u>Проект № 66.</u> «Разработка научных и технологических основ мониторинга и моделирования природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота». Координатор: чл.-к. РАН Кабанов М.В., ИМКЭС СО РАН</p>	<p>Дюкарев Е.А.</p>

<u>Проекты, выполняемые по заказу Президиума СО РАН</u>	
<u>Проект 8.</u> «Приборное и методическое обеспечение мониторинга природно-климатических процессов Сибири». Координатор: чл.-кор. РАН М. В. Кабанов	Смирнов С.В., Корольков В.А.
<u>Проект 9.</u> «Распределенная система сбора, хранения, обработки и доступа к данным дистанционного зондирования Земли для мониторинга социально-экономических процессов и состояния природной среды регионов Сибири и Дальнего Востока». Координатор проекта: академик Ю.И.Шокин	Гордов Е.П.
<u>Интеграционные проекты СО РАН, выполняемые совместно со сторонними организациями</u>	
<u>Проект № 53.</u> «Генофонд хвойных Урала и Сибири: структура, принципы сохранения и использование в селекционных программах» Научные координаторы: к.б.н. Горошкевич С.Н., ИМКЭС СО РАН, г. Томск; д.б.н. Семериков В.Л., ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург	Петрова Е.А.
<u>Совместные проекты фундаментальных исследований НАН Беларуси и СО РАН</u>	
<u>Проект № 10.</u> Расширение спектра генерации СО2-лазеров в среднем и дальнем ИК-диапазонах с помощью новых нелинейных кристаллов.	чл.-корр. РАН В.В.Зуев
<u>Гранты РФФИ</u>	
<u>Проект № 11-05-01190/а</u> «Исследование отклика углеродного баланса болотных экосистем разного размера на изменение климата и антропогенное воздействие»	Головацкая Е.А.
<u>Проект № 11-05-06044/г</u> «Организация и проведение Международной конференции CITES-2011»	Зуев В.В.
<u>Проект № 09-04-01214/а.</u> "Гидроморфная трансформация кальциево-гумусовых почв при заболачивании лесных ландшафтов Западной Сибири"	Дюкарев А.Г.

<p><u>Проект № 09-05-01077/а.</u> "Особенности болотообразовательного процесса на юге лесной зоны Западной Сибири как отклик на континентальность климата"</p>	<p>Прейс Ю.И.</p>
<p><u>Проект № 10-04-01497/а.</u> "Филогенетическая дивергенция и адаптивная конвергенция в эволюции сосновых (на примере прямостоячих лесных и стелющихся субальпийских видов)"</p>	<p>Горошкевич С.Н.</p>
<p><u>Проект № 11-04-10096/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>Горошкевич С.Н.</p>
<p><u>Проект № 10-04-01616/а.</u> "Исследование филогеографии сосны кедровой сибирской (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) на основании анализа изменчивости цитоплазмических геномов"</p>	<p>Петрова Е.А.</p>
<p><u>Проект № 10-05-00568/а.</u> "Сравнительные исследования дендрохронологий трития различных видов древесной растительности южно-таежной подзоны Западной Сибири"</p>	<p>Кабанов М.В.</p>
<p><u>Проект № 10-07-00547/а.</u> "Информационно-вычислительная система для обработки и анализа больших архивов пространственно распределенных данных"</p>	<p>Гордов Е.П.</p>
<p><u>Проект № 11-05-08170/з</u> Участие в международной конференции «Объединенное заседание общества водно-болотных угодий, конференция по динаике загрязнителей и управлению водно-болотными угодьями и симпозиум по биогеохимии водно-болотных угодий»</p>	<p>Головацкая Е.А.</p>
<p><u>Проект № 11-05-01190/а</u> «Мониторинг и моделирование динамики парниковых газов в региональной климатической системе Западной Сибири»</p>	<p>Окладников И.Г.</p>

<p><u>Проект № 11-05-98062/р_сибирь_a</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>Корольков В.А.</p>
<p><u>Проект № 11-04-10104/к</u> «Организация и проведение экспедиционных исследований филогеографии сосны кедровой сибирской (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) на основании анализа изменчивости цитоплазмических геномов»</p>	<p>Петрова Е.А.</p>
<p><u>Проект № 11-04-16050/моб_з_рос.</u> Участие во Второй всероссийской (с международным участием) полевой школе по почвенной зоологии и экологии для молодых ученых</p>	<p>Курьина И.В.</p>
<p><u>Проект № 11-05-06080/г</u> «Организация и проведение международной конференции «Селекция и генетические ресурсы 5-хвойных сосен»</p>	<p>Горошкевич С.Н.</p>
<p><u>Проект № 11-05-06092/г</u> «Организация и проведение IX Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу»</p>	<p>Кабанов М.В.</p>
<p><u>Проект № 11-05-16031/моб_з_рос</u> Участие в VI школе-семинаре молодых ученых России «Проблемы устойчивого развития региона»</p>	<p>Маркелова А.Н.</p>
<p><u>Проект № 11-05-08352/з</u> Участие в конференции American Geophysical Union Fall Meeting</p>	<p>Титов А.Г.</p>

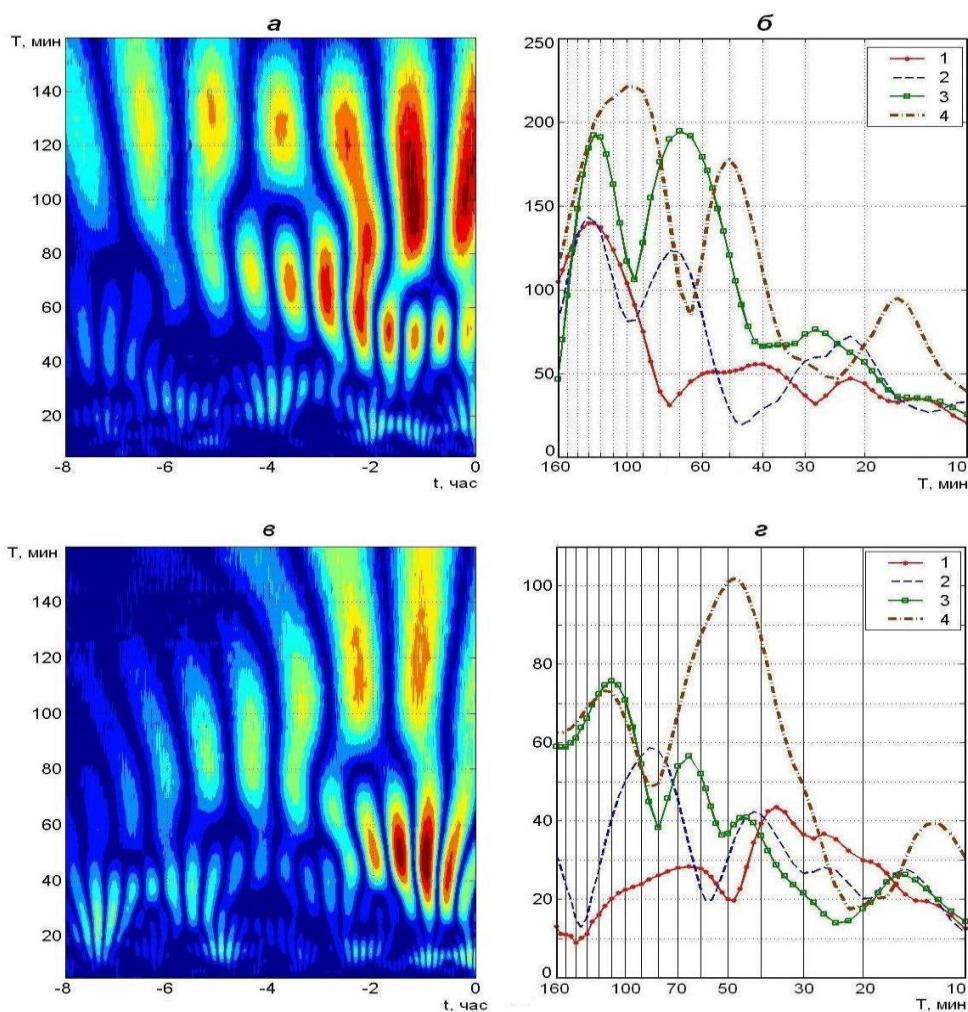
1.2. РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

1.2.1. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ПРОГРАММАМ СО РАН

1. Проект VII. 63. 1.1. Исследование динамических характеристик климатообразующих атмосферных и гидросферных процессов.

ВАЖНЕЙШИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Мониторинг состояния приземного слоя в предгрозовой атмосфере позволил установить, что в электрическом поле за несколько часов до прохождения мощной конвективной ячейки над пунктом наблюдения возникают квазипериодические колебания с периодами от 15 мин до 2 ч и более. Сравнение этих данных с микробарографическими измерениями (ИФА РАН) показало, что природа этих колебаний связана с акустико-гравитационными волнами, которые могут являться вынуждающей внешней силой, ответственной за процессы самоорганизации мезомасштабных конвективных систем (Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Нагорский П.М.).



На поясняющих рисунках (*а, в*) представлены модули средних вейвлет-спектрограмм электрического поля до прохождения грозы, для дневных и ночных гроз соответственно, время (ось абсцисс, часы) отсчитывается от начала грозы, по оси ординат отложен масштаб колебаний в минутах. Здесь же (*б, г*), также для дневных и ночных гроз, представлены вейвлет-спектры усредненные на двухчасовых интервалах, ось абсцисс – масштаб колебаний, ось ординат – амплитуда, кривые 1, 2, 3, 4 соответствуют интервалам усреднения 8–6 ч, 6–4 ч, 4–2 ч и 2–0 ч до прохождения конвективных ячеек.

В дневных условиях усредненный вейвлет-спектр колебаний электрического поля содержит максимумы в диапазонах периодов: 95–130 мин; 50–75 мин и 15–25 мин. Усреднение вейвлет-спектрограмм проведено по 60 случаям прохождения мощных конвективных ячеек над пунктом наблюдения в летние периоды 2006–2008 гг. Вначале в вейвлет-спектре появляются наиболее низкочастотные колебания с периодом ~ 130–135 мин, затем – с периодом ~ 70–75 мин и последними – вариации с наиболее короткими периодами. Средние амплитуды в полосах этих максимумов за 3–0.5 ч до прохождения конвективной ячейки в 2–5 раз превосходят амплитуды, зарегистрированные за 8–7 ч до появления интенсивных вариаций, связанных с прохождением мощной конвективной ячейки.

Полученный результат указывает на то, что подготовка грозы происходит по закономерному сценарию, определяемому развитием мезомасштабных конвективных систем. При этом сценарии развития гроз четко различаются для дневных и ночных условий. Важную роль в этом процессе играет возбуждение акустико-гравитационных волн (АГВ), источниками которых являются иерархически соподчиненные скопления областей развития и мезомасштабных конвективных систем в целом. Последнее представляет наибольший интерес, поскольку именно АГВ могут являться той вынуждающей внешней силой, которая ответственна за процессы самоорганизации мезомасштабных конвективных систем.

2. Изменчивость элементов радиационного баланса позволяет описать 50% а в отдельные месяцы до 70% дисперсии температурного поля азиатской территории России (АТР) за 1979-2008гг., тогда как совместный учет компонентов радиационного баланса и индексов глобальной циркуляции позволяет увеличить долю описываемых изменений до 84%. Среди индексов глобальной циркуляции, определяющую роль в изменении аномалий температуры АТР играют процессы блокирования западного переноса, описываемые индексом SCAND (Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В. Харюткина Е.В.).

В поясняющей таблице приведены среднегодовые коэффициенты детерминации (R^2) регрессионных моделей, построенных по данным реанализа JRA-25 за период 1979-2008гг. и описывающей изменчивость температуры на азиатской территории России (АТР) в зависимости от циркуляционных и радиационных факторов.

Климатические факторы	АТР	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток
Циркуляционные	0,38	0,45	0,33	0,46
Радиационные	0,51	0,54	0,33	0,40
Циркуляционные + радиационные	0,65	0,68	0,63	0,63

При проведении регрессионного анализа изменчивости температуры воздуха использовались две группы предикторов: циркуляционная и радиационная. В циркуляционную группу, описывающую влияние глобальной циркуляции на изменчивость температуры вошли индексы глобальной циркуляции: арктической осцилляции (АО), северо-атлантической осцилляции (NAO), блокирования западного переноса (SCAND) и южного колебания (SOI). Для территории Дальнего Востока к числу циркуляционных предикторов был добавлен индекс западно-тихоокеанской циркуляции (WP). Радиационная группа включала в себя следующие величины: аномалии баланса коротковолновой радиации на уровне поверхности, аномалии длинноволновой радиации на уровне поверхности, аномалии сумм потоков скрытого, явного тепла и потока тепла в грунт, а также аномалии облачности. Также был проведен анализ с учетом всех предикторов из обеих групп.

Преимущественное влияние на изменчивость температуры на АТР принадлежит составляющим радиационного баланса. Это, в основном, обусловлено большими значениями соответствующего значения коэффициент детерминации для территории Западной Сибири. Над территорией Восточной Сибири циркуляционные и радиационные факторы оказывают влияние на изменчивость температуры в равной степени. Для территорий Западной Сибири, Дальнего Востока и для АТР наблюдается взаимосвязь между климатическими факторами.

Глобальная циркуляция вносит вклад от 30 до 70% в различные месяцы в изменение температуры на территории АТР, причем это влияние сказывается в нижней тропосфере (до высоты 500гПа). С увеличением высоты зависимость ослабевает и уменьшается доля описываемой дисперсии.

Установлено, что рост или снижение температуры в отдельном календарном месяце сопровождается снижением или ростом процессов блокирования западного переноса. Связь с NAO преимущественно положительная, что связано с усилением

западного переноса, Статистически значимой связи изменений температуры с изменениями давления в экваториальной части Тихого океана (индекс SOI) не установлено. Основной циркуляционный механизм, формирующий режим температуры воздуха азиатской территории России, в целом, описывается индексом SCAND практически на протяжении всего года.

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В результате проведенных исследований выполнена суммарная оценка эмиссии CO₂ с поверхности торфяной на олиготрофном болоте, которая показала, что суммарный годовой поток CO₂ составляет для сосново-кустарничково-сфагнового рьяма 1336 гCO₂/м², для осоково-сфагнуовой топи 1572 гCO₂/м². При этом зимней и весенней эмиссией на топи можно пренебречь, используя для годовой оценки только эмиссию за теплый период года, а для рьяма необходимо учитывать, так как зимняя и весенняя эмиссия CO₂ на рьяме составляет более 10 процентов от суммарной.

	Сосново-кустарничково-сфагново-ый рьям				Осоково-сфагнуоая топь			
	Продолжи- тельность	Интенсив- ность	Поток	Поток	Продолжи- тельность	Интенсив- ность	Поток	Поток
	дни	мг/м ² /ч	г/м ²	%	дни	мг/м ² /ч	г/м ²	%
Зима	158	24	91	6,8	141	7	24	1,6
Весна	54	46	60	4,5	28	21	14	0,9
Лето	153	323	1186	88,7	196	317	1490	97,5
Год			1336	100,0			1527	100,0

Процессы замерзания и оттаивания почв в осенний и весенний период являются типичными для условий Западной Сибири. В зимний период почва находится в замерзшем состоянии, особенно водонасыщенные слои и, следовательно, активность микробиологических и физико-химических процессов значительно снижается. Эмиссия CO₂ с поверхности болотных экосистем в зимний период, а так же в периоды замерзания и оттаивания торфяной залежи слабо изучена. В то время как для оценки углеродного баланса и зимняя эмиссия и особенно выделение CO₂ при оттаивании являются очень важными. Поток CO₂ в зимний период относительно мал, но из-за большой продолжительности периода с устойчивым снежным покровом этот поток оказывает существенный вклад в годовой баланс CO₂.

В лабораторных экспериментах оценивалась эмиссия CO₂ в процессе оттаивания торфяных монолитов. Средняя скорость эмиссии CO₂ при оттаивании со-

ставляет 1.86 ппм/мин для сосново-кустарничково-сфагнового рьяма и 1.06 ппм/мин для осоково-сфагнутой топи. При повторном замораживании монолитов торфа скорость выделения CO_2 при оттаивании снижается на топи на 25%, на рьяме на 37%. Скорость эмиссии CO_2 зависит от температуры, наибольшие коэффициенты корреляции получены для скорости выделения и температуры поверхности образца ($r = 0.87 - 0.84$).

Полученные данные могут быть использованы при оценке суммарного потока CO_2 с поверхности торфяных почв в течение зимнего и весеннего периодов, а так же анализе изменений в углеродном цикле в болотных экосистемах происходящих при деградации многолетней мерзлоты.

В весенний период, когда снег уже сошел, а торфяная залежь еще остается замерзшей и в дневное время происходит ее нагрев, а в ночное – замерзание, в этот период активизируется эмиссия CO_2 с поверхностного слоя. В этот момент происходит постепенное протаивание торфяной толщи. Установленные по нулевой температуре границы замерзания и оттаивания торфяной поверхности позволили рассчитать продолжительность весеннего периода 54 и 28 дней для рьяма и топи соответственно, и для зимнего периода – 158 и 141 для рьяма и для топи. Эта продолжительность периодов и учитывалась при оценке суммарной эмиссии.

Для весеннего периода величина эмиссии рассчитывалась с учетом зависимостей скорости эмиссии от температуры, полученных в ходе экспериментов по оттаиванию торфа. Суммарный поток CO_2 в весенний период для рьяма $60 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$, для топи $14 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$.

Результаты измерения эмиссии CO_2 с поверхности торфяной залежи после установления устойчивого снежного покрова, показывают, что даже после замерзания торфа и наличия снежного покрова эмиссия CO_2 продолжается и среднем для рьяма составляет $24 \text{ мг}/\text{м}^2\text{час}$, и для топи $7 \text{ мг}/\text{м}^2\text{час}$. Суммарный поток CO_2 за зимний период составляет рьям $91 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$, топь $24 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$.

С 2008 года на исследуемых фитоценозах проводятся измерения эмиссии CO_2 в течение теплого периода года. На основании выявленных ранее зависимостей эмиссии CO_2 от температуры воздуха рассчитан суммарный поток CO_2 за теплый период года, который составляет для рьяма – $1186 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$ и для топи – $1490 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$.

Для оценки общей эмиссии CO_2 в течение всего года суммировались потоки рассчитанные для теплого периода (лето), для периода с замерзшим деятельным слоем почвы (зима) и периода когда существует оттаявший верхний слой почвы, а глубинные слои сохраняются в мерзлом состоянии (весна).

Таким образом исходя из полученных данных суммарный годовой поток CO_2 составляет для рьяма $1336 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$, для топи $1572 \text{ гCO}_2/\text{м}^2$. При этом зимней и весенней эмиссией на топи можно пренебречь, используя для годовой оценки только эмиссию за теплый период года, а для рьяма необходимо учитывать, так как зимняя и весенняя эмиссия CO_2 на рьяме составляет более 10 процентов от суммарной.

2. Полученные в ходе проведенных исследований концентраций ртути в почвах г. Томска не превышают ПДК и кларк концентрации (за исключением района пос. Восточный), что свидетельствует о низком уровне загрязнения. По результатам измерения содержания ртути в твердом осадке снега и почвах в г. Тоске и расчета основных эколого-геохимических показателей Советской, Октябрьский и Ленинский районы испытывают повышенную ртутную нагрузку. Кировский район можно назвать относительно чистым.

Коэффициенты концентрации ртути в объектах окружающей среды г. Томска

Объект	Район			
	Кировский	Советский	Октябрьский	Ленинский
Снег				
СНг, нг/г	50-183/113*	19-222/96	7-194/121	4-258/111
Кс	0,5-1,84/1,12	0,18-2,24/0,99	0,07-1,96/1,27	0,04-2,6/1,22
Ка	0,02-0,06/0,04	0,02-0,07/0,03	0,02-0,06/0,04	0,01-0,07/0,03
РНг, мг/(м ² *сут)	9,6-206,6/20,4	3,9-417,1/21,2	2,4-295,8/44,0	1,3-498,9/134,1
КрНг	0,36-7,74/0,76	0,15-15,62/0,79	0,09-11,08/1,65	0,05-18,69/5,02
Почвы				
СНг, нг/г	160-1160/359	260-2250/783	170-570/309	100-1010/482
Кс	1,78-12,89/3,98	2,89-25/8,7	1,89-6,89/3,43	1,11-11,22/5,36
КсПДК	0,08-0,55/0,17	0,12-1,07/0,37	0,08-0,3/0,15	0,05-0,48/0,23
Кк	0,04-0,33/0,1	0,06-0,50/0,14	0,04-0,14/0,07	0,05-0,20/0,1
Древесина				
СНг, нг/г		39-213/96		
Грибы				
СНг, нг/г		36-310/115		
Кб=СНграст/СНгпочв		0,47-3,30/1,22		

Примечание: СНг-концентрация ртути, Кс=СНг/Сф - коэффициент концентрации ртути относительно фона, Ка=СНг/Кг –коэффициент аэрозольной аккумуляции ртути от-

носителем Кларка в гранитном слое континентальной земной коры, $R_{Hg} = C_{Hg} * P_n / 100$ - общая нагрузка на снеговой покров, $K_{rHg} = R_{Hg} / P_{ф}$ - коэффициент общей нагрузки, $K_{сПДК} = C_{Hg} / СПДК$ - коэффициент концентрации ртути относительно ПДК, $K_k = C_{Hg} / K$ - Кларк концентрации ртути, $K_b = C_{Hg_{раст}} / C_{Hg_{почв}}$ - коэффициент биоаккумуляции, * - min-max/среднее значение

Для определения ртутной нагрузки на территорию г. Томска было проведено обследование почвенного покрова (120 проб, равномерно покрывающих территорию г. Томска), а также твердого осадка снега. Рассчитаны коэффициенты концентрации ртути (см. табл.) для почвы, снега, древесины, грибов. Для выявления возможных источников ртутного загрязнения были обследованы территории 56 основных градообразующих промышленных предприятий, расположенных на территории г. Томска.

В Томске формирование ореолов рассеяния ртути связано с деятельностью ряда промышленных предприятий, а также с рельефом города и преобладающим направлением ветра. Существенным источником поступления ртути в среду города может являться деятельность ГРЭС-2, шпалопропиточного, радиотехнического, электромеханического заводов, ООО «Эмальпровод», а также автотранспорт.

Содержание ртути в твердом осадке снега на территории г. Томска отражает экологическую обстановку в зимний период и подтверждает роль преобладающего направления ветра в перераспределение ртутного загрязнения по территории города.

3. Исследование по данным реанализа межгодовой изменчивости влагосодержания атмосферы за период 1891-2008 гг. на территории России, а также меридиональной и зональной компонент потоков влаги за период 1979-2009 гг., выявило области с наибольшими скоростями изменения влагосодержания: максимальное увеличение значений приходится в летние месяцы на Прикаспийский район, юг Западной Сибири и Приморье (0,8 г/кг за 10 лет). Методом обратных траекторий воздушных частиц установлена тенденция усиления северных потоков влаги для Западной Сибири (от 0,3% до 10,8% за 10 лет) и ослабления западных потоков влаги (от 10% до 2% за 10 лет).

Исследование межгодовой изменчивости влагосодержания атмосферы, а также меридиональной и зональной компонент потоков влаги проводилось по данным реанализов: 20th Century Reanalysis с пространственным разрешением 2оx2о за период 1891г. по 2008г. и JRA-25 с пространственным разрешением 1,25оx1,25о за период 1979г. по 2010г. Временная изменчивость поля влажности над территорией России в течение 20-го столетия анализировалась по данным 20th

Century Reanalysis на стандартных изобарических уровнях тропосферы за 4 временных периода: 1891-1920гг., 1921-1950гг., 1951-1980гг., 1981-2008гг. Для 1000 гПа по полученным значениям тренда были выделены области с их максимальными значениями. При исследовании трендов, выявлено, что максимальные значения приходятся на первую половину 20-го века (от 0,55 до 1,4 г/кг за 10 лет), во второй половине их величина меньше (от 0,35 до 0,7 г/кг за 10 лет). В районе полуострова Камчатка в течении 20-го столетия наблюдаются положительные тренды влажности с июня по сентябрь, что обусловлено высоким влагосодержанием воздушных масс, поступающих с Тихого океана.

Для каждого периода установлены области с максимальными значениями тренда удельной влажности: 1891-1920гг. восточная часть полуострова Камчатка и Командорские острова (от 0,6 до 0,9 г/кг за 10 лет), 1921-1950гг. Ишимская и Васюганская равнины (от 0,55 до 1,4 г/кг за 10 лет), а также прибрежные районы Белого и Баренцева морей максимальные значения тренда (0,7 до 1,3 г/кг за 10 лет) приходится на летние месяцы. Тренды за периоды 1951-1980 гг. и 1981-2008 гг. совпадают и выделяются район Приволжской возвышенности (от 0,4 до 0,7 г/кг за 10 лет) и Салаирского кряжа (от 0,4 до 0,6 г/кг за 10 лет). Максимальные значения приходятся на конец лета начало осени (рис.1.1).

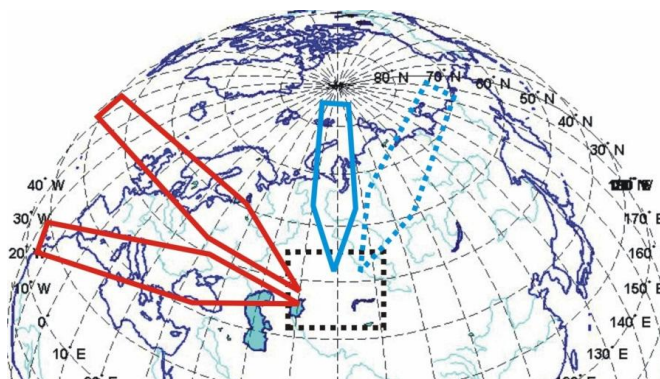


Рис. 1.1. Пример основных приходящих потоков (сплошные стрелки) за период 1979-2009гг. на юг Западной Сибири: западные (красные стрелки); северный (синяя стрелка). пунктиром показан восточный поток (наблюдается редко).

Методом обратных траекторий воздушных частиц по данным реанализа JRA-25 были установлены основные направления влагопереноса в области повышенного влагосодержания и выявлена тенденция увеличения доли количества потоков влаги для Западной Сибири с северного направления (от 0,3% до 10,8% за 10 лет) и уменьшения потоков влаги пришедших с западного направления (от 2% до 10% за 10 лет). Для Камчатского п-ва характерна противоположная тенденция: уменьшения доли северных потоков влаги (до 2,8% за 10 лет) и увеличения доли потоков влаги с западных направлений (до 2,5% за 10 лет).

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

ВАЖНЕЙШИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработаны средства и процедуры описания природно-климатических условий (ПКУ) регионов на основе агрегирования разнородных интегральных оценок различных составляющих и содержательного матричного описания их элементов. По результатам комплексной оценки получены описания ПКУ регионов на основе матриц интегральных оценочных характеристик климата и типов местных криогенных, гидрологических и ландшафтных условий. Описания ПКУ позволяют проводить количественную оценку внутривековых и многовековых региональных природно-климатических изменений.

Описание ПКУ опирается на результаты комплексной (многоуровневой) оценки характеристик регионального климата и типизации местных природных условий. В основу типизации ПКУ положены выявленные закономерные связи ритмов многолетних изменений, интегральных оценочных характеристик климата, местных гидрологических, криогенных условий, свойств ландшафтов (экосистем, почвенного покрова) и местных климатообразующих факторов. Выявлены особенности изменений региональных климатов Западной Сибири, обусловленных влиянием климатообразующих факторов речной долины, свойствами преобразованных ландшафтов, таежных экосистем с повышенной гидроморфностью (лесоболотных комплексов), которые влияют на влагооборот. Установлена климатически значимая роль криогенных процессов, определяющих тепловой баланс, гидротермические условия и местный тепловлагооборот, в зоне деградации островной мерзлоты. На основе результатов анализа выявлены следующие типы криогенных условий: вечная мерзлота (ВМ), островная многолетняя мерзлота (ОММ), редко-островная мерзлота (РОМ), глубокое промерзание грунтов (ГПГ), промерзание грунтов очаговое (ПГО), промерзание почв частое (ППЧ), промерзание почв редкое очаговое (ППРО). Выделены типы гидрологических условий: засушливые (З), умеренно гидроморфные (УГ), гидроморфные (Г), повышенной гидроморфности (ПГ). Проведена ландшафтная типизация территории: степь с очагами аридизации (СОА), степь с частыми засухами (СЧЗ), лесостепь (ЛС), лесная территория (Л), таежная гидроморфная территория (ТГТ), лесоболотная территория (ЛБТ), северная тайга (СТ), лесотундра (ЛТ), тундра (Т), горная территория (ГТ). При агрегированном описании ПКУ используют матричное описание оценочных характеристик (табл. 1) климатических условий, ландшафтов и типов криогенных, гидрологических условий.

Таблица 1. Агрегированное описание природно-климатических условий региона

Климатические условия			Ландшафты	Криогенные условия	Гидрологические условия
Пределы многолетних изменений	Ритм многолетних изменений	Матрица оценочных характеристик	Тип Состав Характеристики	Тип Характеристики	Тип Характеристики

Матрица агрегированного описания природно-климатических условий региона имеет вид:

Ритм	Пределы $Z_{тп}(^{\circ}C)$	Тип ландшафта	Тип КУ	Тип ГУ
Пределы $T_{г}(^{\circ}C)$	Пределы $Z_{вп}(^{\circ}C)$	Тип леса (доля)	Глубина (м)	Засухи (З)
Пределы $A(^{\circ}C)$	Пределы $T_{г}(^{\circ}C)$	Луг (доля)	Повторяемость (f)	Повторяемость (f)
Пределы $O_{г}(мм)$	Пределы $O_{вп}(мм)$	Пашня (доля)		

Матрица оценочных характеристик климата включает ритм многолетних изменений температурного режима, пределы многолетних изменений: среднегодовой температуры, сумм температур теплого периода года, холодного периода года, сумм температур вегетационного периода, температуры января, сумм осадков вегетационного периода, годовых осадков.

Таблица 2. Матрица характеристик природно-климатических условий территории Омской области

CCDCCDC	75 ÷ 90	ЛС 0,78	ППЧ	УГ
0 ÷ 3,8	63 ÷ 70	СЛ 0,2	0,9 ÷ 1,8	3
33 ÷ 44	-8 ÷ -27	Л 0,28	0,8	0,4
340 ÷ 480	110 ÷ 230	П 0,3		

Пример агрегированного описания современных природно-климатических условий территории Омской области приведен в табл. 2.

Климатические условия: $T_{г}=0\div3,8$ °С, ритм С С D E D, $Z_{тп}=80\div95$ °С, $Z_{вп}=65\div70$ °С, $T_{г}=-8\div-27$ °С, $O_{вп}=110\div230$ мм

Ландшафт: лесостепь (ЛС), смешанный лес (СЛ), Луг (Л), Пашня (П), остальное – Застройка, ЖКХ, Автострада, ТЭЦ.

Криогенные условия: промерзание почв частое (очаговое) ППЧ(О).

Гидрологические условия – умеренно гидроморфные (УГ), засухи (З) с частотой повторяемости 0,4.

Содержательное расширенное описание ландшафтов включает: состав и характеристики экосистем, природно-хозяйственных комплексов, объектов техносферы, жилищно-коммунального хозяйства. Например, состав смешанного леса

(СЛ) описывается формулой леса (Б10 О8 С7), где Б-береза, О-осина, С-сосна. При описании луговой растительности используют количественные оценки соотношения видов сообщества. Описание криогенных условий в зоне мерзлоты включает: тип, составляющие теплового баланса (ТБ), характеристики сезонного талого слоя (СТС). Например, криогенные условия территории Братска: РОМ, ТБ [0.52, 0.3, 0.18], СТС[L=1.6 м, T=2÷4 °С].

Проведена комплексная оценка современных природно-климатических условий в регионах Сибири, выявлены особенности изменений региональных климатов Западной Сибири, обусловленные местными климатообразующими факторами. Матричное описание позволяет проводить количественную (многопараметрическую) оценку внутривековых и многовековых региональных природно-климатических изменений.

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработка базовой системы сетевых программно-управляемых измерителей параметров природно-климатических изменений и технологии формирования базы данных мониторинга с реализацией удаленного веб-доступа.

Изменение климатических характеристик, которое в значительной степени сопровождается ростом количества опасных природных явлений и ростом экономических потерь, требует разработки моделей климата с высокой разрешающей способностью для своевременного и конкретного предсказания. По этой причине усиливается необходимость непрерывного инструментального мониторинга состояния окружающей среды. Одним из возможных вариантов реализации этой проблемы нами была предложена разработка и включение в систему мониторинга наряду с имеющимися базовыми станциями метеоизмерений, климатического и экологического мониторинга также программно управляемой сети необслуживаемых автономных станций мониторинга, имеющих малую стоимость и длительную (более 5-7 лет) работоспособность, для получения исходных данных с малым территориальным и временным разрешением.

Предложенная базовая структура системы автономного мониторинга состоит из распределенной сети станций или комплексов мониторинга, специализированного центрального сервера, пользователей, обладающих необходимым программным обеспечением и осуществляющих доступ к серверу посредством браузера, и интернета, как связующего звена.

Низкая цена определяется выбором комплектации, заменой покупных дорогостоящих датчиков собственными, малыми временными затратами на разработку благодаря готовым наработкам в этой области.

Таблица 3. Основные применяемые датчики:

№	Компонент	Диапазон измерений, погрешность	Используемый измерительный компонент / датчик
1	Датчик атмосферного давления (устанавливается на плате контроллера)	600...800 мм. рт.ст., ±1,5 %	MPXAZ6115AC6
2	Зонд профиля температуры грунта (3,2 м.)	-55...+50°C, ±0,1 °C	DS18B20 12 шт.
3	Датчик температуры и влажности воздуха в радиационной защите	0 ... 100%, ±3,5 %; -55...+50°C, ±0,1 °C	НН-4021-003; DS18B20
4	Датчик скорости и направления ветра	0,9 ... 78 м/с, ±5 %; 0 ... 360°, ±7 %	Davis Anemometer
5	Датчик количества жидких осадков	±0,2мм	Davis Rain Collector II
6	Датчик влажности грунта	0 ... 100%, 0...40%: ±1 %; 40...70%: ±2 %; температурный диапазон: -15...+50°C	TRIME-PICO32
7	Датчик уровня воды	0...10,5 м, ±1%	26PC05SMT
8	Датчик проводимости воды	10 ⁻⁸ ...0,2 См/м, ±5 %	
9	Датчик уровня снега (м)	0...1,2 м, ±0,05 м	
10	Датчик солнечной радиации (балансмер)	диапазон 0,2...10 мкм, ±5 %, 10–2000 Вт/м ²	

Приведенные в таблице 3, датчики, кроме 4 - 6, были разработаны для замены импортных и удешевления системы.

Зонд профиля температуры грунта представляет собой полипропиленовую трубу диаметром 25 мм с размещёнными в ней датчиками (глубины: 2, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240, 320 см.). Для измерения температуры поверхности грунта предназначен отдельный датчик. Для измерения температуры используются удобные по подключению, малогабаритные цифровые датчики DS18B20.

На конец отчетного периода завершена разработка программного обеспечения (ПО) 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. Идет тестирование и доводка серверного ПО, разработка тестового и калибровочного ПО и интерфейса пользователя.

2. Комплексные исследования и радиоуглеродное датирование торфяных отложений с целью оценки функционального палеосостояния в голоцене и современного состояния южно-таежных болот.

На основании анализа данных многолетних комплексных детальных исследований функционального состояния в голоцене южнотаежных болот для выбора оптимальных объектов для датирования было выявлено значительное искажение данных радиоуглеродного датирования: 1) значительное омолаживание возраста переходных и верховых торфов олиготрофных участков болот, формировавшихся путем зарастания сплавинами первичных озер преимущественно атмосферного питания (б. Темное, Цыганово); 2) значительное удревнение возраста низинных карбонатных торфов евтрофных участков болот: сплавин первичных озер (б. Кирек), погребенных в долинах малых (Бровка) и больших (Томь) рек, питающихся гидрокарбонатными водами; 3) частые инверсии и значительные различия возраста при повторном датировании на болотах как суходольного (б. Темное, Аргатьюл), так и озерного генезиса (б. Кирек); 4) искажение возраста на границах палеостратиграфических рубежей обусловленные прекращением торфонакопления; и установлено, что оптимальными для датирования являются верховые залежи у подножия повышенный мезорельефа водоразделов, сформировавшиеся в благоприятных микроклиматических условиях (б. Иксинское).

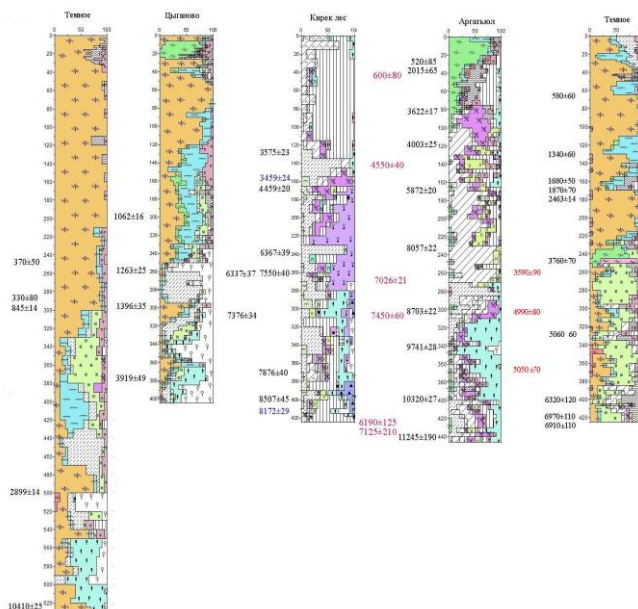


Рис.2.1. Стратиграфические разрезы южнотаежных болот Западной Сибири с противоречивыми данными радиоуглеродного датирования

3. Разработка формализма матричного описания природно-климатических условий и алгоритмов многомерного численного анализа климатогенных процессов с оценкой меры коллективности и её максимизации. Исследование ритмики в согласованных рядах оценочных характеристик климатических

процессов, данных палеомониторинга и дендрохронологии, с выделением локальных и глобальных составляющих.

Основными факторами, формирующими температурные поля, являются солнечная радиация, характер подстилающей поверхности и циркуляция атмосферы. Из них подстилающую поверхность стоит отнести к региональным факторам, а циркуляция атмосферы имеет как глобальный, так и региональный характер. В результате возникает неоднородное температурное поле: размеры областей локальной однородности уменьшаются, а вклад микрометеорологических процессов, влияние суточного и годового хода температуры увеличивается. Исследования температурных полей региональных масштабов требуют большой детальности, поскольку перенесение результатов, полученных для определенного района, сезона или времени суток на другие районы может оказаться неправомерным. С другой стороны, эти синоптические движения вносят существенный вклад в общую циркуляцию атмосферы и поэтому подлежат изучению как составная часть глобальных процессов. Цель данного раздела работы состоит в исследовании связности или согласованности изменений температурного поля как на масштабах, определяемых расположением метеостанций, так и всей территории Сибири, мерой связности будет коэффициент корреляции.

В последнее время исследования связности проводились на основе формализации утверждения, что внешнее вынуждающее воздействие, общее для какой-либо физико-географической единицы, проявляется в сходстве существенных признаков всех процессов в ее пределах. Введенный критерий дает количественную характеристику этого воздействия. При анализе согласованности на всей Азиатской территории России зимой были выделены области, занимаемые обширным Азиатским антициклоном. Для летнего периода была выявлена аномалия синхронности термического поля, очевидно связанная с поглощением тепла водными массами в бассейнах сибирских рек.

Для исследования были привлечены средние месячные температуры воздуха на 134 станциях Азиатской территории России за период с 1955 по 2010 годы. Сеть станций достаточно равномерная, хотя отмечается более плотная сеть на юге территории и менее плотная на севере.

В результате исследования было получено территориальное распределение коэффициента связности температурного поля по АТР в годовом ходе (рис.2.2). В январе отмечается обширная территория в центре АТР повышенной связности с центром в районе рек Тунгуска и Ангары. При этом степень связности доходит до 0,9. В феврале поле практически не меняется, однако видно сокращение территории с высокой связностью, при этом процессы на севере и востоке практически не

коррелируют с процессами в центре АТР. Это объясняется увеличением циклонической деятельности на севере и западе АТР. В марте, территория, охваченная высокой связностью сохраняется, однако уменьшается ее интенсивность. В апреле происходит дальнейшее сокращение территории, со смещением центра на запад в район города Сургута, что можно объяснить разрушением зимнего центра действия атмосферы – Азиатского антициклона. В мае и июне эти процессы углубляются (уменьшается величина территории, охваченная высокой сопряженностью и ее эффективность). В июле и августе происходит резкий сдвиг максимальной интенсивности в район Омской области. Над всей восточной частью АТР в июле, августе преобладают циклонические процессы с высокой изменчивостью во времени. С сентября территория, охваченная высокой связностью, увеличивается и этот процесс продолжается до февраля – марта, что объясняется становлением Азиатского антициклона с его устойчивым температурным режимом.

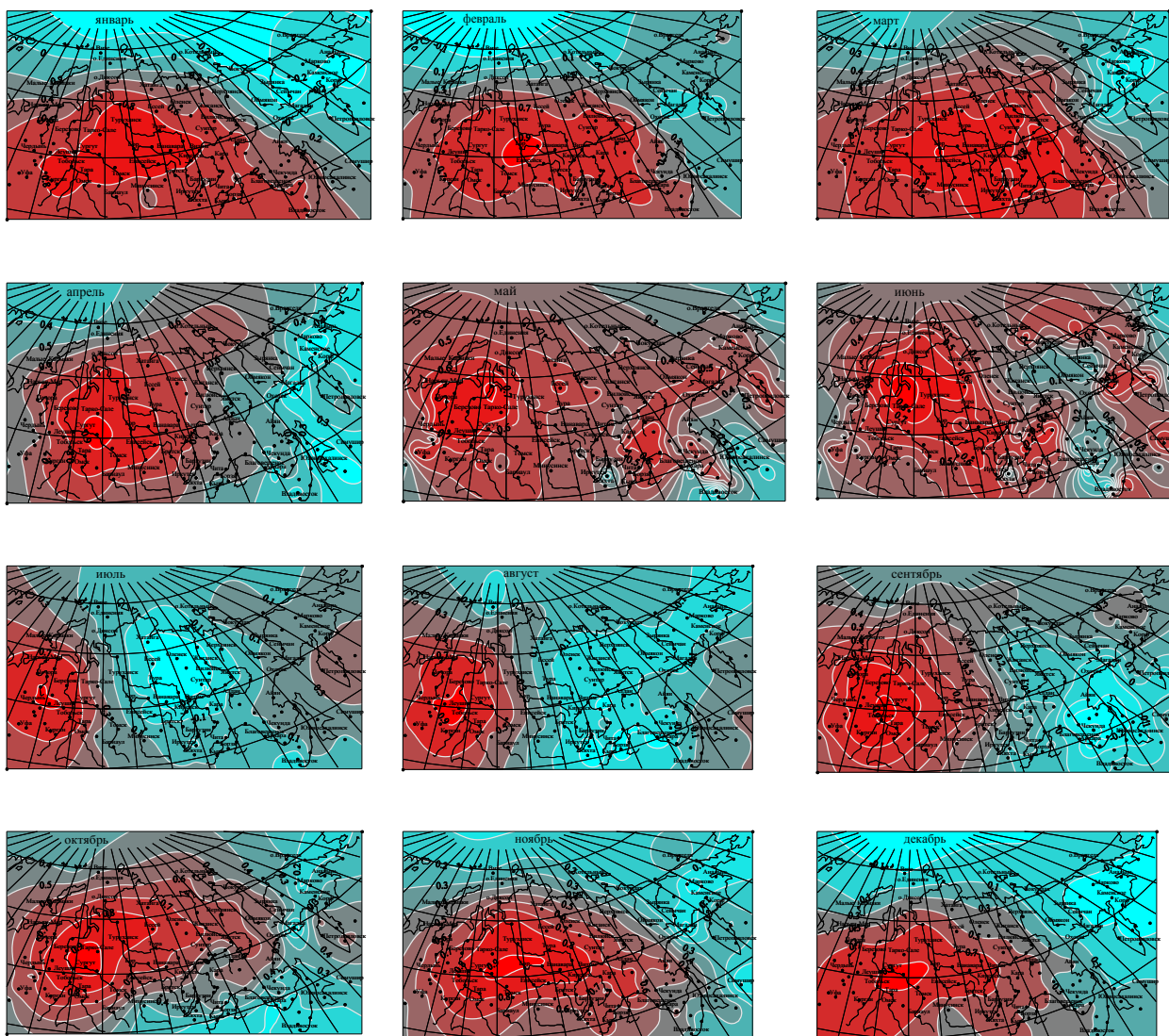


Рис. 2.2. Территориальное распределение коэффициента связности температурного поля по АТР в годовом ходе

Классификация позволяет определить районы с однородной структурой. Характер классов позволяет оценить степень качества прогнозов средней месячной температуры. Выявление нерепрезентативных станций позволит не учитывать их при составлении прогноза, а также при интерполяции данных.

Классификация позволяет определить районы, для которых общим будет являться период отопительного сезона, что, несомненно, позволит применить энерго-сберегающие технологии, в частности в распределении энергоресурсов.

Используя типовой ряд для каждого класса можно получить характеристики временных рядов общих для территории, охваченной классом.

Динамика распределения коэффициента связности температурного поля по АТР в годовом ходе при дальнейшем исследовании позволит установить механизмы, формирующие общее поле температуры, особенно с учетом характеристик циркуляции.

4. 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.

Оценка устойчивости оползневого склона по параметрам естественного импульсного электромагнитного поля Земли в системе АСК-ГП.

Источниками естественных электромагнитных полей, на регистрации которых базируется система мониторинга опасных геологических процессов, являются неоднородности структуры грунтов, разнонапряженные структуры, трещины и микротрещины. Под действием деформационных волн из нижней мантии, приливных сил, микросейсмических колебаний, ветровой и техногенной нагрузки на этих источниках возникают импульсные электромагнитные поля, которые и создают естественный электромагнитный фон литосферного происхождения. Импульсные электромагнитные поля могут меняться как при изменении напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтов, так при изменении воздействия на источники полей. Многолетние измерения в различных регионах показали, что естественные импульсные электромагнитные поля Земли (ЕИЭМПЗ) литосферного происхождения имеет ярко выраженный устойчивый суточный и сезонный ход. Это объясняется тем, что деформационные волны в земной коре связаны с вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца.

Типичный суточный ход может изменяться локальными геологическими процессами вблизи станции наблюдения, атмосферными грозами, техногенными

помехами. В связи с этим для мониторинга НДС грунтов необходимо применять не менее двух регистраторов ЕИЭМПЗ. Один из них (контролирующий) устанавливается в месте опасных геологических процессов, другой (реперный - вариационный) устанавливается на расстоянии, в месте не подверженном оползневыми и другими процессами, связанными с изменениями структуры и морфологии грунтов. Для повышения достоверности прогноза количество контролирующих и реперных регистраторов может быть увеличено. В таком случае реперные регистраторы выносятся в различных азимутальных направлениях от тела оползня, а контролирующие регистраторы располагаются сетью. Шаг сетки выбирается исходя из предварительных пространственных вариаций исследуемого района. Оценка НДС грунтов производится путем сравнения данных регистраторов. В случае, когда на контролирующих регистраторах интенсивность ЕИЭМПЗ будет существенно отличаться от интенсивности, зарегистрированной на реперных в течение трех суток и более, следует ожидать подвижек грунта из-за изменения НДС и принимать управленческие решения, связанные с защитой инженерных сооружений вблизи данного участка и минимизации последствий, связанных с его подвижкой.

В конце 2007 года была начата работа и запущена в опытную эксплуатацию первая очередь автоматизированной системы контроля геодинамических процессов (АСК-ГП) оползневого склона на трассе магистрального газопровода Уренгой – Помары - Ужгород в районе перехода через реку Кама. К настоящему времени комплекс состоит из двенадцати многоканальных геофизических регистраторов «МГР-01», размещенных в антивандальных бункерах на территории склона и за его пределами. Места размещения бункеров выбраны на основании комплексных геофизических исследований в точках с явно выраженными аномалиями напряженно-деформированного состояния горных пород.

Кроме регистраторов «МГР-01», на склоне оборудованы 4 специализированных скважины, в которых установлены тросовые датчики, регистрирующие горизонтальное смещение грунта на разных глубинах. Одновременно измеряется уровень и химический состав грунтовых вод. Дополнительно на всех 9-ти трубах газопровода, в верхней и нижней части оползневого склона, установлены интеллектуальные вставки (ИВ), которые измеряют деформацию металла.

На основании повторных площадных измерений естественного импульсного электромагнитного поля Земли в августе 2011 года, было предложено дополнительно обустроить две точки наблюдений в системе АСК-ГП, в этом случае общее количество точек наблюдений НДС грунта на оползневом склоне достигло 12. Предложено использовать в качестве антивандальных бункеров не металлические конструкции, а специально изготовленные емкости из полиэтилена. Во-первых, ма-

териал не подвержен коррозии, во-вторых, обеспечивается более качественная герметичность и исключается необходимость выносить приемную антенну регистратора «МГР-01» из бункера.

Разработана принципиальная электрическая схема платы сопряжения регистратора «МГР-01» с модемом, зарядного устройства и контроля напряжения питания аккумулятора, с автоматическим отключением при понижении напряжения ниже допустимого. Схема реализована на 32-разрядном ARM-контроллере AT91SAM7X256 с высоким быстродействием, что позволит использовать коммуникационное программное обеспечение в режиме реального времени.

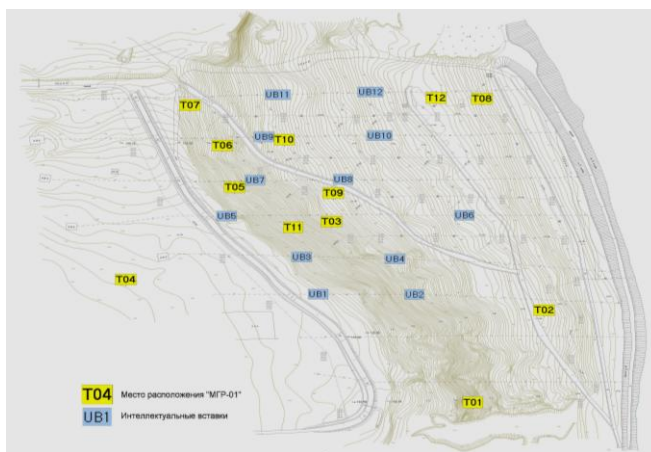


Схема автоматизированной сети контроля НДС грунтов (АСК-ГП) оползневого склона на 27 октября 2011г.

Однако, качественные хорошо воспроизводимые результаты могут быть получены только с учетом ряда принципиально важных особенностей естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). К таким особенностям, прежде всего, следует отнести существование глобальных и региональных процессов, способных изменять интенсивность регистрируемого сигнала ЕИЭМПЗ, а также наличие импульсов, пришедших из-за пределов контролируемой территории.

Предложена концепция оценки геодинамических оползневых процессов по параметрам естественного импульсного электромагнитного поля Земли

Предложенное применение обработки сигналов ЕИЭМПЗ и использование системы разнесенных в пространстве станций обеспечило высокоточные, хорошо воспроизводимые результаты, отражающие активность геодинамических склоновых процессов, с высокой достоверностью.

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

Важным результатом выполненных работ стали итоги экспериментальной проверки возможностей пространственно-временного мониторинга НДС склона в масштабе реального времени. Удалось показать, что различные участки берега являются динамически развивающимися структурами, причем ситуация на различных участках оползня может изменяться даже в течение одних суток.

Для удобства работы операторов, обслуживающих данный участок магистрального газопровода, была разработана специальная программа оценки устойчивости оползневого склона системой АСК-ГП на трассе магистрального газопровода «Уренгой – Помары-Ужгород» при переходе реки Кама в режиме «светофора», где цветовая гамма позволяет судить о геодинамике горного массива в реальном времени. Причем, возможно просмотреть изменения НДС грунтов за последние 3-е суток, как в статике, так и в динамике. Это позволяет оперативно принимать инженерно - технические решения, для без аварийной эксплуатации газотранспортных сооружений. Безусловно, решения должны применяться по результатам комплексной оценки, включающих показания ИВ вставок и других геофизических параметров (давление газа, метеобстановки, уровня и минерализации грунтовых вод)



Пример экрана монитора оператора, результатов оценки геодинамики оползневого склона в режиме «светофора».

Система векторного анализа естественного импульсного электромагнитного поля Земли

В последующие годы широко обсуждаются и разрабатываются методы прогноза стихийных природных явлений, основанных на регистрации импульсов ЕИЭМПЗ, возникающих в горных породах при их разрушении. Чрезвычайно высокая проникающая способность электромагнитных полей делает перспективными эти методы для наблюдения за процессами разрушения в горных массивах.

Патентный поиск позволил сформулировать общие недостатки аппаратуры по регистрации ЕИЭМПЗ, которые тормозят фундаментальные исследования и

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

В программном обеспечении, поставляемом со станцией МГР-01, предусмотрена возможность запуска преобразования АЦП с компьютера. Принцип работы данного макета следующий: с компьютера по команде пользователя приходит запрос на одиночное преобразование на вход EX0 (внешнее прерывание) одного из контроллеров. Программа в нем была сконфигурирована таким образом, что по приходу импульса на EX0 через порт T1 запускается одиночное преобразование и на втором контроллере. Таким образом, имеем два синхронизированных канала.

Антенный блок состоит из двух перпендикулярно ориентированных ферритовых антенн для регистрации Н-компоненты ЭМС. В настоящий момент каналы работают независимо друг от друга и связаны только с платой управления. Каждый из каналов выполнен на базе микроконтроллера фирмы Analog Devices типа ADuC841BS. Микроконтроллер ADuC841BS имеет встроенный 8-канальный 12-разрядный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), два цифро-аналоговых преобразователя (ЦАП), встроенные счетчики импульсов, последовательный порт, датчик температуры кристалла, встроенное электрически перепрограммируемое ПЗУ емкостью 64 Кб, ОЗУ емкостью 2304 байт и энергонезависимую память данных емкостью 4096 байт. АЦП может работать с частотой оцифровки до 400 кГц. С помощью АЦП оцифровывается аналоговый сигнал измеряемого параметра ЕИЭМПЗ. В ПЗУ хранится программа, которую выполняет микроконтроллер.

Полевые испытания созданного макета проводились на метеостанции в Академгородке и на стационаре ИМКЭС СО РАН «Киреевск».

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

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

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Предложены и апробированы методики определения количества энергии различных природных потоков, формирующих экологическую ёмкость территории на примере типичных ландшафтных провинций Западной Сибири и Горного Алтая. (Невидимова О.Г., Кузнецов А.С., Волкова Е.С.)

В том числе, разработан алгоритм и комплекс программ для расчета составляющих радиационного баланса на поверхности склонов различной крутизны и экспозиции. Дана количественная оценка территории горноледникового бассейна реки Актру по величине радиационного баланса.

На основе топографических карт, космических снимков и материалов инженерно-геоморфологических исследований с помощью программного ГИС обеспечения Microdem Terrabase II (V. 10.12) для данной территории составлена карта-схема распределения значений радиационного баланса. Установлено в частности, что максимальные величины радиационного баланса соответствуют участкам рельефа южной, юго-западной, юго-восточной экспозиции с углами наклона от 20° до 35°; минимумы приурочены к крутым склонам (более 25°) северной, северо-восточной экспозиции – с увеличением угла наклона значение радиационного баланса резко сокращается. Наиболее равномерно значения радиационного баланса распределяются в июле по пологим склонам независимо от экспозиции.

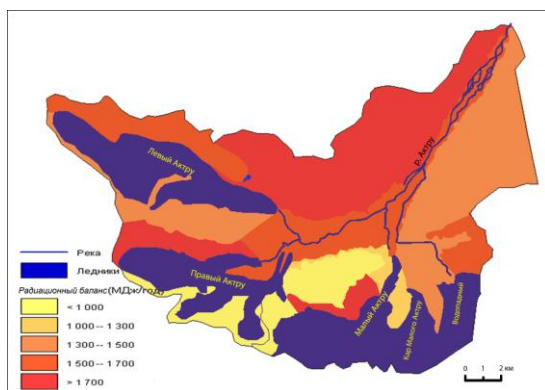


Рис. 3.1. Районирование территории горноледникового бассейна реки Актру (Горный Алтай) по величине радиационного баланса, МДж/год



Энергия ресурсов леса по основным породам по удельной теплотворной способности, МДж/га
 береза - 20 058,88 осина - 15 121,83
 кедр - 18 198,79 пихта - 22 367,25
 лиственнично-хвойный лес - 18072,76 сосна - 14 617,01

Рис. 3.2. Оценка ресурсного потенциала лесных экосистем Томской области по удельной теплотворной способности по основным породам (береза, кедр, осина, пихта, сосна, лиственнично-хвойный лес), МДж/га

Также на основе методики дифференцированной оценки валового потенциала энергии древесных пород через удельную теплотворную способность рабочей биомассы, дана количественная характеристика ресурсного потенциала лесных экосистем по основным породам Томской области: береза, кедр, осина, пихта, сосна и лиственнично-хвойный лес. Расчеты, проведенные в среде пакета Mapinfo, показали, что наибольший валовый потенциал энергии древесных пород на территории Томской области (более 22 000 МДж/га) сосредоточен в пихтовых лесах Верхнекетского и Васюганского лесничеств, а наименьший (менее 16 000 МДж/га) в осиновых лесах. Причем энергетические характеристики древесных пород не всегда коррелируют с запасами и площадью.

2. Геоэлектрическое профилирование плотин моренно-подпрудных озер (Аркольского и Маашейского, Горный Алтай) позволило выявить зоны формирования термокарстовых поноров (участков потенциальной катастрофической разгрузки водоемов) при современных климатических изменениях. (Бородавко П.С.)

Оценка устойчивости плотины Маашейского озера проведена с применением методов подповерхностного геоэлектрондирования и компаративного анализа материалов полихронной аэрокосмосъемки. Геоэлектрическое зондирование морено-

озерных дамб, сложенных многолетнемерзлыми породами проведено с использованием геофизического комплекса АВЕМ Terrameter SAS 300С.

В результате исследований получены данные по фильтрационной устойчивости мерзлых пород слагающих плотину, выявлены опасные участки формирования подземных термокарстовых каналов стока, образующихся при вытаивании массивов погребенного льда.

Изменение климатических параметров вызвало преобразование энергетического баланса и трансформацию морфодинамических характеристик моренных комплексов, что привело к образованию термокарстовых поноров. Дальнейшее развитие данных процессов, несомненно, приведет к прорыву моренных плотин и катастрофическим последствиям в их нижних бьефах.

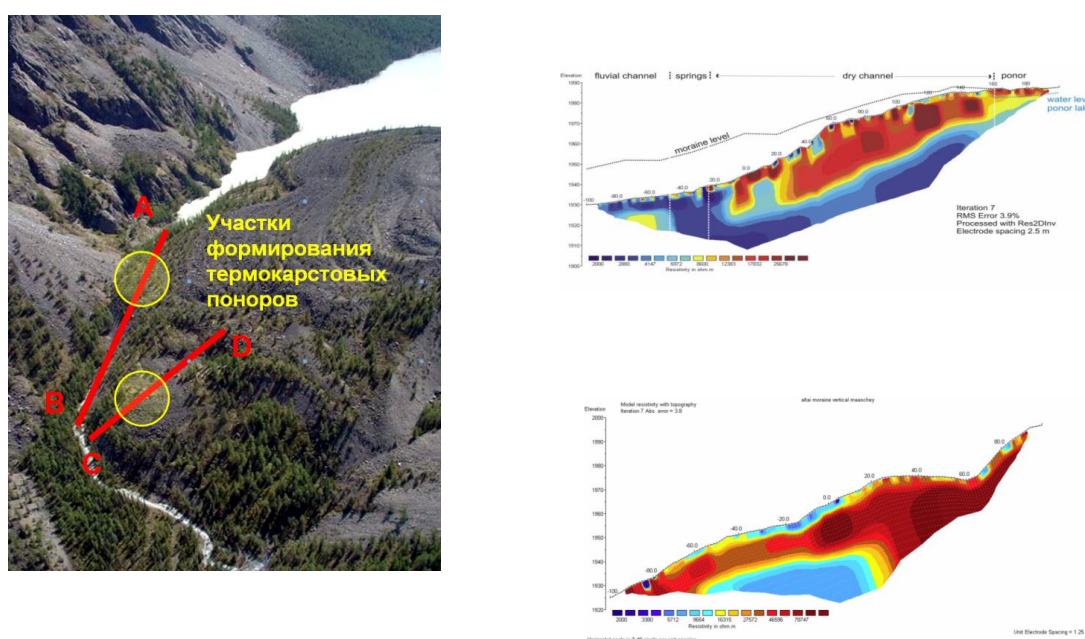


Рис. 3.3. Зоны формирования термокарстовых поноров (слева) и электротомограммы по линиям А-В и С-Д плотины Машейского озера (справа). Льдистые горные породы с отрицательными температурами на томограммах показаны оттенками синего цвета, оттаявшие влагонасыщенные грунты отмечены оттенками красного.

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Проведен анализ условий формирования пойменно-руслового комплекса «Верховье реки Актуру» и особенностей морфологии русла в верхнем течении р. Актуру. Выявлены количественные характеристики обратной связи в механизме саморегуляции «русло-поток» р. Актуру. Основным видом обратной связи в русловой системе является изменение уклона на стыке участков с различными его значениями. Сущность этой связи может быть выражена следующим образом. Если на каком-либо участке скорость руслового потока не достаточна для переме-

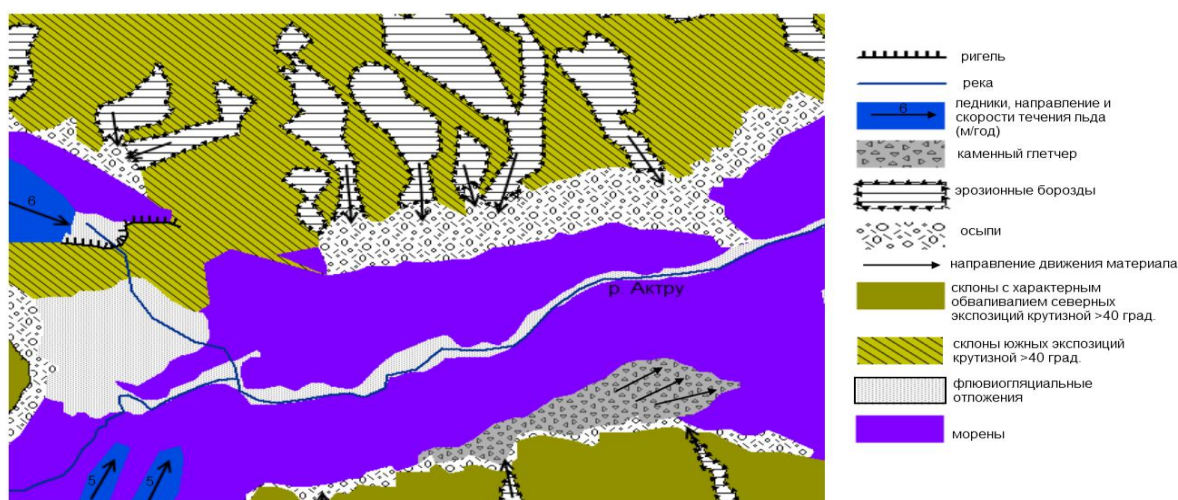
щения всего поступающего обломочного материала, то это является причиной его аккумуляции. Аккумуляция выполняет роль обратной отрицательной связи, вызывающей уменьшение расхода твердого вещества в верхнем створе участка. С другой стороны, ниже по течению, аккумуляция играет роль обратной положительной связи, вызывающей увеличение уклона дна и соответственно расхода вещества.

Наиболее яркое выражение эта связь получает на тех участках реки, где движение руслового потока происходит в собственных отложениях. Таким участком на реке Актру является ранее выделенная аккумулятивная подсистема, называемая долинным зандром. Анализ уклонов реки Актру от места слияния до выхода с зандровой поверхности позволил выявить особенности регулирования русловым потоком своих уклонов.

Следует отметить, что подобный механизм саморегуляции отмечается как на границе транзитной и аккумулятивной подсистем, так и в их пределах.

2. На основе разработанной оригинальной легенды к картам геоморфодинамики (Поздняков А.В., 2005) с дополнениями, необходимыми для оценки энергетического бюджета геоморфосистем, составлена карта динамики современного рельефообразования с определением количественных характеристик ведущих геоморфологических процессов горноледникового бассейна р. Актру.

При составлении карты учитывались сведения о количественной величине расхода вещества в литопотоках, скорость и направления процессов рельефообразования, отражается динамически равновесная граница. Представлен фрагмент карты морфодинамики горноледникового бассейна р. Актру.



3. Предложена универсальная методика расчета энергетической эффективности функционирования лесохозяйственной системы. На примере посадки семян сосны в Тимирязевском лесхозе рассчитана энергетическая эффективность функционирования лесохозяйственной системы.

Оценка эффективности функционирования лесохозяйственной системы была дана на основе методики Г.Одума с учётом климатических характеристик южной зоны тайги на примере расчета энергетической стоимости сосны обыкновенной. Проведенный расчет показал, что за 100 лет на рост и питание группы сосны на 1 га было затрачено: солнечного излучения 105000 ГДж; осадков 63,8495 ГДж; минеральных и органических веществ из почвы 72,85 ГДж. Суммируя эти величины, и, отнеся их к количеству лет плодоношения, получаем, что для прироста сосны за один год в среднем расходуется 150,1952 ГДж природной энергии.

На долю техногенных вкладов приходится всего 1/10 часть всех затрат энергии.

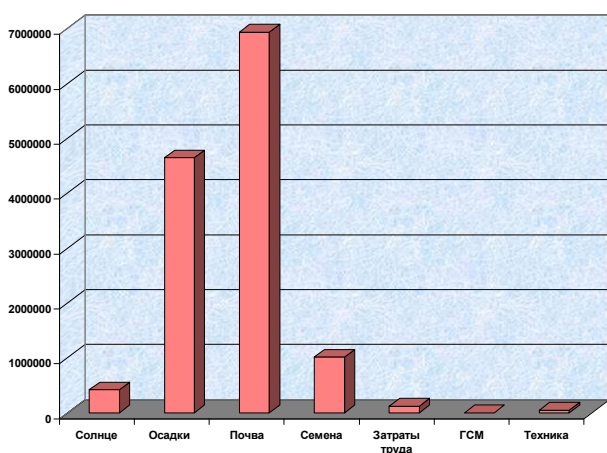


Рис. 3.4. Затраты природной и техногенной энергии на создание 1 га культур сосны посевом семян (за 10 лет)

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ по лесовосстановлению сосны обыкновенной посевом семян и посадкой 2-летних сеянцев сосны. Этот анализ показал, что коэффициент энергетической эффективности лесовосстановления посевом семян $K_{еe}$ равен 2,7 с энергозатратами 22158 МДж/га, а энергозатраты на лесовосстановление посадкой 2-летних сеянцев сосны составляют 9409,7 МДж/га с коэффициентом энергетической эффективности лесовосстановления $K_{еe} = 2,4$. Уменьшив долю ручного труда, механизировав посадку, найдя на основе данного анализа ещё пути для экономии энергозатрат, можно значительно увеличить эффективность лесовосстановительных работ.

4. Проведены комплексная оценка и районирование опасных природно-климатических явлений и рисков для аграрного землепользования на территории Томской области.

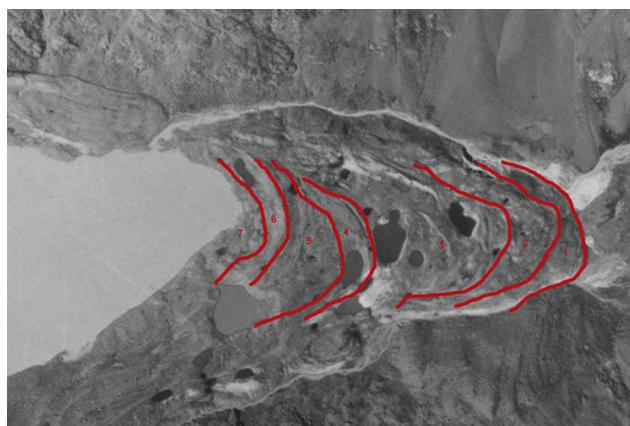
Для развития сельского хозяйства Томской области сложные природно-климатические условия во многом являются определяющими и варьируются по территории. Были выделены и проанализированы показатели, отражающие природно-климатические опасности, характерные для Томской области: резкие колебания суточного хода температур на поверхности почвы в апреле; число дней в году с градом более 20 мм; число дней в году с ливнями (апрель-октябрь) более 80 мм/сутки; число дней с влажностью воздуха 30 % и менее (апрель-октябрь); кол-во дней с морозом на поверхности почвы (июнь, август); максимальное кол-во дней со скоростью ветра 15 м/с и более. Пространственно-временная оценка климатических условий, по совокупности индикаторных для Томской области климатических факторов, позволяет охарактеризовать область как территорию с большим природным рискоформирующим потенциалом для аграрного землепользования. Следующим «слоем» комплексного риск-анализа является территориальная оценка степени развития сельского хозяйства по определенным эколого-экономическим показателям. Заключительным этапом исследований стал расчет интегрального показателя риска аграрного землепользования.

Максимальные риски в аграрном землепользовании имеют Томский, Кожевниковский районы, где производится основная часть сельскохозяйственной продукции, и где на экономическую составляющую накладываются определенные неблагоприятные природно-климатические условия, такие как обильные и продолжительные атмосферные осадки, град, низкие (заморозки) и высокие температуры воздуха, резкость колебания температур в апреле, засухи, ветер, метели, грозы и пыльные бури. На севере области, где сельскохозяйственная деятельность сводится к минимуму, риски аграрного землепользования низкие, хотя природно-климатические условия крайне суровые и в отдельные годы могут приводить к полному уничтожению урожаев.

5. В рамках изучения чувствительности и уязвимости высокогорных геосистем и их реакции на климатогенный стресс исследован конечно-моренный комплекс (КМК) «малой ледниковой эпохи» ледника Софийского. По данным лихенометрической съёмки выделены этапы отступления ледника Софийский в «малую ледниковую эпоху».

Морена МЛЭ располагается примерно в 2 км от конца современного ледника и представляет собой сложную систему моренных гряд, тесно прижатых друг к другу, и в совокупности сформировавших конечную морену протяжённостью около 1,5 км. Моренный комплекс является подпрудой для Аккольского озера. Выше озе-

ра, до самого языка ледника располагается предледниковое зандровое поле с многочисленными следами блуждания основного русла, вытекающего из-под ледника. Всего на КМК четко выделяется 13 моренных гряд, которые, после полученных данных по лихенометрии, были объединены в 7 разновозрастных групп, отражающих основные этапы его формирования. Лихенометрическая съемка КМК позволила выявить основные фазы активности ледника: Начало 17 века • Середина 17 века • Конец 17 – начало 18 веков • Середина 18 века • Конец 18 – начало 19 веков • Середина 19 века • 80-е годы 19 века. Таким образом, ледник сформировал конечную морену за семь временных этапов, начиная с начала 17 века по конец 19 века. Ледник был наиболее динамичен в конце 17-начале 18 веков; середине 18 века; середине 19 века.



Этапы отступления ледника Софийский в «малую ледниковую эпоху» по данным лихенометрической съёмки: 1 - начало 17 века; 2 – середина 17 века; 3 – конец 17-начало 18 веков; 4 – середина 18 века; 5 – конец 18-начало 19 веков; 6 – середина 19 века; 7 - 1880-е годы.

[4. Проект VII.63.1.4. Экосистемные изменения на ландшафтных и климатических границах в условиях глобального потепления](#)

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. На основе концепции границ и динамики ареалов установлено разнообразие мозаики конечных состояний ландшафта (лес, болото) и переходов между ними. Изменение конфигурации и фрагментация лесного покрова с течением времени определяется процессами торфонакопления в первичных очагах и экотонах локального уровня, сукцессией растительности, водным режимом и динамичностью внешних условий. (Пологова Н.Н.)

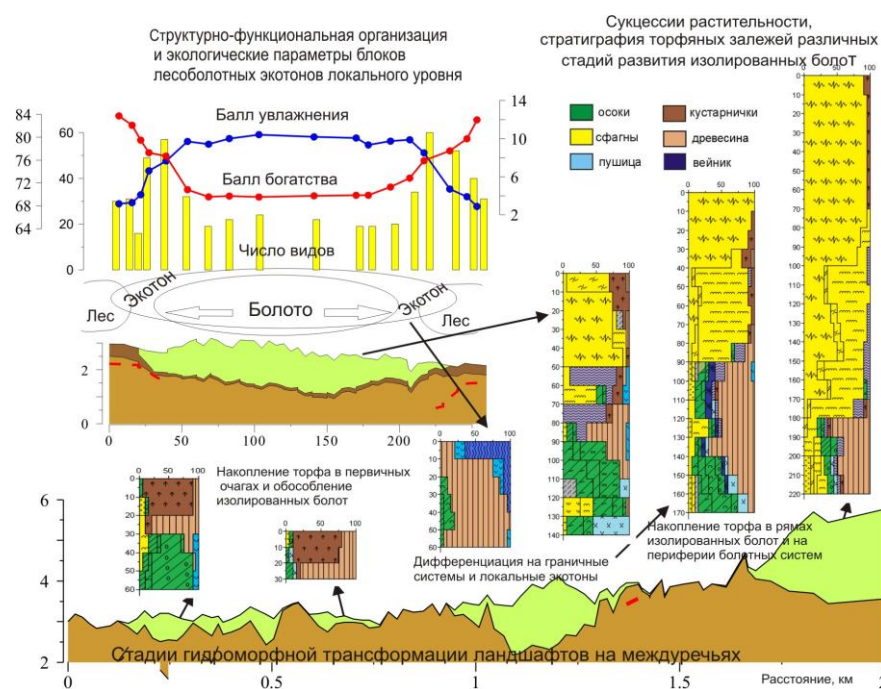


Рис. 4.1. Развитие болотного процесса на Васюганской равнине.

Заболачивание, направленно изменяя ландшафты, приводит к фрагментации фонового биотического компонента, проявляется на локальном и ландшафтном уровнях различным сочетанием «конечных» состояний (лес и болото) и переходов между ними (лесоболотные экотоны). Экотоны ландшафтного уровня состоят из мозаики пятен леса и изолированных болот. На границе болота постоянно воспроизводится экотон локального уровня, а динамика его границ определяется сукцессией фитоценоза и тесно увязана с погодно-климатическими условиями. Динамика границ является ключевым моментом изменения ландшафтов. С развитием болотного массива происходит присоединение и поглощение изолированных болот, соответственно увеличивается протяженность границ. Заторфовывание первичных водотоков и депрессий рельефа приводит к выравниванию поверхности, уменьшению уклонов и, в конечном счете, снижает величину стока с территории. Интенсивность и скорость процесса отражается в площадном соотношении фаций, находящихся на разной стадии болотообразования, структурно-функциональной организации лесоболотных экотонов и стратиграфии торфяных отложений.

2. Путём транс-континентальной пространственно-временной корреляции палеопалинологических данных юга Томской области с лёссо-почвенными сериями Восточной Европы, колебаниями водности Каспийского моря и сменами комплексов фораминифер у берегов Гренландии выявлено отдалённое влияние вековой ритмики северо-атлантической циркуляции морских вод на климат в центре Евразийского континента. При этом, отмечено некоторое отста-

вание во времени начала периодов увлажнения в направлении с запада на восток, что может быть обусловлено как постепенным развитием влияния атлантических циклонов вглубь материка, так и отставанием реакции растительного покрова на климатические изменения. (Бляхарчук Т.А.)

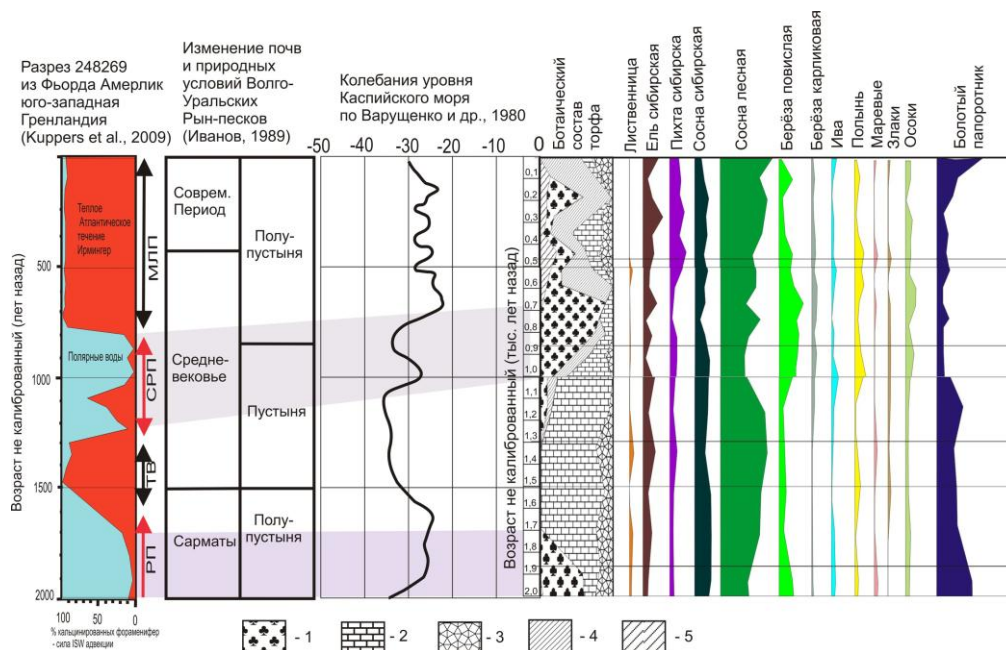


Рис.4.2. Транс-континентальная пространственно-временная корреляция пыльцевых данных и ботанического состава торфа болота Ново-Успенка с колебаниями увлажнённости в пустынно-степных ландшафтах (Иванов, 1989), водности Каспийского моря (Варущенко и др., 1980) и с изменениями северо-атлантической циркуляции (Kuijpers et al., 2009). Условные обозначения: 1 – вахтовый торф; 2 – древесный торф; 3 – хвощево-папоротниковый торф; 4 – гипсовый торф; РП – Римское потепление; ТВ – «тёмные века»; СРП – средневековое потепление; МЛП – «Малый ледниковый период».

Проведен анализ обширной палеопалинологической информации юга Томской области и сравнение палеоэкологическими данными других регионов. **Выявлены синхронные изменения региональной и локальной растительности, вызванных отдалённым влиянием ритмики северо-атлантической циркуляции морских вод и, связанной с ней, североатлантической климатической осцилляции.**

Для корреляции, использовались 6 полученных на юге Томской области спорово-пыльцевых диаграмм (озеро Кирек, торфяники Ново-Успенка, Тегульдет, Жуковское и Овражное), позволивших выявить явную синхронность основных фаз изменения растительного покрова за последние 12 тыс. лет. Так, во всех диаграммах наблюдалась синхронность фазы возрастания роли пихтовых лесов 4-3 тыс. л.н. Но максимально пихтовые леса представлены в пыльцевых диаграммах приуроченных к северным отрогам Кузнецкого Алатау. Напротив, в степях Западной Сибири и

Хакасии, с 4 до 3-х тыс. л.н. ярко проявился сухой период, предшествовавший увлажнению климата.

Пыльцевые спектры пойменного болота Ново-Успенка отразили высокую чувствительность к вековым колебаниям увлажнённости климата. Так во время двух исторических потеплений (Римского и Средневекового) на этом болоте распространялись веретьево-топяные комплексные сообщества из моховых гряд с берёзой и переувлажнённой вахтовой топи, что, вероятно, было обусловлено повышенным количеством осадков, приносимым в Сибирь атлантическими циклонами. Более многоводными при этом становились разливы р. Оби. С ослаблением циклонов климат становился более континентальным, водность р. Оби уменьшалась и болото зарастало сосновым лесом. Эти вековые циклы глобальной природы нашли отражение, как в ботаническом составе торфа, так и в пыльцевой диаграмме болота Ново-Успенка, в палеопочвенных сериях Волго-Уральских Рын-Песков, колебаниях уровня Каспийского моря. Кроме того, отмечено, что с запада на восток наблюдается некоторое отставание во времени начала периодов увлажнения, что может быть обусловлено как постепенным развитием влияния атлантических циклонов вглубь материка, так и отставанием реакции растительного покрова на климатические изменения. Смена комплексов холодноводных и тепловодных фораминифер у берегов Гренландии при изменении направления тёплого течения Гольфстрим происходило гораздо быстрее, чем смена растительных сообществ на болоте в центре Евразийского континента. Еще медленнее изменялась растительность на суходолах отражающая в большей степени ход тысячелетних циклов увлажнённости, чем вековых колебаний климата.

Проведённый анализ показал, что пыльцевые диаграммы юга Томской области в зависимости от их географического, геоморфологического и литологического расположения, отражают в большей или меньшей степени смены растительного покрова различной периодичности – от вековых до тысячелетних и более крупных ритмов. При этом все эти ритмы, включая самые краткие – вековые, вероятно имеют глобальную природу, обусловленную ритмикой северо-атлантической циркуляции морских вод

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. На основе экспертной оценки информативности характеристик видового состава, изучения структуры растительности на высотном экологическом профиле от лесостепного до горно-тундрового пояса Северо-Чуйского хребта и фитоценотической структуры лесотундрового экотона в репрезентативном для мониторинговых исследований горно-ледниковом бассейне Актру (зона

раннего отклика, высокогорья Центрального Алтая) выделен индикаторный вид – кедр сибирский. В условиях лесотундрового экотона (2250-2450 м над ур.м.) выявлена реакция на климатические изменения. Установлено, что в период потепления климата (на Алтае датируется началом 80-х гг. XX в.) на верхней границе произрастания в более засушливых условиях кедр успешно поселялся до конца 80-х гг. XX в., в более влажных – до 2003-2004 гг. (Тимошок Е.Е., Тимошок Е.Н., 2011)

Анализ экологических условий на основе стандартных экологических шкал Раменского-Цаценкина показал, что в условиях лесотундрового экотона диапазон экологической толерантности кедра по фактору увлажнения 8 ступеней, по фактору активного богатства почв – около 3 ступеней. Для более сухого и крутого восточного склона характерно более низкое увлажнение и большее активное богатство почв, чем для западного и северного склонов.

Сравнение полученных данных по увлажнению и активному богатству почв и расчетных диапазонов оптимумов по этим факторам (Цаценкин, 1978) позволило установить, что современные условия лесотундрового экотона для кедра оптимальны. Поселение кедра здесь определяется климатическими факторами: в средней и нижней части экотона (субоптимальные условия) – в первую очередь осадками, в верхней его части (пессимальные условия) – совместным влиянием температур и осадков.

2. Многолетние исследования кедрово-лиственничных лесов, неоднократно пройденных пожарами (горно-ледниковый бассейн Актру, Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай, 2150-2100 м над ур.м.) показали, что динамика радиального прироста двух поколений кедра и лиственницы во второй половине XX века существенно различается. Четкий климатический отклик на современное потепление выявлен только у молодых деревьев кедра в разреженном лиственничнике (Бочаров А.Ю.).

Анализ возрастной структуры кедрово-лиственничных лесов показал, что их древостои – ступенчато-разновозрастные и условно-одновозрастные с возрастом старшего поколения лиственницы и кедра 230-280 лет, молодого – 90-110 лет. Отмечено, что в конце XX века, радиальный прирост деревьев в разреженном лиственничнике увеличивается. У лиственницы старшего поколения – незначительно, у кедра молодого поколения – в два раза по сравнению с 1950-1980 гг. (рис. 4.3., А). В сомкнутых лесах прирост деревьев лиственницы и кедра обоих поколений либо не изменяется, либо снижается (рис. 4.3. Б,В).

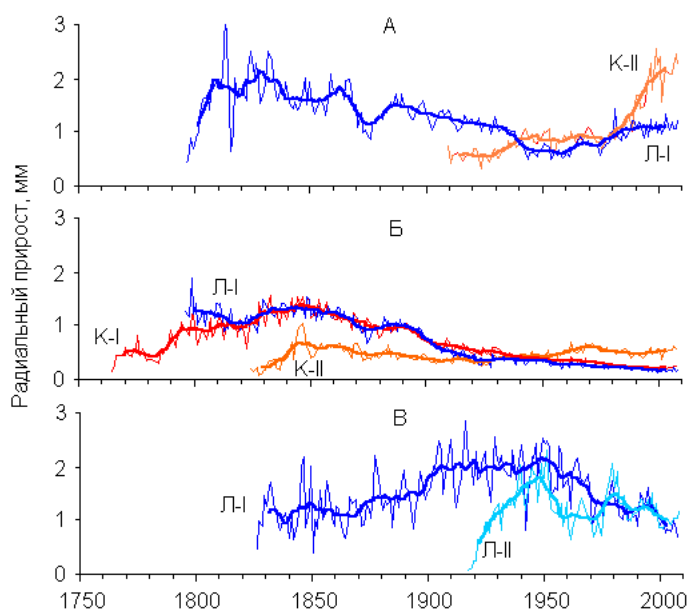


Рис.4.3. Динамика радиального прироста деревьев лиственницы (Л) и кедра (К) первого (I) и второго (II) поколений в лесах горно-ледникового бассейна р. Ак-тру, пройденных пожарами, (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай). А – разреженный лиственничник со вторым ярусом из кедра, Б – сомкнутый лиственничный кедровник, В – сомкнутый лиственничник.

Анализ остаточных древесно-кольцевых хронологий показал, что положительные и достоверные связи прироста и климатических переменных во второй половине XX в. выявляются только у лиственницы (+0,43-0,57 с температурой июня). При 5-летнем сглаживании эти связи проявляются ярче (особенно с температурами летних месяцев, +0,49-0,78); выявлены значимые связи с суммой осадков августа (+0,44-0,52). У кедра при таком же сглаживании выявляются положительные связи с осадками мая-августа (от 0,38 до 0,64) только в разреженном сообществе.

3. Исследованы гумусовые профили почв Васюганской равнины. Отмечено их сложное, полигенетичное строение, которое обусловлено формированием в изменяющихся условиях природной среды. При стабильной литоматрице переменными фактором гумусообразования являются климатические условия. С изменением условий меняется структура гумусовых веществ, соотношение основных (Сгк/Сфк) групп. Проведенные измерения температуры и оценка условий увлажнения показали, что существующая в пределах природной зоны дифференциация биогидротермических условий хорошо согласуется с основным правилом гумификации. Между глубиной гумификации органического вещества почв и периодом биологической активности установлена прямая зависимость ($r = 0.91$). Также высокие значения корреляции получены для сумм температур и степени гумификации. Выявлены связи между климатическими условиями и составом гумуса современных горизонтов в разных типах почв. К первой более «холодной» относятся почвы зонально-климатического ряда – дерново-подзолистые и дерновые оподзоленные (ДП) занимающие достаточно дренированные поверхности (ПБА - 60-70 дней, $T^{>10^{\circ}}$ 800-900 $^{\circ}$ C). К более «теплой» группе отнесены орстано-

аккумулятивные темно-гумусовые и перегнойно-темно-гумусовые почвы (ОА) (ПБА -80-90 дней, $T^{>10^{\circ}}$ 1100-1200°C). (Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н.)

Реликтовые горизонты, залегающие на глубине 30-50 см отличаются более широким отношением Сгк/Сфк. Если применить полученные нами зависимости, то можно оценить климатические условия во время формирования реликтового гумусового профиля. Согласно расчетам, ПБА составила для почв формирующихся на месте современной дерново-подзолистой почвы 107 дней, для органо-аккумулятивных – 140-160 дней соответственно. Учитывая выявленные закономерности, можно предположить, что в атлантический оптимум голоцена условия почвообразования на территории Васюганской равнины приближались к луговым степям, а климат соответствовал условиям современной лесостепи.

4. Проведён экологический анализ, на основе которого сделан прогноз изменения природоохранного статуса редких и нуждающихся в охране видов растений Алтае-Саянского экорегиона. **Установлено, что при сохранении современных тенденций потепления климата под угрозой полного исчезновения окажется 10 из 196 редких и нуждающиеся в сохранении растительных сообществ, и 288 редких и нуждающихся в охране видов растений изменят свой природоохранный статус в сторону повышения** Экологический анализ видов растений, занесённых в региональные Красные книги, показал, что наибольшая угроза вымирания при потеплении нависает над видами с узкой экологической амплитудой, приуроченной к высокогорным поясам: поскольку эти ландшафты наиболее сократятся по площади, а в ряде областей полностью исчезнут. Если виды по своей экологии могут произрастать как в высокогорных областях, так и в верхней части лесного пояса, то при потеплении климата, они, потеряв высокогорный экотоп, сохранятся в горно-лесном поясе. Также больше шансов для выживания остаётся у редких видов, произрастающих на каменистых россыпях, поскольку "каменные реки" не зарастают лесом. В то же время некоторые редкие в Алтае-Саянском регионе виды степных растений с основным ареалом, расположенным южнее, при потеплении климата имеют шанс расширить свой ареал, если антропогенный прессинг не будет препятствовать этому.

Оценка растений высокогорной флоры, внесённых в Красные книги регионов показала, что прогнозируемое потепление приведёт к вымиранию 8 видов в Республике Хакасия и 2-х видов в Республике Алтай.

Научная новизна

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 диагностике болотообразовательного процесса.

Практическая значимость

Выявленные индикаторы являются основой экосистемного мониторинга и прогноза, разработки превентивных мер по сохранению биологического разнообразия и снижению рисков природопользования.

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

ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ.

На основе многолетних наблюдений приземных концентраций озона (ПКО) в Томске установлено, что в формировании ранневесенних (март-апрель) максимумов годового хода ПКО основную роль играют вулканогенные аэрозольные возмущения тропической стратосферы в период с сентября по февраль, стимулирующие усиление стратосферно-тропосферного обмена из-за увеличения температурных контрастов в стратосфере между низкими и высокими широтами. (чл.-к. РАН Зуев В.В., к.ф.-м.н. Зуева Н.Е.).

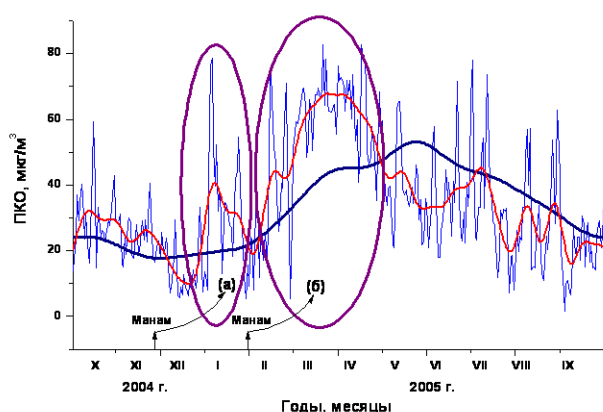


Рис. Временной ряд среднесуточных значений приземных концентраций озона (ПКО), зарегистрированных в Томске с октября 2004 г. по сентябрь 2005 г. (тонкая линия), результат сглаживания FFT-фильтром с окном 10 суток (жирная красная линия), многолетняя норма (жирная синяя линия). Вертикальные стрелки показывают моменты извержений тропического вулкана Манам (о. Папуа-Новая Гвинея, 24.11.2004 и 27.01.2005), продукты которых зарегистрированы в стратосфере. Фигурные стрелки указывают соответствующие области аномалий ПКО.

Анализ длинного ряда измерений приземных концентраций озона (ПКО) в Томске с 1992 г. по настоящее время показал, что каждому аэрозольному возмущению тропической стратосферы после мощного извержения вулкана в период с сентября по февраль соответствует всплеск ПКО относительно многолетней нормы, возникающий примерно через полтора месяца после извержения. В частности, в конце ноября 2004 г. и в конце января 2005 г. было зарегистрировано 2 извержения вулкана Манам (о. Папуа-Новая Гвинея), продукты которых достигали стратосферных высот 18 и 24 км, соответственно (рис.). На рисунке видно, что примерно через полтора месяца после каждого извержения в годовом ходе формируются области (а) и (б) повышенных значений ПКО относительно многолетней нормы, которые проявляются даже при сглаживании FFT-фильтром с окном 10 суток. Аналогичная ситуация возникала в 1995, 2003, 2006, 2007 и 2011 гг. вследствие извержений вулканов Рабаул (1994) Улаун и Руанг (2002), Манам (2006), Рабаул (2006) и Мерапи (2010). Появление вулканогенных аномалий ПКО связано с усилением стратосферно-тропосферного обмена (СТО), вызванного увеличением температурных контрастов в стратосфере между низкими и высокими широтами из-за радиационного перегрева внутри вулканогенных стратосферных аэрозольных слоев. При усилении СТО, особенно при прорыве тропопаузы, происходит вторжение в нижнюю тропосферу стратосферных масс воздуха, обогащенных озоном.

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Для исследования температурных изменения в Сибири под влиянием активности атлантических центров действия атмосферы, возмущаемых взрывными извержениями вулканов, первоначально анализировалось аэрозольное состояние стратосферы над Сибирью по результатам 25-летнего лидарного мониторинга стратосферы в Томске. На рис. 1 показана динамика изменений декадных (а), среднегодовых и полугодических (б) значений интегрального коэффициента обратного аэрозольного рассеяния V_{Π} на длине волны 532 нм в высотном диапазоне 15-30 км над Томском. Полугодические периоды привязаны к холодному (октябрь-март) и теплomu (апрель-сентябрь) полугодиям. Поведение V_{Π} отражает изменение аэрозольного наполнения стратосферы, особенно его всплески после вулканогенных возмущений. Столбиками на рис. 1б обозначены индексы вулканических взрывов (VEI), произошедших в тропическом поясе и Северном полушарии за период 1986-2010 гг. Список вулканических взрывных извержений, продукты которых зарегистрированы в стратосфере, по данным сайта <http://www.volcano.si.edu>, приведен в таблице 1.

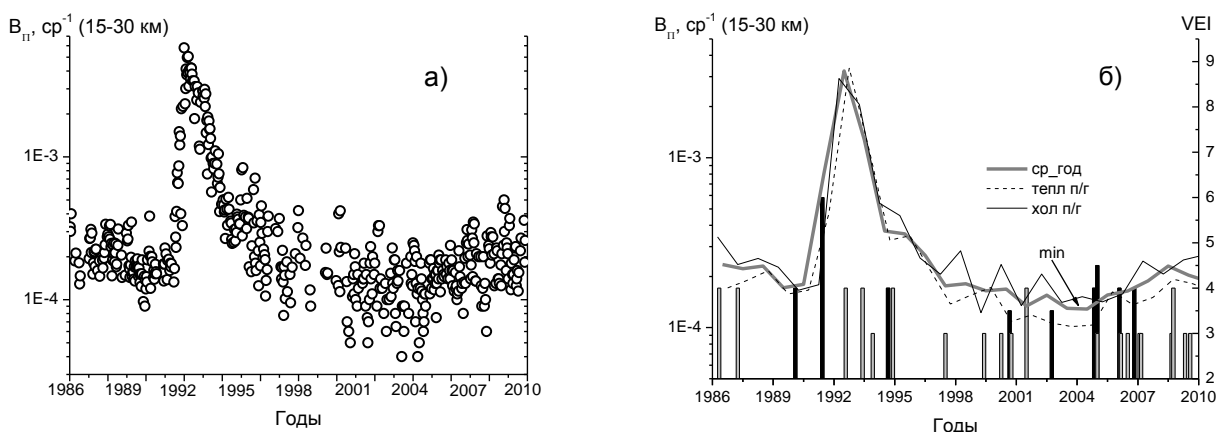


Рис. 5.1. Динамика изменений декадных (а), годовых и полугодовых (б) значений интегрального коэффициента обратного аэрозольного рассеяния на длине волны 532 нм в высотном диапазоне 15-30 км над Томском за период с 1986 по 2010 гг. Индексы вулканических взрывов (VEI).

На рис. 5.1 видно, что значительное увеличение аэрозольного содержания в стратосфере наблюдалось после извержения вулкана Пинатубо, произошедшее на Филиппинах в июне 1991 г. В дальнейшем наблюдалась длительная релаксация аэрозольного возмущения стратосферы вплоть до 2003-2004 гг. С 2005 г. наблюдается рост B_{Π} .

Из результатов рис. 5.1б следует, что рост среднегодовых значений B_{Π} в основном связан с активностью тропических вулканов (черные столбики) с $VEI \geq 4$ (извержения вулканов в периоды 1990-1994 и 2004-2006 гг.). Лишь извержения тропических вулканов Улаун (2000 г.) и Ревентадор (2002 г.) не оставили значимых следов в ряду B_{Π} над Томском. Как следует из табл. 1, высота выброса продуктов извержений этих вулканов в эти годы не превышала 17 км, т.е. фактически значимого возмущения стратосферы не произошло.

На рис. 5.1б так же видно, что извержения вулканов Исландии, Камчатки, Аляски, Курильских и Алеутских островов (серые столбики) в основном приводят только к кратковременному росту B_{Π} в холодный период, не оказывая существенного влияние на среднегодовые значения. Даже в период серии извержений четырех вулканов в 2009 г., Редубт, Пик Сарычева, Безымянный и Шивелуч, при незначительном росте B_{Π} в холодное полугодие наблюдалось снижение его среднегодовых значений.

Таблица 1 – Выбросы в стратосферу продуктов извержения вулканов тропического пояса и Северного полушария за период 1986-2010 гг.

Год (мес.)	Вулкан (местность)	H_{\max} км	Год (мес.)	Вулкан (местность)	H_{\max} км	Год (мес.)	Вулкан (местность)	H_{\max} км
1986 (03)	Августин (Аляска)	15	1999 (04)	Шишалдин (Алеуты)	14	2006 (05)	Безымянный (Камчатка)	15
1987 (02)	Ключевской (Камчатка)	14	2000 (02)	Гекла (Исландия)	13	2006 (10)	Рабаул (Папуа-Н.Гв.)	18
1990 (02)	Келут (Индонезия)	20	2000 (08)	Миякеяма (Япония)	18	2006 (12)	Шивелуч (Камчатка)	14
1991 (06)	Пинатубо (Индонезия)	40	2000 (09)	Улаун (Папуа-Н.Гв.)	17	2007 (01)	Безымянный (Камчатка)	13
1992 (06)	Спурр (Аляска)	18	2001 (05)	Шивелуч (Камчатка)	20	2008 (07)	Окмок (Алеуты)	15
1993 (04)	Шивелуч (Камчатка)	20	2002 (10)	Ревентадор (Эквадор)	17	2008 (08)	Касаточи (Алеуты)	14
1993 (10)	Безымянный (Камчатка)	15	2004 (11)	Гримсвётн (Исландия)	14	2009 (03)	Редубт (Аляска)	20
1994 (09)	Рабаул (Папуа-Н.Гв.)	18	2004 (11)	Манам (Папуа-Н.Гв.)	18	2009 (06)	Пик Сарычева (Курилы)	14
1994 (10)	Ключевской (Камчатка)	20	2005 (01)	Манам (Папуа-Н.Гв.)	24	2009 (09)	Шивелуч (Камчатка)	15
1997 (05)	Безымянный (Камчатка)	13	2006 (02)	Манам (Папуа-Н.Гв.)	19	2009 (10)	Безымянный (Камчатка)	15

– H_{\max} – максимальная высота вулканического облака

Поведение V_{Π} над Томском практически в деталях повторяет поведение этого параметра над обсерваторией в Гармиш-Партенкирхене на Юге Германии в перекрестный период (рис. 5.2), что говорит об общности аэрозольного состояния стратосферы в широтных поясах глобального масштаба. Стрелками на рис. 5.2 обозначены моменты вулканических взрывов, забросивших продукты извержения в стратосферу. В дополнении к списку в таблице 1 отметим, что наиболее значимыми извержениями в период с 1977 по 1986 гг. являлись извержения вулканов Сент-Хеленс в 1980 г. и Эль-Чичон в 1982 г.

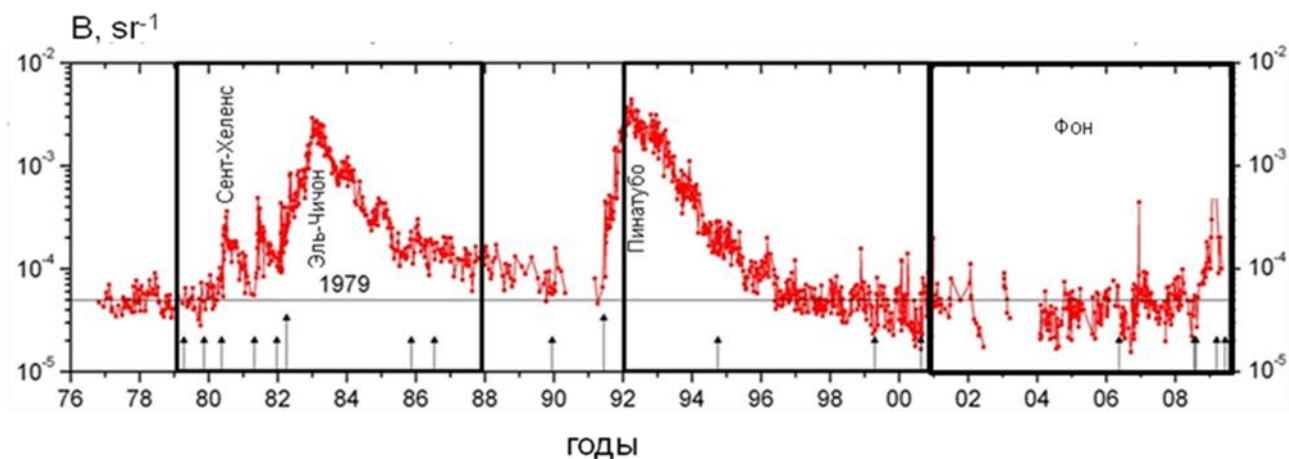


Рис. 5. 2. Временной ход интегрального коэффициента обратного аэрозольного рассеяния стратосферы по результатам долговременных лидарных наблюдений в Гармиш-Партенкирхене на длине волны 694,3 нм. Рамками выделены 10-летние периоды вулканогенных возмущений стратосферы после извержений вулканов Сент-Хеленс, Эль - Чичон и Пинатубо, и период ее невозмущенного аэрозольного фоновоего состояния.

Для выделенных на рис. 5.2 периодов был проведен корреляционный анализ поведения приземной температуры, усредненной по региону Западной Сибири в квадрате 50-65°с.ш./70-95°в.д., с поведением общего содержания озона (ОСО) и индекса SCAND, характеризующего активность центров действия атмосферы (ЦДА) в Северо-Атлантическом регионе. Анализировался месяц январь с наиболее контрастными изменениями температуры и максимальной активностью ЦДА.

На рис. 5.3 показаны временные хода индексов январской температуры (Т) и ОСО (О₃). В выделенных периодах приведены абсолютные значения коэффициента корреляции R.

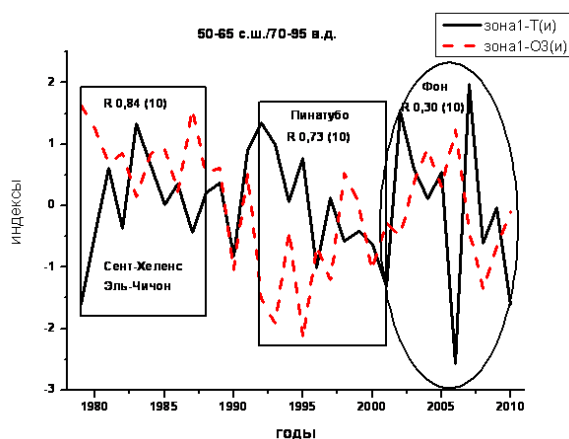


Рис. 5.3. Временные изменения январских индексов приземной температуры (Т) и общего содержания озона (О₃) в Западной Сибири.

На рис. 5.3 видно, что значимая корреляция Т и О₃ формируется как раз в периоды вулканогенных возмущений стратосферы, а в фоновый период она разрушается.

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, из результата рис. 5.3 следует важный вывод, что вулканогенные возмущения стратосферы приводят к возмущению общей циркуляции атмосферы (ОЦА), формируя значимую связь индексов циркуляции в стратосфере и нижней тропосфере.

Основной причиной возмущений ОЦА, вероятнее всего, является появление новых значительных температурных контрастов в стратосфере за счет радиационного нагрева в области локализации вулканогенных аэрозольных слоев в стратосфере. Инструментально наблюдаемый разогрев стратосферы внутри аэрозольных слоев, в частности, до 5 К в тропической стратосфере после извержения вулкана Пинатубо, указывает на то, что сернокислотный вулканогенный аэрозоль в стратосфере не является прозрачным, как это закладывается во все модели, а, скорее всего, имеет минеральные включения, поглощающие как абсолютно черное тело.

Вулканогенные возмущения ОЦА, в частности волновой активности атмосферы, отражаются в значительном снижении корреляции январских индексов приземной температуры и SCAND в периоды аэрозольных возмущений стратосферы (рис. 5.4).

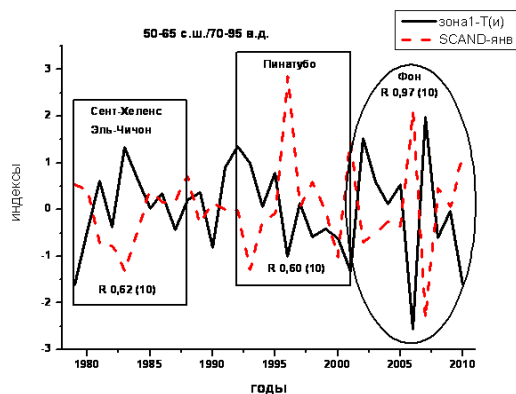


Рис. 5. 4. Временные изменения январских индексов приземной температуры (Т) в Западной Сибири и SCAND.

Индексы SCAND характеризуют процессы блокирования в районе скандинавского полуострова, определяющие заносы холодных арктических масс воздуха в Западную Сибирь. На рис. 4 наглядно видно, что в период отсутствия вулканогенных возмущений в стратосфере (фоновый период) изменения Т и SCAND сильно связаны. Однако в периоды вулканогенных возмущений значения коэффициента корреляции снижается практически до незначимого уровня.

2. Для поиска биоиндикаторов аэрозольных вулканогенных возмущений стратосферы, были проведены исследования взаимосвязи резких и значительных повышений концентраций тропосферного озона и аэрозольных возмущений стратосферы. Биоиндикационная обусловленность этих исследований связана с тем, что тропосферный озон является сильно токсичным газом, легко проникающим через устьица растений, вызывая в них окислительный стресс.

Для анализа мы использовали многолетний ряд приземных концентраций озона, полученный в лесном массиве Томского Академгородка на базе TOR-станции Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН. Было установлено, что для периода наблюдений (10.10.1992-30.06.2011) климатический максимум ПКО регистрируется в мае, и обусловлен существенным ростом концентрации озона в приземном слое в период интенсивного разворачивания листвы. Основными факторами, способствующими повышению ПКО, являются: продолжительный период с оптимальными для биологической ассимиляции суточными температурами, рост концентрации углеводородов естественного происхождения (терпенов), рост приземной УФ-В радиации, в том числе вследствие спада общего содержания озона (ОСО).

Однако наиболее выраженные внутригодовые максимумы ПКО наблюдаются при поступлении озона из стратосферы в результате прорыва тропопаузы, преимущественно весной (март-апрель) в периоды сезонной перестройки атмосферы. Для событий стратосферно - тропосферного обмена (СТО) наиболее благоприятны циркуляционные процессы в атмосфере, в том числе, в складках тропопаузы на периферии циркумполярного вихря, при разрушении гравитационных волн. Существенное влияние на формирование внутригодовых максимумов ПКО оказывают вулканогенные возмущения стратосферы.

На рис.5.5 представлен временной ряд среднемесячных значений ПКО. Темными кружками выделены значения ПКО в мае. Столбиками показаны извержения вулканов тропического пояса и внетропической зоны Северного полушария, высота выброса продуктов извержений которых превышала высоту тропопаузы. Список извержений приведен в таблице 1. Максимальные за период наблюдений концентрации приземного озона регистрировались в мае 1992 г после мощного извержения вулкана Пинатубо в июне 1991 г. Отсутствие выраженной вулканической активности в течение 1994-2000 гг. способствовало существенному спаду ПКО.

После 2000 г. рост ПКО происходил на фоне возобновившейся вулканической активности, значительно усилившейся после 2004 г. Если в формировании годовых максимумов ПКО периода 2000-2004 гг. приоритетную роль играли фотохимические процессы, то уже с 2005 года первостепенным фактором становится динамика

атмосферных процессов. Например, за период 2006-начала 2007 г. было зарегистрировано 5 извержений вулканов (два из них расположены в тропическом поясе), следы которых явственно проявились во временном ряде среднесуточных значений приземных концентраций озона, зарегистрированных в 2007 г. (рис. 5.6). Жирной черной линией на рис. 5.6 показан результат FFT сглаживания окном 30 дней, жирной серой линией – многолетнее среднее.

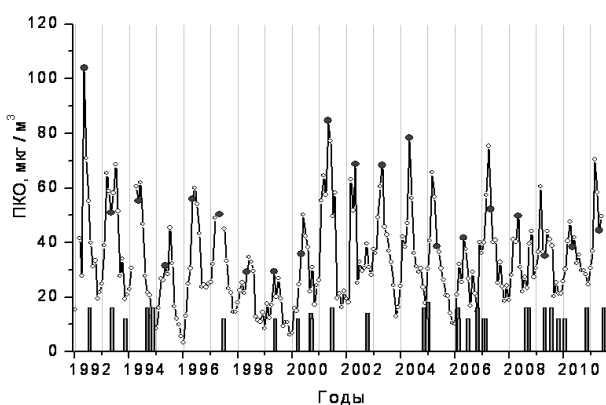


Рис. 5.5. Временной ряд среднесесячных значений ПКО.

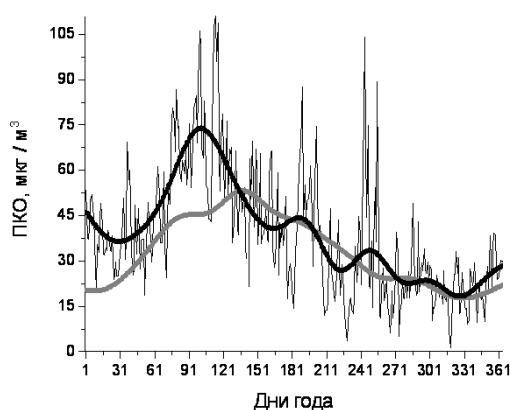


Рис. 5.6. Временной ряд среднесуточных значений ПКО, зарегистрированных в 2007 г.

3. Для разработки методики и проведения стендовой апробации неразрушающего контроля сернокислотных ("вулканогенных") включений в ледяных структурах в терагерцовом диапазоне выращены необходимые для создания источников и детекторов терагерцового (ТГц) излучения нелинейные кристаллы GaSe легированные серой (S), индием (In), телуром (Te) и алюминием (Al) с содержанием в закладке легирующей добавки в концентрации от 0,01 до 10,2 масс.%.

Установлено, что с легированием заметно изменяется форма спектра фоновонного поглощения в районе коротковолновой границы спектра пропускания, что характерно для всех кристаллов, но граница не сдвигается в коротковолновую сторону в отличие от границ спектра пропускания в средней ИК-области спектра. Для решения проблемы определения оптимального уровня легирования предложены методы измерения вне диапазона максимальной прозрачности по параметрам пиков фоновонного и экситонного поглощения. Кристаллы оптимального состава использованы при создании источников и детекторов дипольного типа терагерцового диапазона.

Источник терагерцового диапазона создан методом даун-конверсии излучения спектральных компонентов фс Ti:Sapphire лазера накачки. Детектор излучения

создан методом дипольных антенн. В качестве детектора терагерцового излучения апробирован также электрооптический детектор на основе легированных кристаллов GaSe и ячейка Голлея с обнаружительной способностью свыше 10^{-10} Вт/Гц^{1/2} при комнатной температуре. Оптическая блок-схема ТГц-спектрофотометра с временным разрешением (THz-TDS) показана на рис. 5.7.

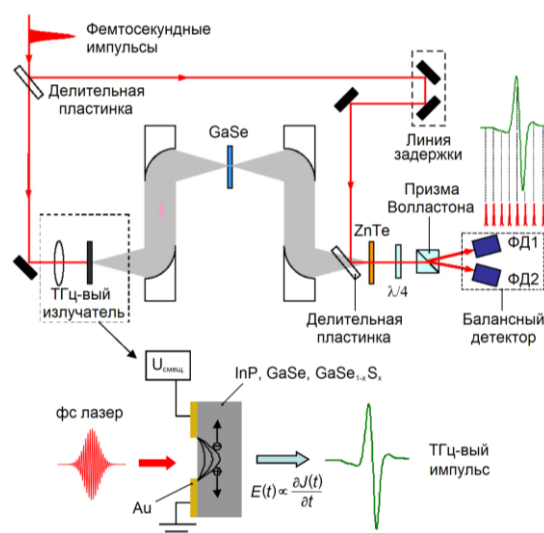


Рис. 5.7. Оптическая блок-схема терагерцового спектрофотометра с временным разрешением: ФД 1 и ФД 2 – кремниевые фотодиоды; $U_{\text{смещ.}}$ – напряжение смещения на дипольном антенном излучателе ТГц-диапазона, ZnTe – электрооптический детектор ТГц-излучения; $\lambda/4$ – четвертьволновая пластинка; GaSe – исследуемый образец чистого или легированного НК GaSe.

Использование кристаллов с оптимальным уровнем легирования около 2 масс.% позволило увеличить эффективность генерации ТГц-излучения (рис.5.8 а) до 80% по отношению к чистым кристаллам GaSe. Легирование серой позволило поднять на 60-80% и лучевую стойкость, т.е. в целом эффективность генерации ТГц излучения в 2,4 раза. Легирование алюминием в предельно низких концентрациях позволило улучшить электрофизические характеристики кристаллов GaSe настолько (например, удельное сопротивление на 5-7 порядков), что позволило получить в 5 раз большую чувствительность и в 35 раз больший интегральный отклик, характеризующийся площадью под кривой спектральной чувствительности (рис.5.8 б).

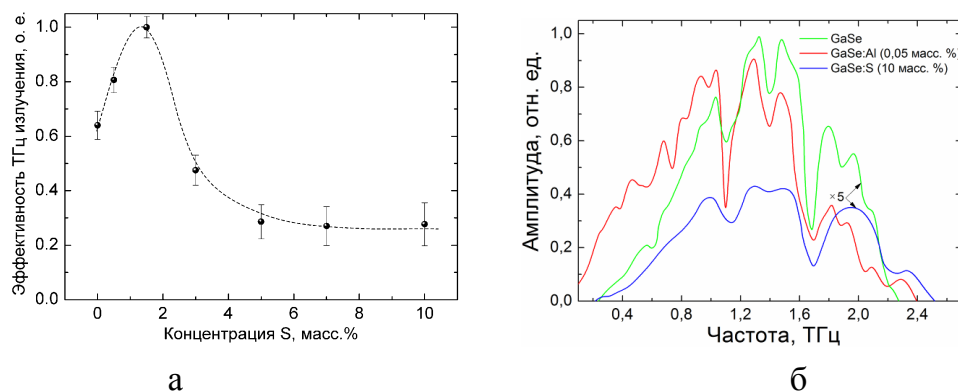


Рис. 5.8. Зависимость эффективности генерации терагерцового излучения в кристаллах GaSe, как функции содержания S, спектр зарегистрированного импульса ТГц-излучения дипольной антенной на основе кристалла GaSe, GaSe:S (10 масс. %) и GaSe:Al (0,05 масс. %).

В качестве носителя серной кислоты использованы субмиллиметровые слои хлопковой ткани и фетра, пропитанные серной кислотой, так как эти материалы не имеют селективного поглощения в терагерцовом диапазоне. Для исключения возмущающего влияния селективного поглощения атмосферных паров воды измерения проведены в вакуумированном боксе, заполненном избыточным давлением обезвоженного азота. Оказалось, что приемлимым диапазоном для проведения измерений вулканогенных включений является 0,85 ТГц.

В качестве основного источника излучения использован фемтосекундный Ti:Sapphire лазер (длина волны излучения 800 нм, длительность импульса 35 фс, частота повторения импульсов 1 кГц, энергия одиночного импульса 400 мкДж, спектральная ширина полосы излучения 30 нм). Процедура измерений спектров пропускания ТГц-диапазона методом TDS-спектроскопии заключалась в следующем. С помощью детектора измерялась амплитуда импульса терагерцового излучения до (E_0) и после (E_t) образца с проходом всех шагов задержки опорного оптического излучения (рис. 5.9).



Рис. 5.9. Оптическая схема измерений методом TDS-спектроскопии

Сущность разработанной методики неразрушающего контроля сернокислотных ("вулканогенных") включений в ледяных структурах в терагерцовом диапазоне заключается в следующем. С помощью терагерцовой спектроскопии с временным разрешением (THz-TDS) определяется групповой показатель преломления тонкого слоя (пластинки) льда, содержащего и не содержащего сернокислотный слой во замороженных в ледяную пластинку тканях в концентрациях, типичных для вулка-

генных включений (содержание ионов SO_4^+ в пределах 100-500 мкг/л). Также измеряется коэффициент отражения и пропускания. Далее проводится дифференциальный анализ полученных результатов с целью выявления признаков и количественного определения содержания вулканогенных включений сернокислотного и иных типов. Проведенный дифференциальный анализ показал возможность идентификации вулканогенного слоя в концентрации 500 мкг/л (рис. 5.10).

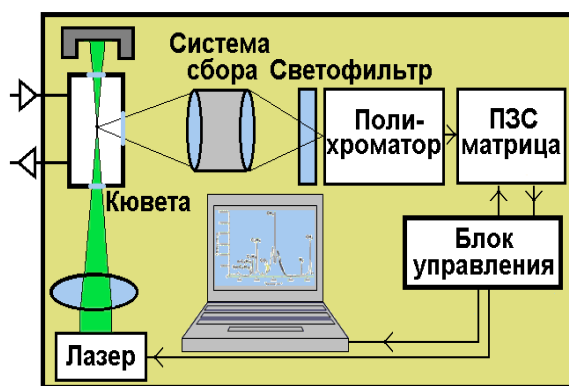


Рис. 5.10. Дифференциальный сигнал (сверху указывающий на наличие слоя) и корреляционная функция второго порядка, идентифицирующая его от шума

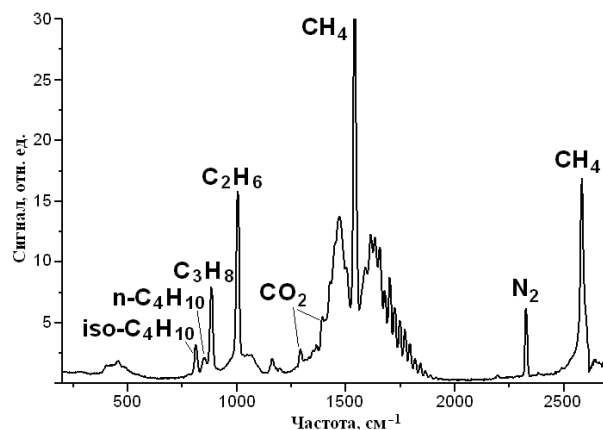
6. Проект VII.66.1.2. Развитие физических методов и технических средств для мониторинга окружающей среды и обеспечения безопасности населения.

ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ.

Создан лабораторный макет газоанализатора на основе явления спонтанного комбинационного рассеяния (СКР) света, в котором для повышения чувствительности используется сжатие исследуемой многокомпонентной газовой смеси до давлений $10 \div 100$ атм. На рисунке приведен спектр СКР природного газа при давлении 30 атмосфер, зарегистрированный на данном макете. Предельная чувствительность макета составляет $10 \div 100$ ppm и зависит от давления исследуемой газовой смеси. (Булдаков, И.И. Матросов, Д.В. Петров, А.А. Тихомиров).



Функциональная схема макета



Спектр СКР природного газа при давлении 30 атм., время измерения – 10 мин.

Пояснения к рисунку.

Макет СКР-газоанализатора состоит из лазера, кюветы, оптической системы для сбора рассеянного света, монохроматора, многоканального фотоприемника (ПЗС-матрицы), блока управления и компьютера. Стенд позволяет одновременно регистрировать любые молекулярные компоненты газовой среды с помощью одного лазера (с фиксированной длиной волны), при этом сигнал СКР любого молекулярного компонента газовой среды строго индивидуален, пропорционален его концентрации и не зависит от состава газовой среды. Стенд использовался для анализа многокомпонентных газовых сред природного и техногенного происхождения. Регистрация спектров СКР осуществлялась при мощности лазера 500 мВт и длительности экспозиции 1000 секунд.

На представленном рисунке центральную часть спектра ($\sim 1300\text{--}1900\text{ см}^{-1}$) занимает колебательная полоса молекулы метана CH_4 , имеющая сложную структуру. Молекуле метана также принадлежит и колебательная полоса с частотой 2568 см^{-1} . В области малых комбинационных частот расположены колебательные полосы более тяжелых углеводородных компонентов природного газа: этана (C_2H_6), пропана (C_3H_8), н-бутана (n- C_4H_{10}) и изо-бутана (iso- C_4H_{10}) с частотами, соответственно, 993 см^{-1} , 870 см^{-1} , 827 см^{-1} и 794 см^{-1} . В спектре СКР природного газа видны также колебательные полосы углекислого газа (1285 см^{-1} и 1388 см^{-1}) и азота (2331 см^{-1}). Несмотря на сложный вид спектра СКР природного газа, полосы его отдельных компонентов вполне выделяемы и пригодны для газоанализа. Исходя из содержания тяжелых углеводородов в данном природном газе (этан – 3,49 %, пропан – 1,41 %, н-бутан – 0,37 % и изо-бутан – 0,32 %), полученного с помощью газового хроматографа, и наблюдаемого спектра СКР, можно утверждать, что данный СКР-стенд позволяет легко контролировать все молекулярные компоненты природного газа, содержание которых превышает 0,01–0,1 %.

Отбор пробы природного газа осуществлен на газораспределительной станции Томского нефтехимического комбината 29.04.2011 г. Процентный состав газа определен с помощью хроматографа Кристалл-2000М в испытательной лаборатории природного газа ООО "Газпром трансгаз Томск".

СКР-газоанализаторы могут быть использованы:

- на предприятиях Газпрома для контроля компонентного состава природного газа в системах газодобычи, транспортировки и подготовки к использованию;
- на коксохимических и доменных производствах для контроля компонентного состава коксового и доменного газов;

- в организациях Санэпиднадзора и МЧС РФ для контроля выбросов в атмосферу загрязняющих и токсичных газов от промпредприятий (ТЭЦ, металлургических производств, химкомбинатов и т.п.).

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

1. В рамках работ по анализатору паров ртути 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. Наиболее оптимальным вариантом для применения в ртутном газоанализаторе оказалась лампа с аргоновым наполнением при давлении в 3 мм рт. ст.

Для изготовленных ламп 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.

Рассматривается альтернативная схема создания ртутного газоанализатора на основе явления флуоресценции. Разработана оптическая схема блока возбуждения и регистрации флуоресценции (рис. 6.1). Разработана эскизная документация и изготовлен макет этого блока. Проведены расчеты по оптимизации параметров фотоприемного устройства в режиме счета фотонов. Выбраны и приобретены два типа ФЭУ с различными спектральными характеристиками ФЭУ-142 и ФЭУ-181. Проводятся лабораторные испытания макета блока возбуждения и регистрации флуоресценции.

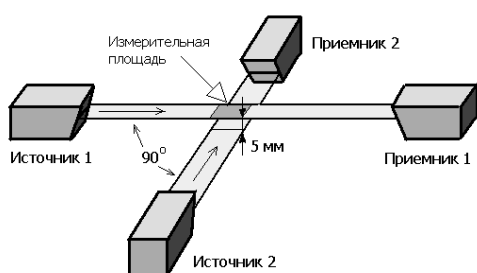
2. На основе анализа существующих решений проведено уточнение основных идей, закладываемых в основу конструкции разрабатываемого осадкомера. Сформулированы пути решения основных задач, решаемых в процессе разработки:

- Максимально точное измерение размера и формы частиц осадков. Достигается использованием современных высокоскоростных линеек фотоэлементов с высоким разрешением, прямым измерением скорости падения частиц (двухканальная схема с разнесением каналов по высоте), учетом информации о направлении и скорости ветра (при работе в составе автоматизированного метеокомплекса), применением специализированного программного обеспечения для обработки результатов измерений.
- Минимизация ошибок измерения интегральных характеристик осадков.

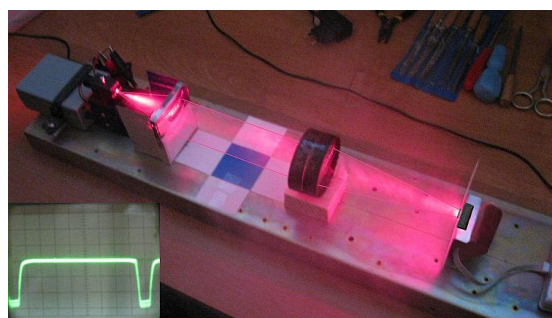
Достигается применением открытой схемы прибора (уменьшает ветровой недоучет и помехи от разбрызгивания капель, попадающих на корпус прибора) и учетом информации о направлении и скорости ветра (возможность внесения поправок на изменение эффективной измерительной площади).

- Возможность измерения характеристик твердых осадков. Обеспечивается применением открытой схемы прибора и применением двух взаимно перпендикулярных измерительных каналов (измерение несимметричных частиц сложной формы).
- Небольшие размеры и вес прибора. Достигается применением современных малогабаритных оптических и электронных компонентов с малым весом и энергопотреблением.
- Легкость обслуживания. Обеспечивается отсутствием в конструкции движущихся элементов, требующих регулярного обслуживания. В сочетании с низким энергопотреблением даёт возможность длительной автономной работы.
- Невысокая цена. Достигается использованием в конструкции прибора недорогих, компонентов, выпускаемых серийно.

Основные принципы конструкции опико-электронного двухканального измерителя осадков (ОДИО) можно определить следующим образом. Два горизонтальных плоскопараллельных пучка света от источников излучения попадают на два сенсора (линейных массива светочувствительных элементов). Эти оптические каналы удалены друг от друга по вертикали на расстояние 5 мм. Их проекции образуют прямой угол в горизонтальной плоскости, формируя в области пересечения виртуальную измерительную площадку (рис. 6.2.). Размеры этой площадки, при реализации открытой конструкции, определяются шириной оптических каналов.



а



б

Рис. 6.2. Опико-электронный измеритель осадков:
а – схема двухканального измерителя; *б* – макет одноканального измерителя и вид аналогового сигнала на экране осциллографа.

Таблица 1. Основные характеристики опико-электронного двухканального измерителя осадков (ожидаемые)

Характеристика	Описание/Значение
Измерительная площадь	Изменяемая — от 25 см ² и меньше
Ширина оптического канала	Изменяемая — от 50 мм и меньше
Вертикальное расстояние между каналами	5 мм
Частота сканирования измерительной площадки	До 30 кГц
Точность измерения размеров частиц (горизонтальное разрешение)	Не ниже 0,05 мм
Относительная погрешность измерения размеров частиц	Не более 5%
Диапазон размеров измеряемых частиц	От 0,3 до 10 мм (и выше)
Относительная погрешность измерения скорости частиц	Не более 3%
Точность измерения количества осадков (предполагаемая)	± 3%
Чувствительность по количеству выпавших осадков	Не ниже $2 \cdot 10^{-4}$ мм
Возможность регистрации снега	Есть
Рабочий диапазон температур	От -20 °С до +60 °С

3. Создание и введение в опытную эксплуатацию информационно-измерительной системы (ИИС), состоящей из 3-х пространственно разнесенных на 10-20 км измерительных постов на базе ультразвуковых автоматических метеостанций АМК-03 с передачей их данных по беспроводному каналу в Интернет на головной сервер открывает новые возможности для экспериментального развития методов и алгоритмов пространственно-временного прогноза метеорологических полей в приземной атмосфере над территорией, охваченной приборной сетью ИИС. С начала 2011 г. ИИС в составе трех постов (рис. 6.3) функционирует в режиме мониторинговых измерений, при этом пост АМС 3 в первые девять месяцев года был размещен на полигоне ТУСУР "Аникино".

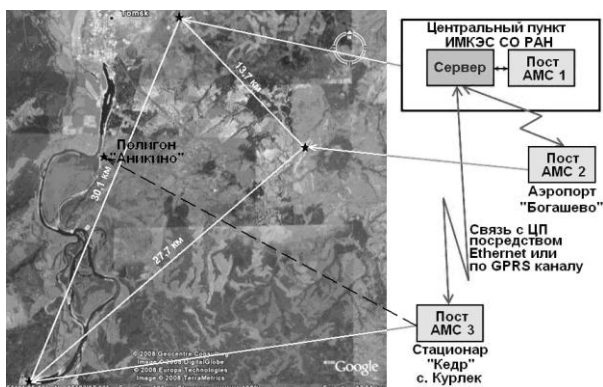


Рис. 6.3. Схема территориального размещения постов АМС.

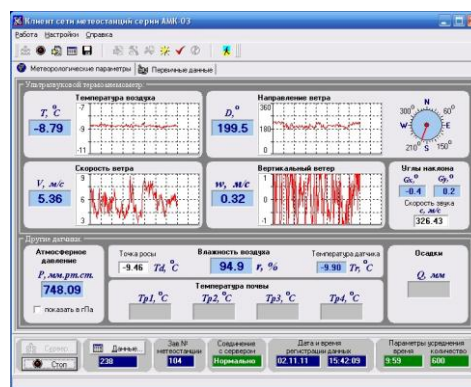


Рис. 6.4. Окно клиентской программы обработки и визуализации метеоданных АМК-netClient.

Как показал предварительный опыт эксплуатации ИИС, реализация алгоритмов прогноза требует предварительного решения ряда следующих задач:

- разработка методик и алгоритмов подготовки из первичных приборных измерений в ИИС метеорологических данных в виде, в котором их использование в алгоритмах прогноза давало бы наибольший положительный эффект для достижения конечной цели, т.е. решение так называемой задачи "усвоения данных" ИИС;
- практической реализации системы подготовки входных метеорологических данных для прогноза в программном обеспечении ИИС (автоматизации процесса усвоения данных ИИС);
- экспериментальной оценки пространственно-временных корреляционных свойств метеорологических величин, измеряемых ИИС, и выбор на ее основе оптимальных значений параметров, используемых при реализации алгоритмов прогноза;
- экспериментальной апробации алгоритмов прогноза на накопленной базе данных измерений ИИС и их исследования-оптимизации с целью уменьшения погрешностей прогноза.

Для решения первых двух задач была выполнена доработка клиентской программы «АМК-netClient» (рис. 6.3), позволяющей на удаленном рабочем компьютере пользователя запрашивать и получать через Интернет как текущие, так и за любой предыдущий период, первичные данные измерений в ИИС. В новой версии эта программа выполняет дополнительную статистическую обработку первичных результатов измерений. В частности, она позволяет получать в дополнительном окне "Усредненные данные" строго упорядоченные временные ряды метеорологических величин с одинаковыми временами усреднения (от 1 до 20 минут) и интервалами между их регистрацией (от 1 минуты до 24 часов). Данные ряды могут формироваться как в числовом виде, так и в виде графиков, и сохраняться в фай-

лах. При этом в дальнейшем они могут использоваться как входные данные в развиваемых алгоритмах прогноза.

Одним из важнейших условий возможности статистической экстраполяции (пространственного прогноза) метеорологических величин над территорией, охваченной единичными постами наблюдений, является наличие корреляции пространственно-разнесенных данных измерений. На рис. 6.5 приведены результаты корреляционного анализа усредненных по 10 минутам синхронных измерений 3-х пространственно разнесенных метеостанций АМК-03 из состава ИИС за период с 17.08.11 по 24.08.11 (эти данные предварительно подготавливались в «АМК-netClient»). Было получено, что при таком времени усреднения метеорологические величины, измеряемые в точках, удаленных друг от друга примерно на 15 км, имеют очень высокие коэффициенты корреляции, близкие к 0,9. При этом наихудшие значения этого параметра порядка $0,3 \div 0,5$ получаются для значений скорости ветра (это обусловлено различиями в высотах размещения измерительных датчиков и отличиями окружающей их подстилающей поверхности).

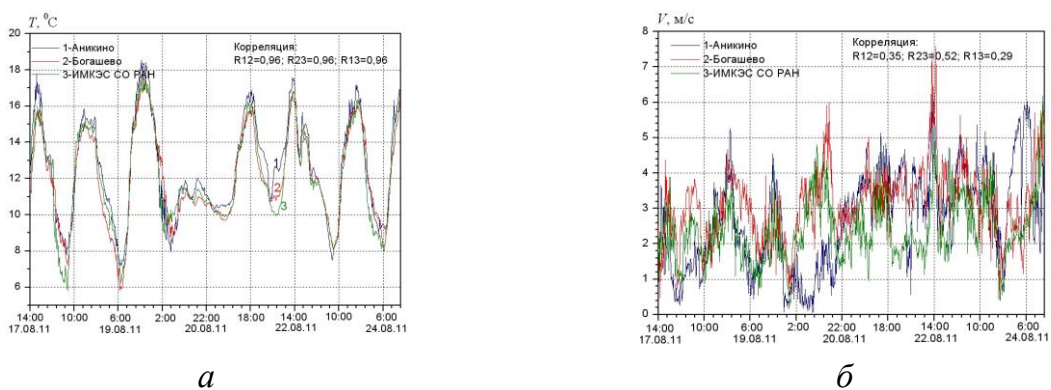


Рис. 6.5. Результаты синхронных измерений температуры (*a*) и скорости горизонтального ветра (*б*) на трех постах АМС и значения коэффициентов корреляции измеренных метеорологических величин.

На этих же временных рядах, предварительно записанных в файлы, была апробована ранее использовавшаяся нами программа с алгоритмами сверхкраткосрочного прогноза (до 6-и часов), основанными на использовании фильтра Калмана-Бьюси к коэффициентам полиномиальной модели временной эволюции метеорологических величин. На рис. 6.6 приведены результаты прогноза по посту «Богашево» на 6 часов вперед для температуры, относительной влажности воздуха и скорости горизонтального ветра.

Была сделана попытка простого включения (интеграции) этих алгоритмов в программу «АМК-netClient» с целью обеспечения в ней возможности выполнять краткосрочные временные прогнозы в режиме реального времени по вновь поступающим данным измерений в ИИС. Она имела негативный результат – погрешно-

сти указанных прогнозов оказались непредсказуемыми по величине и самое главное, они существенно возросли. При этом была обнаружена зависимость погрешностей прогноза от выбранных времени усреднения данных, интервала между ними и начальных условий инициализации фильтра Калмана-Бьюси. Дальнейшее решение конечной задачи – реализации пространственно-временного прогнозирования полей метеорологических величин в режиме реального времени по текущим данным измерений в ИИС – в ближайшее время требует в первую очередь более тщательных дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

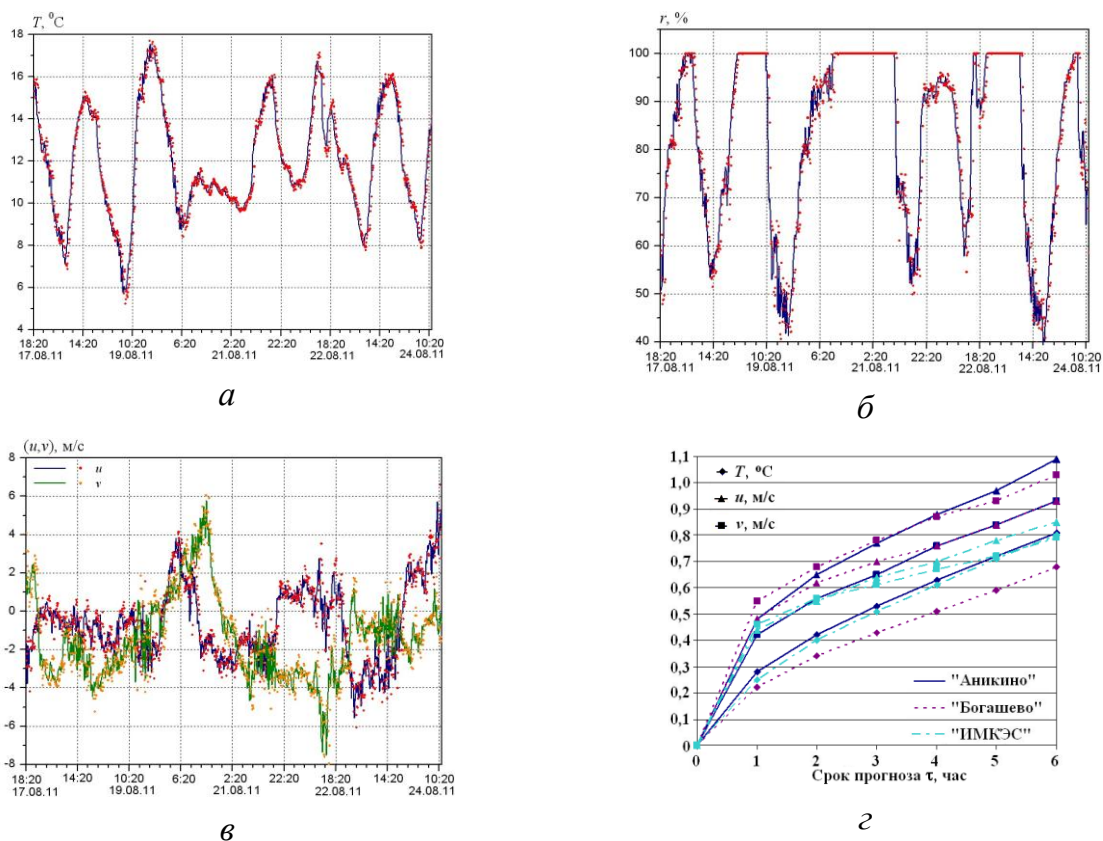


Рис.6.6. Сравнение результатов измерений и прогноза в течение недели августа 2011 г.: *а* – для температуры воздуха T ; *б* – для относительной влажности r ; *в* – для зональной u и меридиональной v составляющих горизонтальной скорости ветра; *з* – сравнение СКО на разные сроки прогноза τ для трех пунктов на том же недельном периоде наблюдений.

4. В рамках программы СО РАН "Импортозамещение-2010" разработаны и поставлены в ИВМ СО РАН (Красноярск), ИБПК СО РАН (Якутск), БИП СО РАН (Улан-Удэ) и ТуВИКОПР (Кызыл) четыре новых измерительных метеокомплекса, интегрирующих использование в одной технической системе как УАМС АМК-03, так и дополнительные датчики температуры почвы и количества осадков. Комплексы имеют в своем составе коммутационные контроллеры передачи метеорологических данных и компьютерные программы "АМК-netClient", обеспечивающие возможность интеграции данных измерительных комплексов в среднемасштабную информационно-измерительную систему.

5. При отработке технологии выращивания монокристаллов $ZnGeP_2$ до $\varnothing 50$ мм направленной кристаллизацией из расплава предварительно синтезированного соединения получены следующие результаты. Показано, что контролируемая вынужденная конвекция расплава $ZnGeP_2$ позволяет разрушить условия формирования включений в центральной части кристалла, особенно на начальном этапе роста, и подавить образование преципитатов в центральной части кристалла. Применение вынужденной конвекции, создаваемой за счет радиального градиента температуры ($0,2$ °C/см) способствует отеснению сверхстехиометрических компонент в периферийные области, кристаллизующиеся в последнюю очередь, при этом большая часть полученного кристалла имеет высокое структурное совершенство и оптическое качество, позволяющее их использование для решения прикладных задач нелинейной оптики.

6. В области численного моделирования процессов выращивания кристаллов $ZnGeP_2$ выполнен следующий этап: программно реализована новая методика стабилизации осевой скорости роста кристалла, основанная на непрерывной коррекции температурного поля в рабочем объеме установки с использованием для оценок скорости роста кристалла пакета калибровочных математических моделей, учитывающих текущее положение ростового контейнера.

7. Продолжено создание базы линейных и нелинейных оптических свойств периодически-поляризованных кристаллов. Краткие сравнительные характеристики рассматриваемых кристаллов приведены в таблице:

		Монодоменные кристаллы	Кристаллы с регулярной доменной структурой	
кристалл	Область прозрачности, мкм	d^2/n^3 , (пм/В) ²	$d_{ij}; d_{\phi}$, пм/В	d_{ϕ}^2/n^3 , (пм/В) ²
LiNbO ₃	0,33-5,5	1,95	$d_{33} = 30; 16$	26
KTiOPO ₄	0,35-4,5	2,6	$d_{33}=16;9,8$	18,2
LiTaO ₃	0,28-5,5	0,9	$d_{33}=19;11$	12,5
CsTi-OAsO ₄	0,35-5,3	1,7	$d_{33}= 18,1; 1,5$	19,3
KNbO ₃	0,4-5,6	13,3	$d_{33}= -20,6;11$	39
KTi-OAsO ₄	0,35-5,3	3,0	$d_{33}=16,2;9,9$	17
RbTi-OAsO ₄	0,35-5,8	3,6	$d_{33}=15,9;10,1$	17,5
RbTi-OPO ₄	0,35-4,5	2,6	$d_{33}=15,6;9,9$	17,7
GaAs	0,9-17	-	$d_{36}=150;96$	220

Продолжены расчеты по нахождению оптимальных условий реализации параметрической генерации света на основе квазисинхронного взаимодействия волн на периодически поляризованных структурах. Показана возможность осуществления плавной перестройки частоты, выбором подходящего периода структуры и изменением температуры кристалла и изменением длины волны накачки. Пример результатов таких расчетов приведен на рис. 6.7.

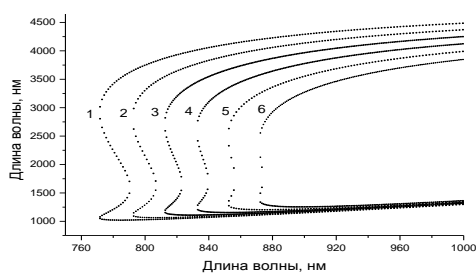


Рис. 6.7. Зависимость длин волн генерируемых сигнальной и холостой волн от длины волны перестраиваемого излучения накачки ($Ti^{3+}:Al_2O_3$ лазер) в кристалле $CsTiOAsO_4$ при периоде доменной структуры 20 мкм (кривая 1), 21 (2), 22 (3), 23 (4), 24 (5), 25 (6).

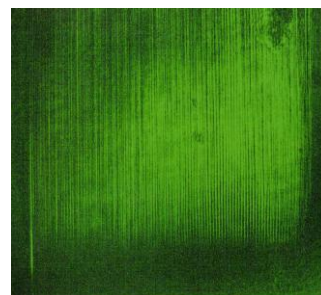


Рис. 6.8. Вид периодической доменной структуры в кристалле ниобата лития при облучении лазерным излучением с длиной волны 1053 нм (20x увеличение)

Исследована генерация второй гармоники излучения с длинами волн 1064 и 1053 нм в объемных периодически поляризованных структурах, синтезированных в образцах $LiNbO_3:MgO$ импульсным электрическим полем. Эти результаты получены на экспериментальной базе ТУСУР. На рис. 6.8 приведена фотография доменной структуры в кристалле ниобата лития. Исследовано влияния на интенсивность второй гармоники статистического распределения доменных стенок. Проведено сравнение эффективности преобразования во вторую гармонику для случая идеальной регулярной доменной структуры, квазирегулярной доменной структуры и монодоменного нелинейного кристалла. Установлено, что, даже при существенной неидеальности регулярной доменной структуры (вплоть до среднеквадратических смещений доменной стенки 0.5), ее использование дает преимущества по сравнению с монодоменным кристаллом

Продолжены исследования возможностей лидаров дифференциального поглощения на основе CO_2 -лазеров и преобразователей частоты их излучения для обнаружения отравляющих веществ. Проведены оценки дальности зондирования лидаром, работающим в трех режимах: по обратному аэрозольному рассеянию, по отражению от топографических и зеркальных отражателей.

Научная новизна результатов и их значимость. Научная новизна результатов, полу-

ченных на этапе проекта, подтверждается публикациями в соответствующих журналах, полученными патентами и свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ и направленными заявками на изобретения (см. разделы 7 и 8).

Возможность практического применения. Все блоки проекта ориентированы на практическое применение.

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

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. На основе изучения динамических состояний кедрово-темнохвойных лесов на юго-востоке Западной Сибири выявлены тенденции изменения структуры биоразнообразия компонентов лесных биоценозов - древостоя, подроста, ксилофильной зообиоты (Кривец С.А.)

Изучены процессы деградации темнохвойных древостоев на юге Томской области в результате недавней экспансии агрессивного инвазивного короеда – уссурийского полиграфа. Выявлены очаги массового размножения полиграфа со сплошным усыханием пихты сибирской (рис. 1). Определены высокие показатели численности вредителя (до 40 тыс. жуков на дерево) как на особо охраняемых природных территориях (в припоселковых кедровниках, в пихтовых древостоях Ларинского ландшафтного заказника), так и в эксплуатационных пихтовых лесах. Установлено конкурентное вытеснение инвайдером аборигенных массовых видов ксилофагов пихты и показано его значение как нового инициатора зоогенных сукцессии в сибирской темнохвойной тайге.



Рис. 7.1. Усыхание пихты сибирской в очаге массового размножения уссурийского полиграфа

В рамках мониторинга состояния особо ценных кедровых лесов на юге Томской области на постоянных пробных площадях изучена динамика жизненного состояния древостоев и показана ее разнонаправленность. В частности, в Лучановском кедровнике, ослабленном в результате вспышки массового размножения в 2003-2005 гг. рыжего соснового пилильщика, в 2010 г. выявлена положительная динамика виталитетного спектра (рис. 7.2, А), что подтверждает наличие компен-

саторных реакций кедр на повреждение этим хвоегрызущим вредителем. В Зоркальцевском кедровнике массовое размножение шестизубчатого короеда в течение 3-х лет привело к полной деградации древостоя (рис. 7.2, Б).

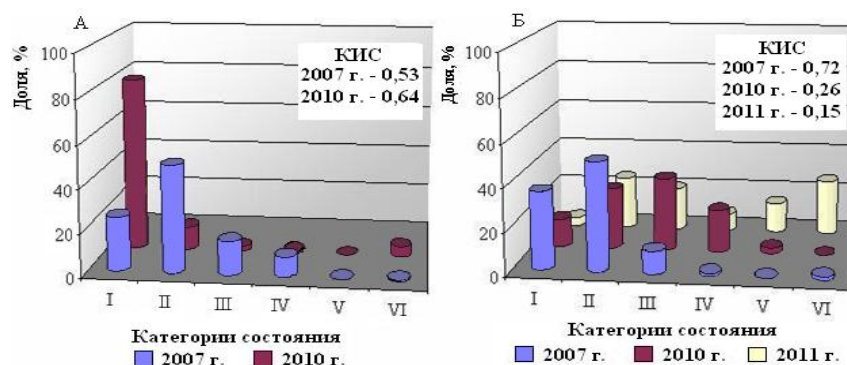


Рис. 7.2. Виталитетные спектры кедр сибирского в припоселковых кедровниках Томской области: А – Лучановский кедровник, Б – Зоркальцевский кедровник.

I-VI – категории состояния деревьев: I – здоровое; II – ослабленное; III – сильно ослабленное; IV – отмирающее; V – свежий сухостой; VI – старый сухостой.

КИС – коэффициент изменения состояния древостоя (значения 0,72, 0,64 – слабая деградация; 0,53 – средняя деградация; 0,26 – сильная деградация; 0,15 – полная деградация).

Изучение возобновления под пологом материнского древостоя на южной границе распространения кедрово-темнохвойных лесов в Западной Сибири показало упрощение его сукцессионной сложности при доминировании ели и кедр (рис. 7.3, А). В созданных в этом же районе 20-30-летних культурах *Pinus sibirica* с обильным самосевом сосны и ели в настоящее время кедр составляет лишь третью часть возобновления (рис. 7.3, Б). Наличие в виталитетном спектре подроста всех категорий жизненного состояния определяет регрессивную форму сукцессий с дальнейшей элиминацией ослабленных особей.

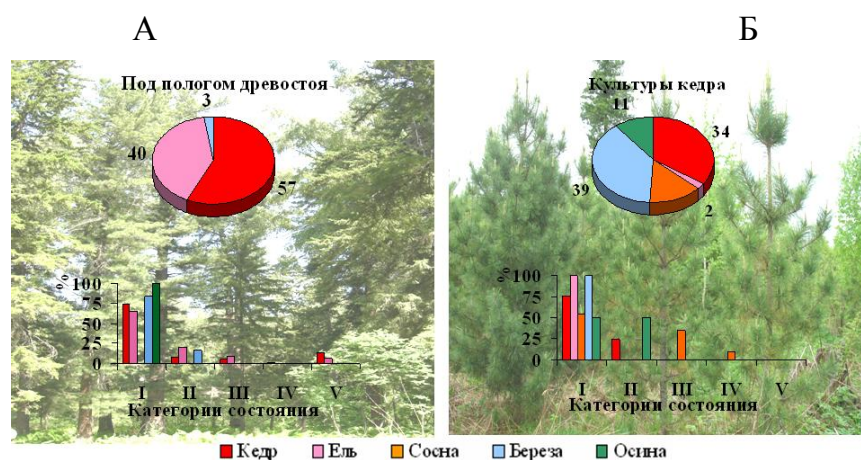


Рис. 7.3. Породный состав и виталитетные спектры возобновления (в %) в кедрово-темнохвойных древостоях на южной границе равнинного ареала в Западной Сибири. Категории состояния как на рис. 7.2.

Выявлены тенденции изменения экологического разнообразия насекомых-зоофагов в ходе развития очагов размножения стволовых вредителей в кедровых лесах (рис. 7.4):

- 1) увеличение видового богатства паразитов и хищников при переходе от фоновой численности ксилофагов к действующему очагу и снижение - при затухании очага;
- 2) нарастание уровня доминирования отдельных видов и относительного обилия специализированных хищников от возникающего очага к действующему очагу;
- 3) резкая смена ключевых групп и увеличение доли хищных полифагов и факультативных зоофагов при затухании очага.

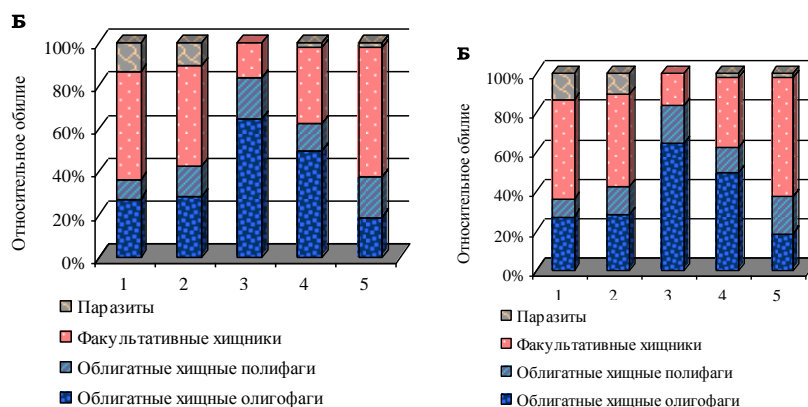


Рис. 7.4. Экологическое разнообразие насекомых-зоофагов в кедровниках: А – показатели видового разнообразия; Б – трофическая структура. 1 – в отсутствие очага ксилофагов; 2 – возникающий очаг; 3 – действующий очаг; 4 – затухающий очаг; 5 – затухший очаг.

Полученные данные отражают динамические процессы в таежных экосистемах, являются основой для совершенствования экологического мониторинга и могут быть использованы для оптимизации регионального и локального лесопользования в южно-таежных кедрово-темнохвойных лесах.

2. Исследование структуры популяций кедра сибирского на южной границе равнинной части ареала в Западной Сибири выявило неудовлетворительное состояние репродуктивной сферы маргинальных популяций, свидетельствующее о нестабильности современной южной границы ареала и ее неизбежном смещении на север при сохранении современных климатических тенденций. (Велисевич С.Н., Петрова Е.А., Горошкевич С.Н.)

По направлению с севера на юг эффективность половой репродукции существенно снижается, причем, популяции четко дифференцированы на три группы: (1) расположенные в пределах массивной части ареала, (2) на его границе и (3) изолированные островные популяции в лесостепи (рис. 7.5 а). По частотам аллозимных локусов положение популяций в плоскости главных компонент (рис. 7.5 б) за-

висит, главным образом, от их «маргинальности» (положения относительно границы ареала). Вторым по значимости фактором являются лесорастительные условия. Генотипические различия между разнотравными и мшистыми типами леса отражают условия формирования популяций и их адаптивную стратегию.

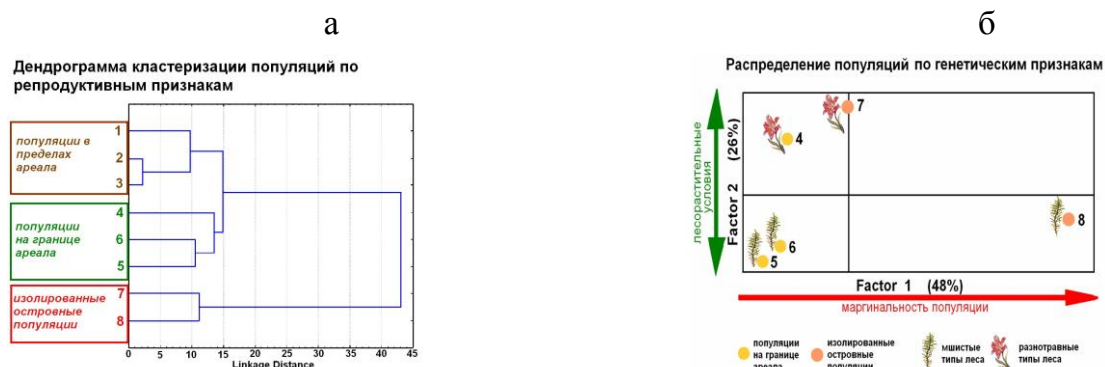


Рис. 7.5. Распределение популяций кедров сибирского по признакам половой репродукции (а) и генотипическим признакам (б) на южной границе ареала. Популяции: 1 - кедровник разнотравный, 2 – кедровник папоротниково-разнотравный, 3 - кедровник травяно-болотный, 4 - кедровник осочково-разнотравный, 5 - кедровая согра кустарничково-осочково-моховая, 6 - сосняк кустарничково-осочковый, 7 - сосняк папоротниково-разнотравный, 8 - сосняк кустарничково-зеленомошный.

Состояние репродуктивной сферы маргинальных популяций свидетельствует о нестабильности положения современной южной границы распространения кедров сибирского и ее неизбежном смещении на север при сохранении современных климатических тенденций.

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

1. Изучением пространственно-временной и структурно-функциональной организации кроны у прямостоячих (*Pinus sylvestris*, *P. sibirica*) и стелющихся (*P. mugo*, *P. pumila*) видов сосны установлено, что у прямостоячих видов на протяжении онтогенеза происходит постепенная трансформация системы ветвления от избирательного апикального контроля к полиполярной организации к полиполярной.

У прямостоячих видов структурное старение происходит параллельно с функциональным, что с неизбежностью приводит дерево к естественной смерти (рис. 7.6). У стелющихся видов избирательный апикальный контроль и полиполярная организация системы ветвления остаются неизменными на всем протяжении онтогенеза. Эти характерные черты структурной старости обеспечивают стелющимся видам перманентную функциональную молодость и потенциальное бессмертие. Регулярное функциональное омоложение осуществляется за счет массо-

вого образования придаточных корней из специализированных органов – ветвящихся корневых зачатков, которые формируются путем прямой трансформации апекса латентной почки в корневой апекс.

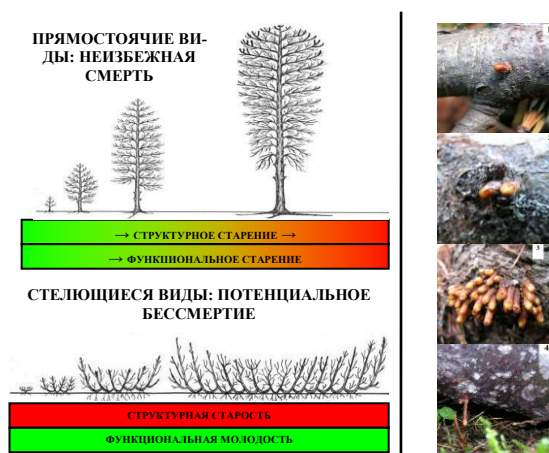


Рис. 7.6. Формирование системы ветвления в онтогенезе у прямостоячих и стелющихся видов *Pinus* (слева) и стадии образование придаточных корней у *P. pumila* (1 → 4, справа).

Научная новизна

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

Практическая значимость.

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

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

ОСНОВНОЙ РЕЗУЛЬТАТ.

Создана основа вычислительного ядра, обеспечивающего базовые операции с файлами данных и интерфейсы для вычислительных модулей (Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г., Шульгина Т.М.).

Вычислительное ядро системы реализуется на языке ITTVIS Interactive Data Language (IDL) v. 7.0 с использованием объектно-ориентированного подхода, что обеспечивает гибкую и легко расширяемую систему, поддерживающую развитие функциональных возможностей с помощью дополнительных модулей. Разработанный базовый набор низкоуровневых модулей обеспечивает работу с геофизическими данными и визуализацию результатов обработки. В частности, были реализованы модули доступа к данным высокого разрешения, полученным с помощью модели WRF (рис.8.1) и к данным наблюдений для Сибирского региона.

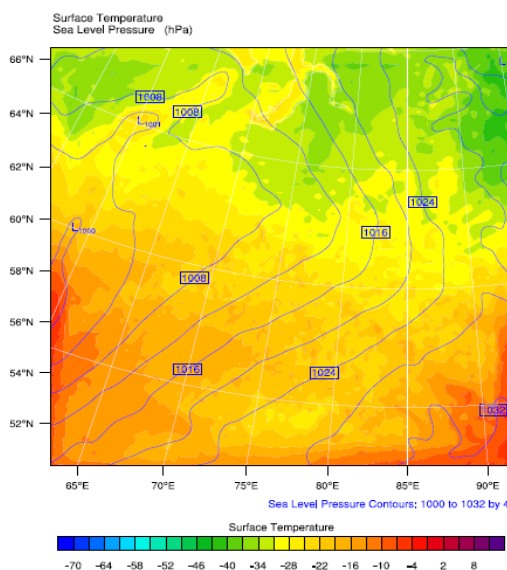


Рис. 8.1. Среднесуточная температура на высоте 2м для 02.02.1999 г. Восстановлена с помощью модели WRF на основе глобального Реанализа ECAMWF ERA-40 с разрешением 20 км.

Общая характеристика выполненных в 2011 г. работ

В соответствии с выработанными базовыми требованиями была разработана основа информационно-вычислительного ядра, обеспечивающего доступ к архивам геофизических данных и программные интерфейсы для вычислительных модулей разрабатываемой веб системы. В частности, разработаны модули доступа к данным моделирования модели WRF. Для обработки и визуализации архивов геофизических данных был разработан базовый набор вычислительных модулей. Архив геофизических данных был расширен данными проекта Asian Precipitation - Highly Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources (APHRODITE) и ECMWF ERA Interim для территории Сибири. Освоена технология обработки многоканальных спутниковых снимков данных дистанционного зондирования Landsat 4-7 на языке программирования ITTVIS IDL. Выбрано программное обеспечение с открытым кодом для реализации разрабатываемой системы с помощью Веб-ГИС технологий и произведена разработка большинства элементов графического интерфейса пользователя

информационно-вычислительной системы на основе свободно распространяемых JavaScript-библиотек.

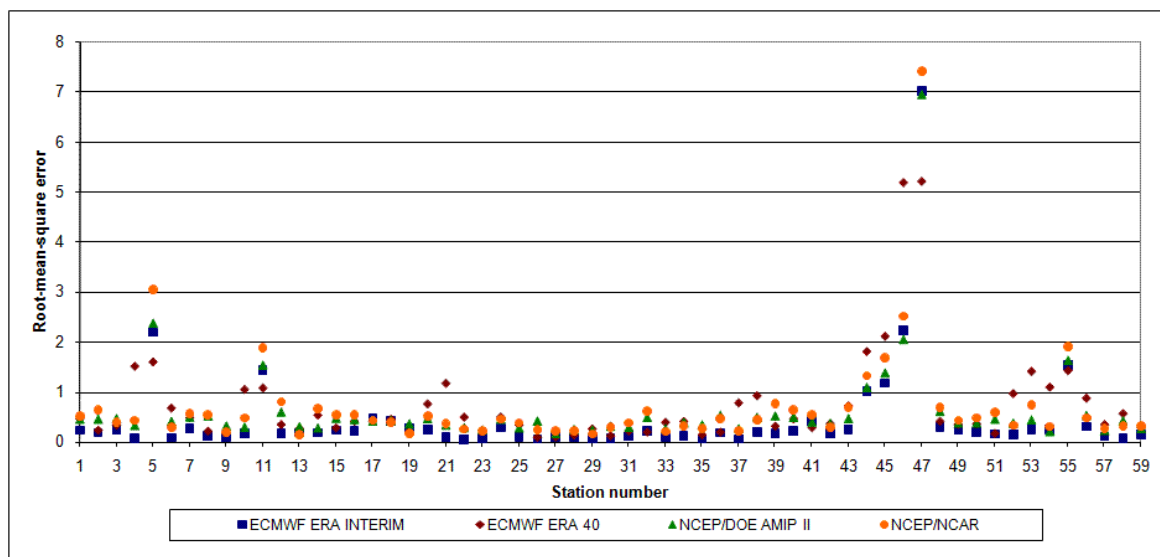


Рис. 8.2. Среднеквадратическое отклонение значений среднегодовой температуры воздуха, рассчитанное на основе данных реанализов и инструментальных наблюдений.

Water Resources (APHRODITE) и ECMWF ERA Interim для территории Сибири. Реанализ APHRDITE (объем 23 Гб) имеет пространственное разрешение 0.25x0.25 градуса, охватывает временной диапазон с 1951 по 2007 г.г. и содержит среднесуточные данные по осадкам для территории Российской Федерации. Реанализ ECMWF ERA Interim имеет пространственное разрешение 0.25x0.25 градуса, охватывает временной диапазон с 1989 по 2010 г.г. и содержит данные по 14 климатическим параметрам для территории Сибири. Общий объем реанализа составляет 49 Гб. Для хранения наборов геофизических данных используется выделенное высокопроизводительное хранилище объемом 14 Тб. Имеющиеся данные дистанционного зондирования Landsat 4-7 перед использованием требуют предварительной обработки (коррекция и сведение каналов), для чего была освоена технология их обработки с использованием возможностей языка ITTVIS Interactive Data Language (IDL). Полученные в результате изображения могут в дальнейшем использоваться, например, в качестве подложки при визуализации результатов расчетов.

ДРУГИЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

Разработан ряд элементов графического интерфейса пользователя веб-системы, который в итоге предоставит возможность не только выбирать наборы данных, задавать желаемые параметры их сравнения или обработки, определять параметры

визуализации, но и обеспечит интерактивное взаимодействие с полученными графическими результатами. При отображении результатов в интерфейсе используется технология Веб-ГИС: свободно распространяемое ПО GeoServer (<http://geoserver.org/>), OpenLayers (<http://openlayers.org>), ExtJS Framework (<http://www.sencha.com/products/extjs/>) и библиотека GeoExt (<http://www.geoext.org>). Следует отметить, что типовое Веб-ГИС приложение является классическим «Rich Internet Application» (RIA), то есть приложением, доступным через Интернет и обладающим функциональностью традиционных настольных приложений. Это позволяет, например, в качестве одного из слоев или подложки, при отображении полей метеорологических данных использовать данные спутникового зондирования (при чем, как комбинации спектральных каналов, так и готовые продукты).

1.2.2. РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ ПО ПРОГРАММЕ ПРЕЗИДИУМА РАН

Программа 4. «Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений и техногенных катастроф, включая проблемы ускоренного развития атомной энергетики». Проект 10: «Комплексный мониторинг современных климатических и экологических изменений в Сибири»

1. Палеоклиматические реконструкции методом информационно-статистического анализа по пыльцевым диаграммам Западной Сибири выявили в общем ходе реконструированных палеоклиматических характеристик четыре волны изменений высокого порядка, разделённые периодами потеплений и похолоданий, частые периоды неустойчивого климата в начале и конце голоцена. Установлены следующие особенности в изменении климатических параметров Западно-Сибирской равнины:

- амплитуды отклонений температурных характеристик от современных значений были больше в периоды похолодания, а в максимумы потеплений значительно повышались зимние температуры, особенно в плакорных условиях междуречий;

- похолодание в суббореальном периоде выразилось в снижении летних температур и в увеличении сухости климата;

- в субатлантическом периоде отмечено 5 потеплений с повышением летних температур и увеличением среднегодового количества осадков.

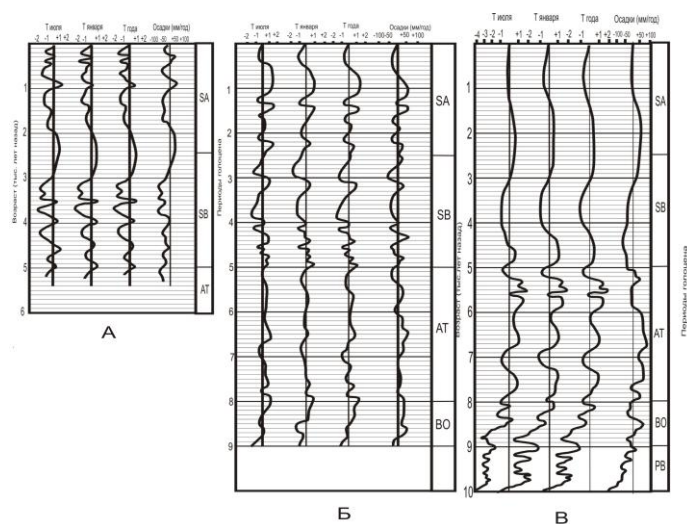


Рис. 1. Палеоклиматические реконструкции выраженные в едином временном масштабе: А- по диаграмме Ново-Успенка; Б – Петропавловка; В – Бугристый.

Палеоклиматические кривые (рис.1) построены в отклонениях от современных климатических показателей ключевого участка и переведены в единый временной масштаб с использованием глубинно-возрастных моделей. Реконструкции изменений июльской, январской и среднегодовой температур, годового количества осадков были проведены методом Климанова на основе общего состава пыльцевых спектров и обилия пыльцы древесных видов. Сходство климатических кривых из разных пыльцевых разрезов подтверждается корреляционным анализом. Не имеют значимой корреляции только среднегодовая температура и годовая сумма осадков, реконструированные по разрезу «Петропавловка». Данный феномен объясняется расположением разреза «Петропавловка» в долине большой водной магистрали - р. Оби и влиянием ее влажного микроклимата.

Годовое количество атмосферных осадков, реконструированное по водораздельному разрезу «Бугристый», имеет довольно высокую корреляционную связь со среднегодовой и январской температурой. Это является отражением связи континентальности климата с количеством выпадающих атмосферных осадков. С усилением континентальности климата при движении с запада на восток (вследствие ослабления атлантического влияния) количество осадков, особенно зимних, уменьшается. В прошлом, при снижении континентальности климата (повышении январских температур) в районе расположения разреза «Бугристый» (плакорное местообитание), увеличивалась среднегодовая температура и возрастало количество осадков.

При анализе палеоклиматических кривых по отдельным хронозонам голоцена выделяется одинаковое количество максимумов и минимумов. Отмечается синхронность всех палеотемпературных кривых. Суббореальный и субатлантический периоды наиболее контрастно отличаются друг от друга по климатическим харак-

теристикам в южном разрезе «Ново-Успенка». Конец атлантического и суббореальный периоды были более сухими и тёплыми на юге района исследования, по сравнению с севером. Среднеголоценовый климатический оптимум наиболее ярко оказался выражен в климатических кривых болота «Бугристое» и меньше – в климатических кривых разреза «Петропавловка»), что является подтверждением гипотезы о буферном влиянии поймы р. Оби на современный и прошлые климаты Западной Сибири.

2. Многоуровневый анализ эмпирических моделей региональных климатов, полученных на основе агрегированного матричного описания многолетней (вековой) последовательности состояний с использованием набора их оценочных характеристик, выявил фазы устойчивого потепления (1853-1882 гг., 30-е годы XX века и современная фаза с середины 70-х годов) со становлением регулярности климатических условий при синхронизме криогенных, климатических и биосферных явлений в Арктическом бассейне, на материке и в горах.

Эмпирические модели региональных климатов, полученные на основе агрегированного матричного описания последовательности годовых состояний с использованием оценочных характеристик: среднегодовая температура T_g , сумма температур теплого периода года $Z_{тп}$, температура января T_1 , температура июля T_{VII} , сумма температур вегетационного периода $Z_{вп}$, дефицит тепла D_t (сумма температур ниже $8\text{ }^{\circ}\text{C}$), ритм многолетних изменений температурного режима (с учетом продолжительности теплого и холодного периодов года), обеспечивают емкое содержательное описание хода многолетних (до 200 лет) изменений климатических условий и ресурсов. Алгоритм многоуровневого анализа предусматривает использование на первом этапе интегрированных оценочных характеристик состояния, а на последующих этапах – набора характеристик различного уровня детализации, а также средств отображения переходных процессов и областей состояний на фазовых портретах.

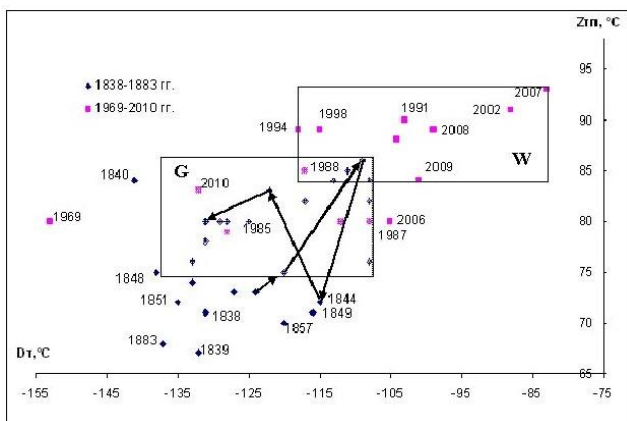


Рис. 2. Области состояний климата Барнаула в теплых фазах

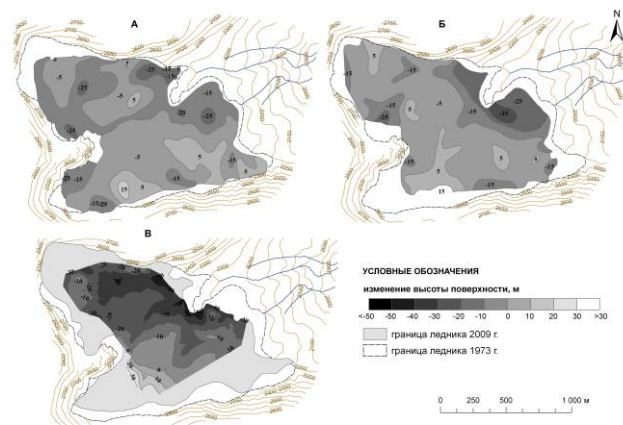


Рис.3. Изменение поверхности ледника Томич с 1973 по 1983 гг. (А), с 1973 по 1995 гг. (Б), и с 1973 по 2010 гг. (В).

На рис. 2 показаны области состояний климата Барнаула для теплых фаз. До середины XIX века потепление прерывалось многолетними (4-7 лет) похолоданиями. Длительная теплая фаза (область G) наблюдалась с 1853 г. по 1883 г. при потеплении Арктического побережья (Архангельск) и южных регионов Западной Сибири (Барнаул). В этот период прекращался рост ледников в горах Алтая, таяли и отступали ледники Актру, Родзевича (скорость отступления 5,4 м/год), происходило заселение древесных растений на молодые морены долинных ледников. Интенсивное таяние ледников происходит в современную теплую фазу: по данным топо съемок ледник Томич с 1973 г. по 2010 г. сократился по площади с 1,55 км² до 1,25 км², а его объем уменьшился на 48 % (рис. 3).

По данным космомониторинга изменения площади льдов составили: в бассейне Катунский 53,9 км², Южно-Чуйский 30,1 км², Северо-Чуйский 34,7 км². Это свидетельствует о синхронизме в теплую фазу в подсистемах геосферы: криосферных явлений Арктическом бассейне, климатических процессов на побережье океана и на материке в умеренных широтах, криогенных процессов в центрах оледенения и биосферных явлений в горах. При потеплении в 30-е годы XX века состояния входили в область G. В середине XX века были возвратные состояния (1942–1970 гг.). В 1985 г. осуществился переход в область теплых состояний W и произошел климатический сдвиг, а с 1998 г. установилась регулярность климатических ресурсов.

Регулярность климатических условий обеспечивается (с 1998 г.) в ряде регионов умеренных широт Западной Европы (Де-Билт, Прага, Дрезден, Постдам, Берлин, Вроцлав). На юго-западе Сибири (Курган, Омск, Иртышск) обеспечивается (с 2001 г.) регулярность климатических ресурсов при умеренных значениях оценочных характеристик, близких к нижнему пределу необходимого потенциала агро-

климатических ресурсов ($Z_{вп}=64$ °C). В северных регионах Европы и Сибири нарушения регулярности связаны с понижением климатических ресурсов в вегетационный период и экстремально морозными условиями зимой при вторжении холодных воздушных масс из Арктики. В умеренных широтах Восточной Европы нарушение регулярности связано с экстремально высокими температурами летом при дефиците осадков (атмосферная засуха, суховеи в степной зоне).

1.2.3. РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ ПО ИНТЕГРАЦИОННЫМ ПРОЕКТАМ СО РАН

Проект № 4 «Информационные технологии, математические модели и методы мониторинга и управления экосистемами в условиях стационарного, мобильного и дистанционного наблюдения».

В течение первого года была проведена разработка архитектуры программной инфраструктуры, интегрирующей поддержку процессов создания моделей данных и наблюдений (мониторинга) за состоянием геосферно-биосферных объектов и анализа состояния объектов наблюдения. Выработаны базовые требования, которым должна отвечать информационно-вычислительная инфраструктура для обработки и анализа архивов климатических данных, а также данных удаленного зондирования: унифицированная обработка и анализ данных, полученных из разных источников, включая приведение к единому формату NetCDF (соглашение COARDS для метео- и климатических данных, соглашение GDT для данных моделирования), за исключением данных дистанционного зондирования в формате HDF-EOS; использование форматов W3C, OGC и ISO для описания результатов вычислений с целью достижения интероперабельности и возможности в перспективе создания соответствующих веб-сервисов; использование технологий веб-гис для расширения функциональности на стороне веб-клиента (интернет-браузера); реализация вычислительных модулей для проверки статистических гипотез; использование данных моделирования с высоким пространственным разрешением. Также была создана аппаратная инфраструктура для хранения и обработки данных по окружающей среде Северной Евразии, и, в частности, Западной Сибири. Общий объем дискового пространства в системе хранения данных достигал 7 Тб.

В течение второго года, в соответствии с выработанными базовыми требованиями была разработана основа информационно-вычислительного ядра программной инфраструктуры, обеспечивающего базовые операции для работы с файлами данных и интерфейсы для вычислительных модулей разрабатываемой веб

системы. Также был разработан базовый набор вычислительных модулей для обработки и визуализации данных. Объем системы хранения данных был увеличен в два раза (до 14 Тб.). Имеющийся архив геофизических данных был расширен глобальным климатическим реанализом NOAA-CIRES Twentieth Century Global Reanalysis Version 1. Данный реанализ был преобразован в формат HDF5 и интегрирован в разрабатываемую информационно-вычислительную инфраструктуру. Освоена технология обработки данных дистанционного зондирования Landsat 4-7 на языке программирования ITTVIS IDL. Выбрано программное обеспечение с открытым кодом для реализации разрабатываемой системы с помощью Веб-ГИС технологий.

В течение третьего года проекта, была расширена функциональность информационно-вычислительной инфраструктуры. Разработаны и протестированы новые модули вычислительного ядра для определения характеристик изменений климата и экосистем. Расширены возможности визуализации результатов анализа. Проведена разработка базовой функциональности графического интерфейса пользователя системы с использованием современных веб-ГИС технологий. Существующий набор архивов метеорологических и климатических данных был расширен глобальным реанализом ECMWF ERA-Interim, который содержит поля основных климатических характеристик для периода с 1989 г. по настоящее время с пространственным разрешением 0.5x0.5 градуса глобально и 0.25x0.25 градуса для территории Сибири. Для комплексной оценки климатических и экосистемных изменений на основе климатических данных и данных дистанционного зондирования был разработан и протестирован экспериментальный образец Веб-ГИС системы.

Основные результаты

В рамках выполнения проекта были выработаны базовые требования, которым должна отвечать информационно-вычислительная инфраструктура для обработки и анализа архивов климатических данных, а также данных удаленного зондирования:

- унифицированная обработка и анализ данных, полученных из разных источников, включая приведение к единому формату NetCDF (соглашение COARDS для метео- и климатических данных, соглашение GDT для данных моделирования), за исключением данных дистанционного зондирования в формате HDF-EOS.
- использование форматов W3C, OGC и ISO для описания результатов вычислений с целью достижения интероперабельности и возможности в перспективе создания соответствующих веб-сервисов

- использование технологий веб-гис для расширения функциональности на стороне веб-клиента (интернет-браузера)
- реализация вычислительных модулей для проверки статистических гипотез
- использование данных моделирования с высоким пространственным разрешением.

На основе этих требований была разработана концептуальная архитектура информационно-вычислительной инфраструктуры для обработки и анализа архивов климатических данных, а также данных удаленного зондирования, с использованием которой была создана основа вычислительного ядра, обеспечивающего базовые операции с файлами данных и интерфейсы для вычислительных модулей. Вычислительное ядро системы реализовано на языке ITTVIS Interactive Data Language (IDL) v. 7.0 с использованием объектно-ориентированного подхода, что обеспечивает гибкую и легко расширяемую систему, поддерживающую развитие функциональных возможностей с помощью дополнительных модулей. Разработанный базовый набор низкоуровневых модулей обеспечивает работу с геофизическими данными и визуализацию результатов обработки. Функциональные возможности системы по обработке данных обеспечиваются вычислительными модулями, которые позволяют проводить математический и статистический анализ основных параметров, характеризующих состояния и изменения глобального и регионального климата, а также спутниковых снимков.

Архив геофизических данных доступных для обработки представлен реанализами NCEP/NCAR Reanalysis, JMA-CRIEPI JRA25, ECMWF ERA-40 и ERA-Interim, MRI-JMA APHRODITE, NOAA-CIRES Twentieth Century Global Reanalysis Version 1, а также историческими локальными наблюдениями и данными дистанционного зондирования Landsat 4-7. Изначально реанализы поставлялись в различных форматах, поэтому с целью унификации и повышения производительности информационно-вычислительной инфраструктуры файлы были преобразованы в формат NetCDF. Для хранения наборов геофизических данных используется высокопроизводительная система хранения данных, объемом 14 Тб. Имеющиеся данные дистанционного зондирования Landsat 4-7 перед использованием требуют предварительной обработки (коррекция и сведение каналов), для чего была освоена технология их обработки с использованием возможностей языка ITTVIS Interactive Data Language (IDL). Полученные в результате изображения могут в дальнейшем использоваться в качестве подложки при визуализации результатов расчетов.

Для создания и поддержки графического интерфейса пользователя, а также реализации Веб-ГИС функциональности, было изучено и выбрано программное

обеспечение с открытым кодом: ПО GeoServer, MapServer, OpenLayers и библиотека ExtJS Framework. Графический вывод результатов анализа сопровождается созданием NetCDF и XML файлов, содержащих результаты расчетов и метаданные, удовлетворяющие стандартам Open Geospatial Consortium (OGC, <http://www.opengeospatial.org>) и W3C (<http://www.w3.org/>).

На основе разработанной информационно-вычислительной инфраструктуры был разработан и протестирован экспериментальный образец веб-ГИС системы для комплексной оценки климатических и экосистемных изменений с использованием климатических данных и данных дистанционного зондирования. Несмотря на то, что данный экспериментальный образец обладает базовой функциональностью, тем не менее он предоставляет исследователям возможности анализа разнородных геофизических данных, в том числе данных высокого пространственного разрешения, и выявления тенденций климатических и экосистемных изменений в рамках различных мультидисциплинарных исследований. С его помощью даже неквалифицированный и не владеющий специфическими знаниями пользователь может выполнять вычислительную обработку и визуализацию больших массивов метеорологических и климатических данных, а также данных спутникового мониторинга через унифицированный веб-интерфейс.

Таким образом, разработанная информационно-вычислительная инфраструктура является инструментом, объединяющим результаты работы многих ученых со всего мира и предоставляющим уникальные возможности не только для визуализации архивных данных, но и для мониторинга тенденций изменения глобального и регионального климата в результате природного и антропогенного воздействия.

Проект № 50 «Модели изменения биосферы на основе баланса углерода (по натурным и спутниковым данным и с учетом вклада бореальных экосистем)».

Раздел «Моделирование климатических процессов происходивших на территории Западной Сибири во второй половине 20 века»

1. **Общая характеристика работ, выполненных в период 2009-2011 гг.**

Проведено сравнение наборов данных различных реанализов по приземной температуре и количеству осадков. Показано, что наиболее близкими к натурным наблюдениям по температуре являются данные Реанализа ECMWF ERA INTERIM с пространственным разрешением $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$ с шагом измерений каждые 6 часов за период с 1991 по 2007 г., а по количеству осадков – суточные данные APHRODITE

ЖМА с пространственным разрешением $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ за период с 1979 по 2007 г. На основе данных этих реанализов получены количественные оценки для ежегодных изменений климатических характеристик на территории Сибири. Также были вычислены биоклиматические характеристики, определяющие развитие лесных экосистем: продолжительность вегетационного периода, его средняя температура, количество и интенсивность осадков. Проведенный трендовый анализ их динамики показал увеличение продолжительности вегетационного периода, сопровождающееся статистически значимым ростом эффективных температур в рамках этого периода на юге территории Западной Сибири (55-60 с.ш., 59-84 в.д.). Динамика количества осадков в этой области, характеризуется слабым положительным трендом в 5 – 15 мм/10 лет. Все это позволяет утверждать, что на юге территории Сибири возможно усиление роста растительности. Сформирован массив данных для анализа климатических параметров, оказывающих влияние на растительный покров Западной Сибири.

Выполнена локализация мезомасштабной метеорологической модели высокого разрешения WRF на территорию Западной Сибири (2500x2000 км.). Получены поля метеорологических величин с пространственным шагом 20 км, «подтянутые» к данным измерений наземных станций для территории Западной Сибири за промежуток времени 1990–2000 гг. Данные хранятся в формате NetCDF. Пространственное разрешение полей 20 км (во вложенных областях 10 км). Сравнение полученных результатов моделирования с полями глобальных данных, например, Реанализа ERA-40, говорит о явной детализации полей метеовеличин, что позволяет анализировать их изменения в локальных областях не как сглаженные возмущения, а как источники неоднородностей, имеющие конкретную географическую привязку к определенным экосистемам региона. Это позволит понять и выявить вклад той или иной экосистемы в неоднородность динамики региональных метеополей и, в конечном счете, в углеродный баланс региона.

2. Важнейший результат: Выявление областей климатических изменений благоприятных для увеличения продуктивности растительности.

Проведено сравнение модельных данных (ECMWF ERA INTERIM: 1961 - 2001, ECMWF ERA-40: 1989 - 2007, NCEP/DOE AMIP II: 1961- 2003 и NCEP/NCAR: 1961 - 2002), восстановленных в узлах 59 станций, расположенных в Сибири, с данными инструментальных наблюдений на этих станциях. Для восстановления модельных данных использовался метод Шепарда.

Было показано, что для описания особенностей поведения приземной температуры воздуха в Сибири (50 – 130 в.д., 50 – 72 с.ш.) следует использовать данные архива Реанализа ECMWF ERA INTERIM с пространственным разрешением $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$ с шагом измерений каждые 6 часов за период с 1991 по 2007 г. Динамику

количества осадков лучше всего оценивать на основе суточных данных APHRODITE JMA с пространственным разрешением $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ за период с 1979 по 2007 г.

Оценена динамика биоклиматических показателей: продолжительность вегетационного периода, сумма эффективных температур. Показано, что наблюдается увеличение продолжительности вегетационного периода, сопровождающееся статистически значимым ростом суммы эффективных температур на юге Западной Сибири ($55-60^{\circ}$ с.ш., $59-84^{\circ}$ в.д.). Динамика количества осадков в этой области, характеризуется слабым положительным трендом в $5 - 15$ мм/10 лет. Все это позволяет утверждать, что на юге территории Сибири возможно увеличение продуктивности растительности.

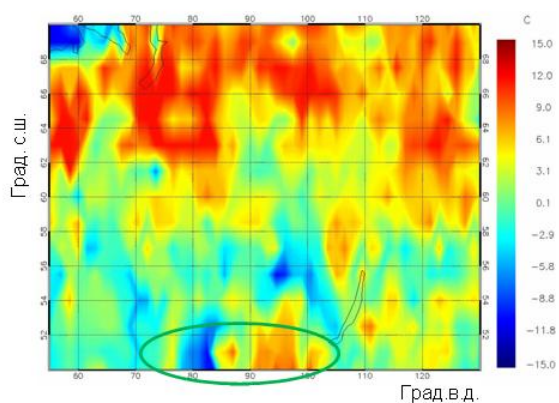


Рис. 1. Линейный тренд продолжительности вегетационного периода года со значениями среднесуточной температуры $> 5^{\circ}\text{C}$.

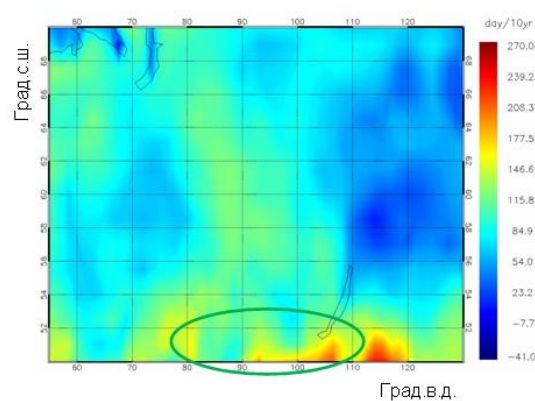


Рис. 2. Линейный тренд суммы эффективных температур со значениями среднесуточной температуры $> 5^{\circ}\text{C}$.

Основное структурированное содержание отчета

3.1. Вычисление пространственно-временного поведения климатических характеристик, контролирующих развитие бореальных экосистем Западной Сибири и процессов их газообмена с атмосферой в течение 20 века на основе данных метеонаблюдений и Реанализов

Пространственно-временное поведение климатических характеристик, контролирующих развитие бореальных экосистем Западной Сибири и процессов их газообмена с атмосферой можно оценить на основе данных наблюдений метеостанций. Однако, поскольку доступная сеть наблюдательных пунктов сильно разрежена и только методами интерполяции трудно получить поля метеорологических элементов с необходимым пространственным разрешением, для исследований используют данные моделирования (реанализы), которое обеспечивает учет геофизических особенностей региона и дает равномерное покрытие территории данными.

Средняя температура воздуха для вегетационного периода, по данным реанализа, имеет слабый положительный тренд, который составил $0,6^{\circ}\text{C}$ ($0,2^{\circ}\text{C} / 10$

лет). Наибольший рост средней годовой температуры воздуха отмечен в зоне южной тайги, он составил $0,9^{\circ}\text{C}$ за 32 года ($0,3^{\circ}\text{C} / 10$ лет) для Азиатской части России. Та же статистика наблюдается и на отдельных станциях, расположенных на территории России. Пространственное распределение количества осадков в этот период было более неоднородно.

Для уточнения и детализации полученных результатов были необходимы долговременные ряды систематических наблюдений за метеорологическими элементами, равномерно покрывающие территорию исследования. Был проведен анализ имеющихся в нашем распоряжении данных наблюдений, который показал, что на сегодняшний день, наиболее продолжительные ряды инструментальных наблюдений предоставляет Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД), организовав их в специализированные массивы данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях территории бывшего СССР (223 станции). Из данного массива были отобраны 59 рядов наблюдений (рис.1), покрывающих территорию Сибири, с учетом пропусков данных не более чем за 3 суток в пределах каждого месяца для каждого года (36 дней в год) временного диапазона с 1961 по 2007 год.



Рис.1. Карта 59 наземных станций, отобранных из сети 223 метеорологических станций территории бывшего СССР.

Кроме того, для моделирования метеорологических полей в нашем распоряжении были данные реанализов, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Архивы данных моделирования

Название набора данных	Временной период	Разрешение данных
NCEP/NCAR R1	1951 – 2002	12h, $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$
NCEP/DOE AMIP II	1979 – 2003	6h, $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$
ECMWF ERA-40	09.1957 – 08.2002	6h, $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$
ECMWF ERA INTERIM	1989 – 2010	6h, $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$
APHRODITE JMA	1951 – 2009	1d, $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$

Таким образом, для описания особенностей поведения приземной температуры воздуха в Сибири (50 – 130 в.д., 50 – 72 с.ш.) основным источником информации послужили данные архива Реанализа ECMWF ERA INTERIM с пространственным разрешением $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$ с шагом измерений каждые 6 часов за период с 1991 по 2007 г. Динамика количества осадков была оценена на основе суточных данных APHRODITE JMA с пространственным разрешением $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ за период с 1979 по 2007 г.

Для оценки долговременных изменений гидротермического режима и их воздействия на растительный покров Сибири, рассмотрены основные характеристики годового и сезонного хода метеорологических величин, а также климатические показатели вегетационного периода года, такие как продолжительность вегетационного периода со среднесуточной температурой выше 5 и 10 °С, сумма среднесуточных значений температуры за календарный год, больше 5 и 10 °С, сумма и интенсивность осадков. Эти климатические показатели хорошо отражают динамику термического и гидрологического режимов региона Сибири и являются основными характеристиками, контролирующими развитие растительности региона. Временная динамика климатических характеристик оценена по линейным трендам, коэффициенты которого, рассчитанные по методу наименьших квадратов, характеризуют среднюю скорость изменения уровня ряда на рассматриваемом временном отрезке. Статистическая значимость изменений определяется по критерию Стьюдента.

Все расчеты выполнялись с помощью разработанной на основе IDL веб-системы. По результатам был создан архив полей характеристик, которые представлены графически и файлом заданного формата, что обеспечивает их дальнейшее использование для анализа взаимосвязей с другими характеристиками.

3.2. Динамика климатических и биоклиматических индексов

Наблюдаемое пространственное распределение трендов среднегодовой приземной температуры воздуха в Сибири (Рис. 2, а) с теплыми очагами в Западной Сибири ($0,8 - 1,6$ °С/10 years) и холодными очагами в центральной части Восточной Сибири (от $-0,2$ до $-0,5$ °С/10 years) зависит от сезонных трендов. В частности, изменения температуры зимой (декабрь – февраль) (рис. 2, б) представлены теплыми очагами в северной и южной частях Западной Сибири, сформированными вследствие положительных трендов температуры декабря. В Восточной Сибири наблюдаются очаги с негативными трендами температуры (от $-0,8$ до $-1,6$ °С/10 лет), которые сформированы вследствие снижения температуры в декабре и январе (от $-0,5$ до $-2,5$ °С/10 лет). В свою очередь, лето (июнь – август) (рис. 2, в) характе-

ризуется значимым снижением температуры, до $-1,2$ °C/10 лет, в центральной и южной частях Западной и Восточной Сибири, полученные в результате ярко выраженных термических колебаний июня. Повышение температуры ($0,6 - 1,2$ C/10 лет) наблюдается в северных регионах Сибири. Колебания температур июля и августа менее выражены, однако центральная часть Восточной Сибири отмечена понижением температуры (от $-0,2$ до $-0,5$ C/10 лет), которое сглаживает выявленные всплески температур июня.

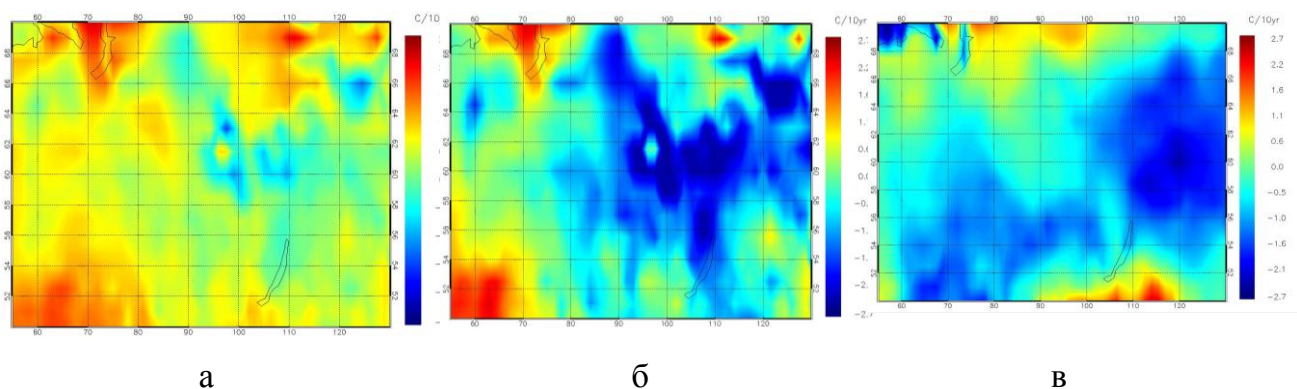


Рис.2. Тренд приземной температуры воздуха, усредненный: (а) за год, (б) зимний период, (в) летний период.

Особый интерес представляют колебания температур весеннего и осеннего сезонов, поскольку они сопровождаются периодами снеготаяния и наступления вегетационного сезона, его окончания и наступления заморозков, соответственно. Так, динамика приземных температур последних лет показала их рост в апреле (до $1,5$ C/10 лет) на территории Восточной Сибири и в мае ($0,4 - 0,9$ C/10 лет) на территории Западной Сибири. Также потепление наблюдается и в осенний сезон на территории Западной Сибири, в среднем на $2,4$ C/10 лет, в то время как, термический режим центральной части Восточной Сибири имеет тенденцию к похолоданию до -1.8 C/10 лет.

На территории Сибири в зимний сезон не наблюдается явных изменений количества осадков. Можно отметить лишь их уменьшение в северных районах Западной Сибири, где тренд достигает -40 мм каждые 10 лет, преимущественно за счет уменьшения осадков в январе и феврале. Анализ динамики осадков летнего сезона также выявил отрицательный тренд на территории Западной Сибири, достигающий -90 мм/10 лет. Однако, изменения осадков восточной части Сибири не выражены, тренд составил всего 20 мм за 10 лет. Изучение динамики осадков по месяцам выявило их увеличение в июне на территории Восточной Сибири, преимущественно в южной и юго-восточной ее части, достигая $18 - 37$ мм за 10 лет. Также

существенный рост осадков в Восточной Сибири (на всей ее территории) наблюдается в июле, их тренд достигает 45 мм, но на территории Западной Сибири происходит существенное уменьшение их количества (-70 мм/10 лет). Август месяц не отмечен явными изменениями в динамике осадков, что уменьшает его вклад в сезонные колебания.

Динамика количества осадков весеннего и осеннего сезонов не сопровождается ярко выраженными колебаниями, за исключением сентября, где происходит уменьшение количества осадков в центральной части территории Западной Сибири до -40 мм/10 лет. Таким образом, можно сделать вывод, что наибольший вклад в динамику осадков вносят летние месяцы июнь, июль и август, причем наибольшая пространственная неоднородность наблюдается в июле.

Анализ характеристик интенсивности количества осадков и количества дней с осадками выше заданного порогового значения (1 мм, 10 мм, 20 мм) показал, что на территории Сибири не выявлены явные изменения числа дней с осадками (> 1 мм), за исключением северного региона, где наблюдается увеличение дней с осадками до 5 дней/10 лет. Также при анализе общей динамики осадков этот регион был отмечен увеличением количества осадков. Но он не выделен интенсивными осадками, так как тренды числа дней с осадками выше 10 и 20 мм не дают никаких изменений как в данном «горячем» регионе, так и на всей территории Сибири. Эти результаты явно подтверждены анализом интенсивности осадков (Рис. 3)

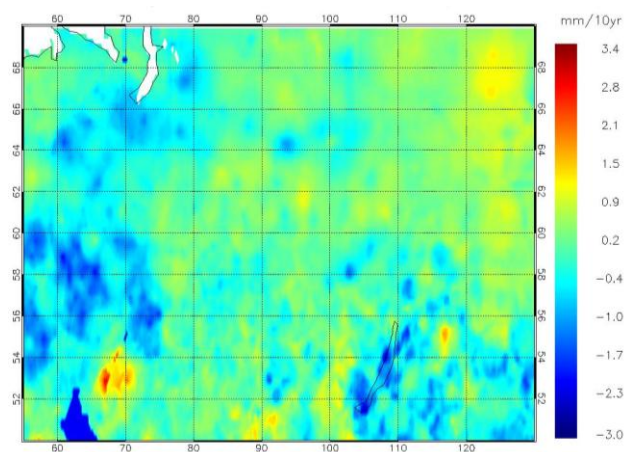


Рис. 3. Тренд интенсивности количества атмосферных осадков ($R \geq 1$ мм). Данные APHRODITE JMA.

В период с температурами больше 5 °C начинаются процессы роста и жизнедеятельности растений, поэтому анализ распределения климатических параметров этого периода представляют большой интерес при изучении взаимодействия климата и растительности. Началом вегетационного периода считается день, когда средняя суточная температура этого дня и следующих за ним пяти дней была выше 5 °C (10 °C), а окончанием периода - день, когда средняя суточная температура этого дня и следующих за ним пяти дней будет ниже 5 °C (10 °C).

В частности, выявленная положительная динамика температур весеннего и осеннего сезонов повлекла увеличение продолжительности вегетационного периода года (Рис. 4). На севере территории Сибири наблюдается увеличение числа теплых дней со среднесуточной температурой выше 5 °С до 15 дней каждые 10 лет, прослеживается широтное изменение характеристики.

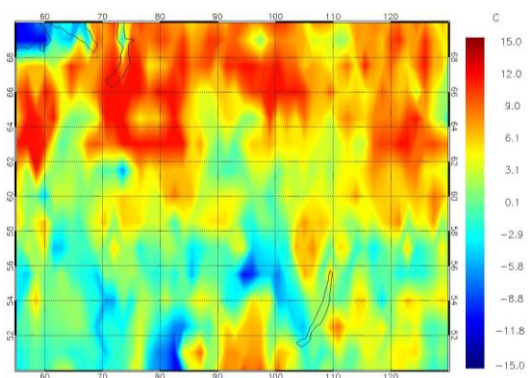


Рис. 4. Тренд продолжительности вегетационного периода года со среднесуточной температурой > 5 °С.

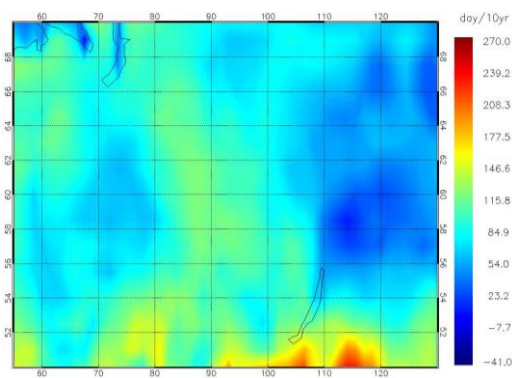


Рис.5. Тренд суммы эффективных температур со среднесуточной температурой > 5 °С.

Изучение динамики суммы эффективных температур со средней суточной температурой выше 5 °С, выявило их увеличение в среднем на 40 – 70 °С /10 лет.

Безусловно наблюдаемые изменения температуры воздуха и количества осадков находят отклик в динамике биологических процессов, в частности, в изменении пространственного распределения растительности, поведении первичной биологической продукции лесов Сибирского региона, что может привести к различным экологическим последствиям. Так, сопоставление полученных трендов динамики продолжительности вегетационного периода, суммы эффективных температур в пределах вегетационного периода года и суммы осадков, прямо влияющих на продуктивность растительности, выявило очаги наибольших влияний на ход развития биологических процессов. В частности, наблюдается увеличение продолжительности вегетационного периода, сопровождающееся статистически значимым ростом суммы эффективных температур в рамках этого периода на юге территории Западной Сибири (55-60° с.ш., 59-84° в.д.). Динамика поведения количества осадков в этой области не ярко выражена и характеризуется слабым положительным трендом в 5 – 15 мм/10 лет.

3.3. Архив климатических и биоклиматических данных для Западной Сибири

Для детального изучения климатических изменений и их влияния на растительность в Западной Сибири были использованы данные реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (European Centre for Medium Range

Weather Forecasts) с разрешением $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ (температура воздуха и количество осадков, усредненные за 10 дней, за период с 1989 по 2009 гг. <http://139.191.1.74/datadownload/index.php>). Из полученного массива данных была проведена выборка данных для территории Западной Сибири (координаты ключевого участка: $(70^{\circ}$ с.ш., 59° в.д.), $(70^{\circ}$ с.ш., 93° в.д.), $(53^{\circ}$ с.ш., 59° в.д.), $(53^{\circ}$ с.ш., 93° в.д.). Затем эти данные были подключены к разработанной на основе IDL веб-системе и были рассчитаны следующие характеристики для каждого года с 1989 по 2009: средняя температура каждого из 12 месяцев; средняя годовая температура; среднемесячное количество осадков для каждого из 12 месяцев; годовое количество осадков; сумма температур выше 5 градусов; сумма температур выше 10 градусов; количество осадков за теплый период (май-октябрь) и количество осадков за холодный период (ноябрь-апрель); континентальность климата как разница температур самого теплого месяца (июль) и самого холодного месяца (январь). Результаты расчетов сохранены в файлах формата GeoTiff, позволяющих как графическое представление результатов, так и дальнейшую обработку данных. В качестве примера на рис. 6 представлен тренд среднегодовой температуры, на рис. 7 – тренд количества осадков теплого сезона.

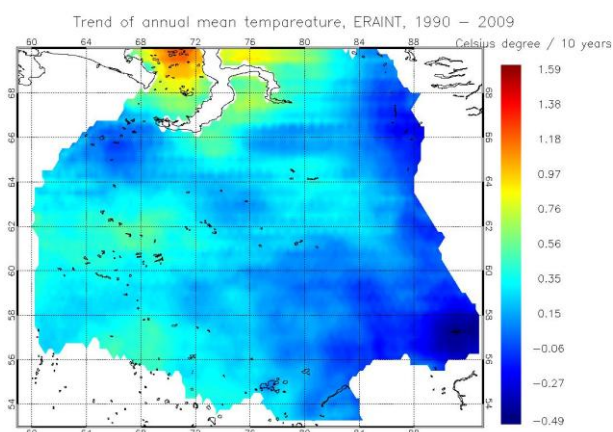


Рис. 6. Тренд среднегодовой температуры в Западной Сибири, 1990-2009 гг.

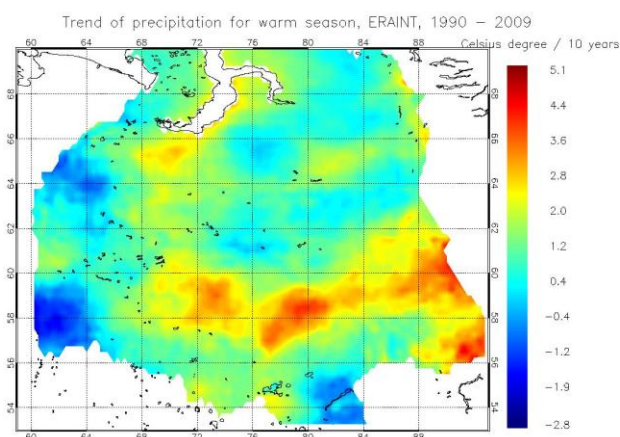


Рис. 7. Тренд количества осадков теплого сезона для Западной Сибири, 1990-2009 гг.

Полученный архив данных в рамках интеграции исследований был передан в ИВТ СО РАН для комплексного анализа изменений климата и растительного покрова территории Западной Сибири.

Совокупность наблюдающихся изменений позволяет сделать предварительные выводы о том, что на юге Сибири сформировались условия для роста продуктивности растительности. Результаты исследований, полученные при моделировании региональных и глобальных лесных процессов в сочетании с вариациями климата, также указывают на увеличение продуктивности лесных экосистем от 5 до 30 % [6]. Однако, отклик продуктивности растительности на происходящие изменения

климата, зависит не только от динамики температуры и осадков, а также от сопутствующих, вследствие их изменения, факторов. Например, увеличение температуры может привести к дефициту влаги в воздухе, таким образом, увеличится скорость испарения, что приведет к неблагоприятным условиям для растений. И здесь необходим дальнейший анализ. Полученный в результате проведенных исследований архив биоклиматических характеристик и дает основу для таких исследований. Они позволят прогнозировать изменения продуктивности растительности и выявить реакцию ее распределения на очаги климатических изменений.

3.4. Расчет метеополей высокого пространственного и временного разрешения с помощью мезомасштабной метеорологической модели WRF

Одним из методов исследования современных климатических изменений является получение региональных полей метеовеличин с высоким пространственным разрешением посредством использования мезомасштабной модели прогноза погоды. Такой подход выгодно отличается от обычных схем интерполяции и статистического «даунскейлинга», так как использование прогностической модели и системы усвоения данных наблюдений позволяет повысить достоверность получаемых метеополей. Однако при этом появляется ряд серьезных проблем, к которым относится выбор начальных и граничных условий, временные ограничения на работу прогностических моделей, чувствительность моделей прогноза погоды к долгосрочному запуску. Эти проблемы были решены в процессе получения метеорологических полей высокого разрешения для территории Западной Сибири.

В качестве возможных данных для формирования граничных условий для региональной модели рассматривались наборы данных моделирования NCEP/DOE AMIP II, JRA-25 и реанализ ECMWF ERA-40. В результате сравнения с данными наблюдений на метеостанциях за одинаковый временной интервал был выбран набор данных Реанализа ECMWF ERA-40, как наиболее точно воспроизводящий метеорологические характеристики для территории Западной Сибири. Ввиду отсутствия в этом архиве необходимой для работы модели температуры поверхности, использовалась часть данных из ECMWF ERA Interim, являющегося современной версией ECMWF ERA-40. На этой основе были сформированы соответствующие входные данные для препроцессорной системы модели.

Для получения непрерывных полей прогноза, частичного учета специфики климата региона и усвоения данных была использована WRF ARW система версии 3.2.1.

Ее основой является численная модель прогноза погоды и метеорологического исследования WRF. WRF ARW состоит из WPS – системы подготовки данных,

численного ядра WRF и численного пакета для реализации физических схем. Препроцессорная система (WPS) позволяет формировать входные данные для модели из исходных метеополей, отвечающих определенной структуре и формату, а также готовит входные данные для модели (подстилающая поверхность, топографическая составляющая и т.д.). После дополнительного исследования в препроцессорную систему WPS была установлена и подключена карта USGS LULC с пространственным разрешением 9.925 км, включающая в себя 20 типов землепользования. Данная карта достаточно хорошо отображает многообразие типов землепользования, характерное для Сибирского региона, в частности, для территории Западной Сибири. Для приземных данных (индекс шероховатости, температура почвы, альбедо) были использованы данные NCEP с таким же пространственным масштабом.

Численное ядро ARW системы включает в себя: ядро (математические модули), физические схемы для приземного слоя, модель радиации, схемы микрофизики, модели накопления осадков и схемы параметризаций облачности. В настоящее время эта модель активно используется для атмосферных исследований, получения прогноза погоды, исследования регионального климата, глобального моделирования <http://forum.wrfforum.com/>.

Модель WRF была настроена для расчета на мелкомасштабной сетке для северных регионов Азии, в частности, Западной Сибири. Для этого региона были подобраны соответствующие параметризации: для микрофизики (атмосферы): схема Томсона – модель снега, льда, облаков и дождя; для длинноволнового излучения: схема RRTM – основана на схеме Mlawer (спектральная схема, использующая метод К-корреляции, предварительный набор таблиц входных данных для точного представления длинноволновых процессов за счет водяного пара, озона, CO₂ и газовых примесей, а также учитывающая оптическую толщину облаков); для коротковолнового излучения: схема Годдарта – двухпоточная многодиапазонная схема с эффектом облаков; для диффузии: схема горизонтальной диффузии 6-го порядка; для поверхностного слоя: схема ETA – на основе схемы тепловой длины шероховатости Мони́на-Обухова и Зилитинкевича, со стандартной функцией параметризации, зависящей от входных данных; для модели подстилающей поверхности: NoahLSM (NCEP/NCAR/AFWA) – 4-х уровневая модель влажности и температуры почвы с расчетом энергетических потоков, моделью влажности растительности и моделью динамики снега.

Следует добавить, что данный способ также был использован при исследовании климатических изменений на территории США и Австралии. В частности, в работе (*Evans J.P. and McCabe M.F. Evaluating a regional climate model's ability to simulate the climate of the South-east coast of Australia // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.– 2010.–*

Vol.11.– 012004) проводится анализ метеополей за исторический промежуток с 1985 по 2008 год для территории Юго-Востока Австралии, полученных в результате использования WRF модели и подхода «downscaling». В качестве граничных условий брался NCEP/NCAR реанализ с 50 км пространственным шагом. Пространственное разрешение полученных в этой работе полей порядка 10 км.

Для повышения точности метеополей, существенным является усвоение данных измерений и, как следствие, процесс конвертирования этих данных в нужные форматы. Для этой цели используется метод “observation nudging”. Этот метод эффективно управляет ростом ошибки модели, в то время как модель генерирует детализированные мезомасштабные структуры, которые могут не быть выявлены только на основе данных наблюдений. В результате получается более точное, чем полученное без учета данных наблюдений, решение. Для работы системы усвоения необходима подборка коэффициентов, зависящих как от самих усваиваемых данных, так и от расчетной сетки модели, что накладывает определенные ограничения на смену расчетной области и выборку усваиваемых данных. Данные для системы усвоения подготавливались на основе метеоданных из базы станционных наблюдений с помощью конвертера Obs_little (ASCII файл формата little_r, где наблюдения сортированы в хронологическом порядке).

Результатом работы созданного программного комплекса являются поля метеорологических величин, которые в определенном смысле есть проекции полей реанализа на сетку с высоким пространственным шагом, «подтянутых» к данным измерений наземных станций. Расчетной областью является Западно-Сибирская низменность (2500x2000 км.). Пространственное разрешение полей 20 км (во вложенных областях 10 км). В частности, рассчитываются поля климатических характеристик для Западной Сибири за исторический промежуток времени 1990–2000 гг.

Сравнение полученных результатов моделирования с полями глобальных данных, например, Реанализа ERA-40 и реанализа NCEP 2 говорит о явной детализации полей метеовеличин, что позволяет анализировать их изменения в локальных областях не как сглаженные возмущения, а уже как источники неоднородностей, имеющих конкретную географическую привязку к определенным экосистемам региона. Изменения различных физических входных данных модели, таких как тип поверхности, позволят понять и выявить вклад той или иной экосистемы в неоднородность динамики метеополей.

Анализ полученных результатов и сравнение с другими полями глобальных моделей, а также результатами моделирования климатических региональных моделей, показали, что при использовании модели WRF получают более точные и близкие к действительности поля метеовеличин.

Таким образом, в ходе выполнения проекта, проведена настройка модели WRF, обеспечивающая учет специфики региона и верификация рассчитываемых для периода 1991 – 2000 гг. метеорологических характеристик высокого разрешения, что создает основу для создания архивов метеополей для анализа влияния современных (1960 – 2010 гг.) климатических изменений на растительность.

[Проект №54 «Нанометрология асферических поверхностей»](#)

Разработка математических моделей, программ и алгоритмов анализа интерферограмм асферических волновых фронтов

Для осуществления взаимодействия с лазерным измерительным комплексом пакет программ POINT был реализован в виде двух частей, состоящих из расчетного модуля и управляющей оболочки, включающей в себя три интерфейсных модуля. Пакет программ POINT позволяет: 1) осуществить обработку интерферограммы и восстановление формы волнового фронта, используя методы прослеживания интерференционных полос и Фурье-анализа; 2) провести статистическую обработку волновых фронтов, восстановленных из выборки интерферограмм. При помощи пакета программ POINT было проведено моделирование восстановления фазы и исследование погрешности восстановленного волнового фронта. Исследовано изменение погрешности при усреднении восстановленной фазы в условиях случайного шума и искажениях интерферограммы в виде неоднородности фона освещения и паразитной интерференции. Произведена обработка экспериментальных данных интерференционных измерений. Усреднение фазы из нескольких интерферограмм позволяет понизить дисперсию ошибки восстановления фазы, вызванную случайным шумом и неравномерностью покрытия апертуры интерференционными полосами, а также уменьшить влияние нестабильности внешних условий на регулярные ошибки волнового фронта.

Расчетный модуль реализован в виде динамической библиотеки pnt_math.dll и предназначен для выполнения расчетов интерферограмм методом прослеживания полос (fringe tracing) и методом Фурье-анализа. Динамическая библиотека может быть загружена основным проектом любым из двух методов – динамической либо статической загрузкой. Последовательная обработка интерферограммы осуществляется посредством вызова соответствующих функций расчетного модуля. На рис 1, 2 представлены этапы обработки отдельной интерферограммы.

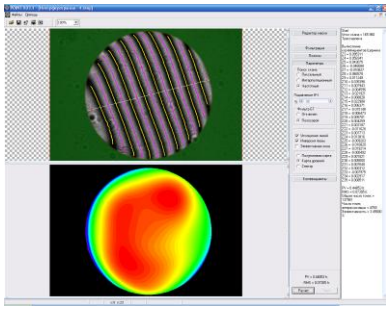


Рис. 1. Интерфейс расчетного модуля для восстановления формы волнового фронта методом прослеживания интерференционных полос.

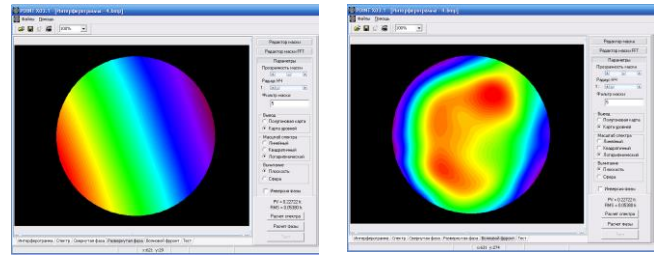


Рис. 2. Интерфейс расчетного модуля для восстановления формы волнового фронта методом Фурье-анализа.

Проведенные численные замкнутые эксперименты по восстановлению фаз из интерферограмм показывают, что разработанный модуль, как элемент цифрового интерферометра, обеспечивает точность восстановления фазы, соответствующую требованиям оптического контроля. Точность восстановления волновых фронтов достигает сотых долей длины волны. Дополнительное повышение точности интерференционных измерений достигается за счет статистической обработки выборок интерферограмм с различным числом и ориентацией интерференционных полос. Результаты моделирования и усреднения восстановленного волнового фронта приведены в таблице. Из таблицы видно, что усреднение восстановленного волнового фронта позволяет минимизировать ошибку восстановления в условиях шумов, переменных во времени a , также, уменьшить влияние систематических искажений, например, неоднородности фронта источника света и паразитной интерференции. Применение усреднения, например 12-ти восстановленных фаз в модельном эксперименте снижает погрешность восстановления в 3-4 раза.

При пиковом 0.1λ и среднеквадратичном 0.031λ отклонениях поверхности волнового фронта от номинала, что на длине волны излучения He-Ne лазера соответствует 63.0 нм и 19.53 нм, среднеквадратичное отклонение при размере матрицы детектора 1024×1024 и выше, достигает 0.7 нм, а при усреднении по четырем интерферограммам снижается более чем в два раза. Более детальное исследование влияния искажающих факторов интерферограмм на погрешность восстановления фазы еще предстоит выполнить, но, очевидно, что результаты проведенных в работы над проектом модельных экспериментов показывают перспективы применения интерферометрии в нанометрологии высококачественных оптических элементов.

Средняя ошибка $\bar{\varepsilon}$, разброс ошибок σ , ошибка усредненной фазы $\tilde{\varepsilon}$, эффективность усреднения E для фаз, восстановленных по выборке интерферограмм.

угол наклона ψ и количество полос f в се- рии $i = 0..11$ интерферо- грамм	результаты обработки серии ин- тер- ферограмм	условия формирования серии интерферограмм		
		интерферограм- мы со случайным искажением $\alpha = s, \mu = 1$	интерферограм- мы с постоянным искажением $\alpha = p, \mu = g$	интерферограм- мы со смешан- ным искажением $\alpha = s + p, \mu = g$
$\psi_i = 0;$ $f_i = 16$	$\bar{\varepsilon}, \lambda$	1.373×10^{-3}	2.234×10^{-3}	2.417×10^{-3}
	σ, λ	1.956×10^{-4}	0	2.102×10^{-4}
	$\tilde{\varepsilon}, \lambda$	5.597×10^{-4}	2.234×10^{-3}	1.681×10^{-3}
	E	2.453	1	1.438
$\psi_i = 0;$ $f_i = 4 + i \cdot 2$	$\bar{\varepsilon}, \lambda$	2.538×10^{-3}	4.024×10^{-3}	5.165×10^{-3}
	σ, λ	9.894×10^{-4}	2.737×10^{-3}	3.799×10^{-3}
	$\tilde{\varepsilon}, \lambda$	1.322×10^{-3}	1.833×10^{-3}	2.376×10^{-3}
	E	1.920	2.195	2.174
$\psi_i = i \cdot \pi / 12;$ $f_i = 16$	$\bar{\varepsilon}, \lambda$	1.540×10^{-3}	2.333×10^{-3}	2.821×10^{-3}
	σ, λ	1.895×10^{-4}	4.328×10^{-4}	6.809×10^{-4}
	$\tilde{\varepsilon}, \lambda$	3.906×10^{-4}	6.834×10^{-4}	9.068×10^{-4}
	E	3.942	3.414	3.111

Заключение

Разработан расчетный модуль программы POINT, встроенный в лазерный измерительный комплекс ИАиЭ СО РАН, который позволяет проводить обработку интерферограмм при высокоточных интерференционных измерениях. Проведенные численные замкнутые эксперименты по восстановлению фаз из интерферограмм показывают, что разработанный модуль, как элемент цифрового интерферометра, обеспечивает точность восстановления фазы, соответствующую требованиям оптического контроля. Для успешного выполнения требований современного производственного контроля оптических элементов необходимо применять новую стратегию контрольно-измерительного эксперимента, обеспечивающего анализ зашумленных интерферограмм с усреднением фаз, восстановленных из нескольких интерферограмм, для одной и той же поверхности. При этом интерферограммы должны отличаться числом и ориентацией интерференционных полос. Изменение количества и угла поворота полос при усреднении восстановленных фаз переводит постоянные искажения интерферограммы в разряд статистически независимых. Усреднение восстановленных фаз позволяет минимизировать ошибку восстановления в условиях шумов, переменных во времени а, так же, уменьшить влияние систематических искажений, например, неоднородности фронта источника света и

паразитной интерференции. Использование серии интерферограмм с измененным количеством и углом наклона полос для усреднения восстановленных фаз позволяет доопределить фазу в краевой зоне, и тем самым, снизить ошибку ее оценки в краевой зоне. В отличие от методов фазосдвигающей интерферометрии процедура усреднения фаз восстановленных из серии интерферограмм не требует точной установки количества и угла наклона интерференционных полос.

Проект № 66 «Разработка научных и технологических основ мониторинга и моделирования природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота».

ОСНОВНЫЕ ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Блок 1. Исследование закономерностей экосистемных процессов в условиях современных глобальных изменений и техногенной нагрузки на территории БВБ. Обоснование предложений по мониторингу экосистемных процессов.

Развитие болотного процесса представлено пространственно-временными рядами заболачивания выстраиваемых по фактору увлажнения от автоморфных хвойных и лиственных лесов до рямовых сообществ. Показано, что формирующиеся на контакте изолированных болот с прилегающими лесами экотоны отличаются от фоновых (лесных и болотных) ландшафтов большим фитоценотическим разнообразием и сложным гумусовым профилем почв. На динамику растительных сообществ влияют соотношение тепла и влаги в разных блоках экотона, изменение кислотно-основных свойств почв, количества и качества органического вещества, вызывающие изменения по типу обратных связей в растительном сообществе. На ландшафтном уровне организации экотонов при взаимодействия массивов водораздельных болот с приречными дренированными территориями выделены разные типы границ с мозаичным рисунком расположения островных рямов в зависимости от стока с основных массивов.

Для территории Западной Сибири при выявлении происходящих изменений важное место приобретают исследования процессов происходящих в экосистемах на границе с болотом. Болотообразование благодаря масштабам проявления и интенсивности влияния на окружающую среду рассматривается в ранге сильно действующих природных процессов. Развитие болотного процесса реализуется в последовательном воспроизводстве определенного типа ландшафтной структуры, связей и отношений под воздействием системообразующих потоков влаги и в соответствии с условиями тофности почв. Первые стадии развития процесса обуслов-

лены гидроморфной трансформацией почв, вызывающей изменения в лесных экосистемах. Последующие стадии сопряжены с торфонакоплением и формированием собственно болотных ландшафтов. Сложившаяся фитоценотическая структура территории отражает все этапы и ход заболачивания, протекающего на фоне пирогенных сукцессий и антропогенных трансформаций.

Заболачивание лесов на Васюганской равнине, сложенной с поверхности тяжелыми по гранулометрическому составу почвообразующими породами, начавшись в раннем голоцене, активизировалось 1000-1800 лет назад с оформлением внутриболотной гидрографической сети и подтоплением периферии болотных массивов. Аккумуляции древесного торфа предшествует длительная фаза накопления оторфованной лесной подстилки и кислого перегноя. Фаза аккумуляции перегнойного горизонта, обусловленная высоким содержанием влаги и снижением температуры почв.

В торфяной залежи прослеживается постепенное выпадение из древостоя пихты, усиление доли кедра, появление ели и после пожарное распространение березы. Сырые березняки начальной стадии заболачивания лесов, характеризующиеся богатым видовым составом и высокой увлажненностью, формируются в ложбинах при замедленном притоке болотных и застаивании поверхностных вод. Они не образуют больших ареалов на территории в связи со сменой условий питания при нарастании торфяной залежи. Распространены на торфах разной мощности – от 30 см до 60-70 см. Заболоченные сосново-березовые леса являются стадией гидрархной сукцессии при экспансии сосны во влажные гидротопы. По экологическим параметрам, составу и структуре сообществ занимают переходное положение между автоморфными и гидроморфными сообществам, где увеличивается покрытие кустарничками и снижается роль травяного покрова. Эти фитоценозы являются как пространственным, так и временным экотопом заболачивания, поэтому торфяные залежи сложены различными видами торфа. Рослярямовые сообщества, относящиеся к категории «лесных болот» формируются как на окраине болот, так и в локальных депрессиях. В структуре рослых рямов низкая видовая насыщенность, высокое проективное покрытие сфагновыми мхами и болотными кустарничками. С накоплением торфа рямы переходят от мезотрофной стадии развития к омбротрофной. Мощность торфа достигает 100-120 см.

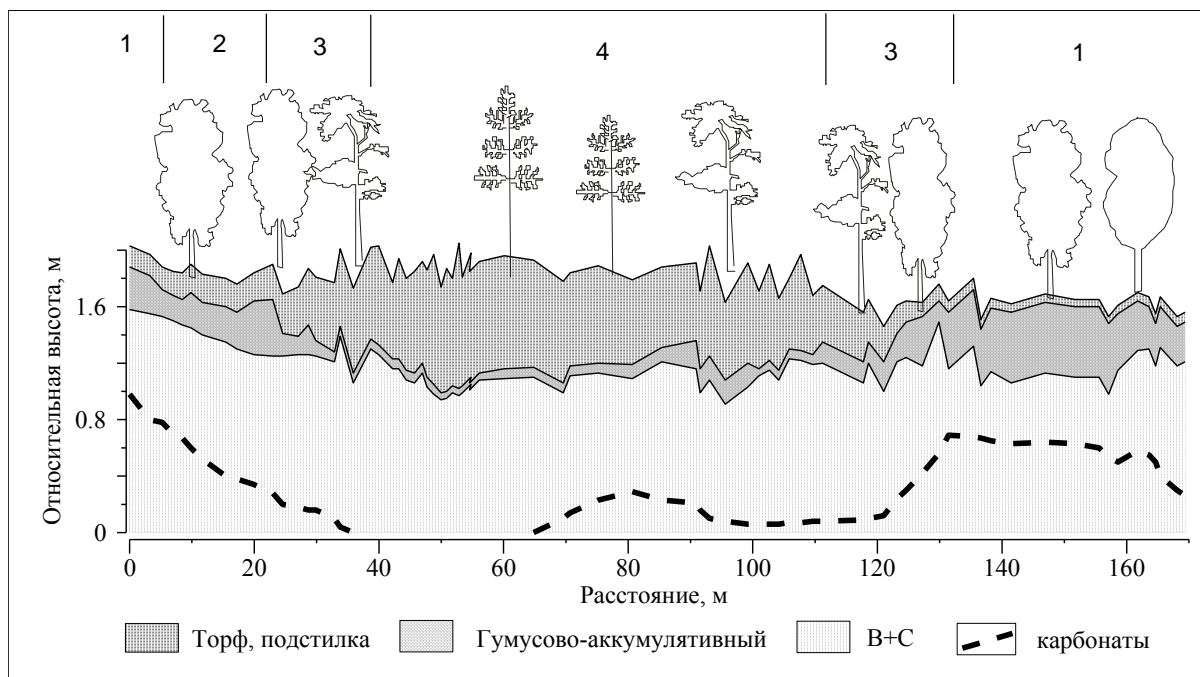


Рис. 1. Пространственная структура изолированного мелкозалежного болота. Фоновые элементы и блоки экотона: 1 – фоновый лесной (Л); 2 – лесной блок экотона (ЛЭ); 3 – болотный блок экотона (БЭ); 4 – рослый рям (Б).

Формирующиеся при заболачивании экотоны характеризуются набором физиономических и биогеоценологических показателей, отражающих пространственные и временные ряды ландшафтных фаций формирующихся по градиенту увлажнения (рис.1). Взаимопроникающие на экотон лесные и болотные фитоценозы формируются на гидрогенно-трансформированных органо-аккумулятивных остаточно-карбонатных почвах. На протяжении этапов скрытого и начального заболачивания происходят изменения почвенно-грунтовой толщи, возрастает увлажненность корнеобитаемого слоя. В доминантном составе напочвенного покрова увеличивается количество влаголюбивых видов. Появляются первые признаки торфообразования. Кульминацией фазы заболачивания является структурная перестройка элементов лесной растительности и переход к состоянию заболоченных лесов. Повышается мощность органогенных горизонтов. Завершается заболачивание выпадением первичных и формирование вторичных древостоев, отрывом корневого питания от минерального субстрата. Заболачивание на всех этапах не сопровождается глубоким выщелачиванием карбонатов.

Состояние собственно болотного процесса является ключевым звеном в преобразовании территории, поскольку системообразующим фактором становится торфонакопление. Экологический состав растительных сообществ на торфяной залежи мощностью свыше 60-90 см образован многочисленными видами сфагновых мхов, кустарничков, карликовыми формами древесных пород и характеризуется

широким диапазоном возможных состояний. В развитии болотного процесса выделяют стадии прогрессивного и регрессивного торфонакопления. На стадии деградации торфяной залежи формируются грядово-мочажинные и озерковые комплексы.

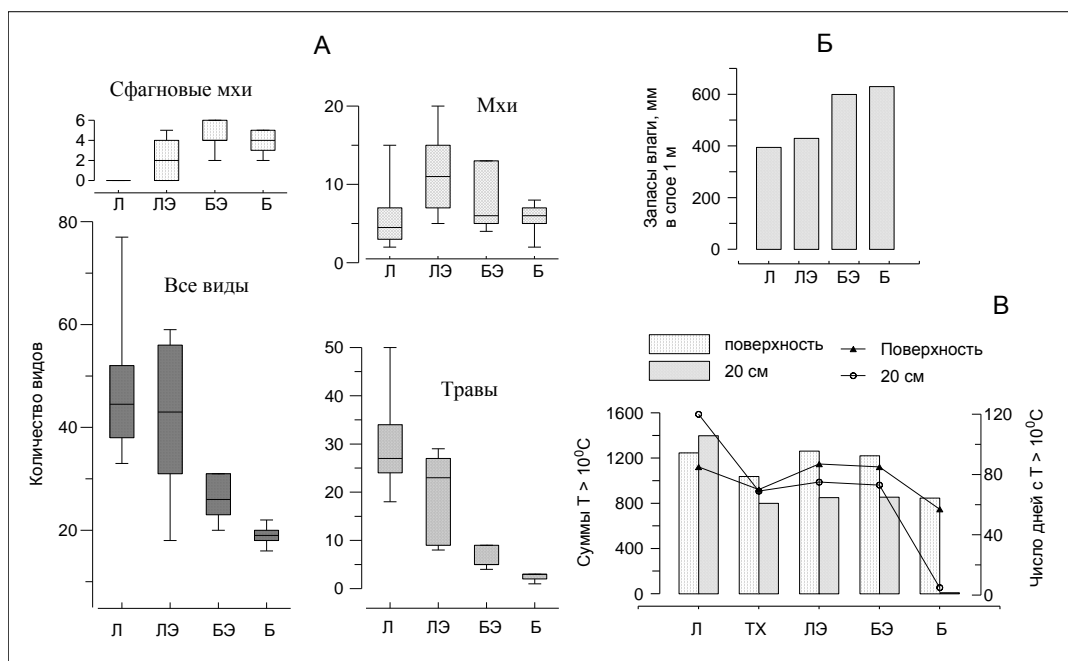


Рис. 2. Фитоценотическая структура и абиотические факторы в лесоболотных экотонах.

Установлено флористическое разнообразие переходных полос и изменение их ярусной структуры по градиенту увлажнения. Экотоны отличаются от граничащих фитоценозов повышенным количеством видов (рис. 2). Преобладание в структуре сообщества видов, относящихся к определенным экологическим группам, определяет индикационное значение данного фитоценоза. В лесоболотном экотоне закономерно изменяется фитоценотическая роль растений разных ярусов, зона контакта выделяется как по спектрам, так и по выраженности мохового и травяного ярусов, представленных наиболее широким диапазоном экологических групп. Пространственно-временные смены сообществ в элементах лесоболотного экотона прослеживаются по соотношению между лесными и болотными видами трав и мхов, в экспансии сосны с периферии болот в мелколиственные травяные, либо темнохвойные коренные насаждения. В болотной части локальных экотонов (при мощности торфа до 40 см) снижение трофности компенсируется повышением увлажнения, что обеспечивает устойчивость рослямовых сообществ и сохранение достаточно высокой продуктивности древесного яруса. Пусковым моментом смены фазы мезотрофного заболачивания прогрессирующим олиготрофным являются пожары и связанное с ними повышение обводненности периферии болота.

Изучение элементов углеродного баланса болотных экосистем за длительный период времени показало, что в настоящее время все исследуемые биогеоценозы являются стоком углерода, углерод поглощается из атмосферы и аккумулируется в виде торфа. Скорость аккумуляции углерода составляет от 56 до 116 гС/м²/год в зависимости от типа экосистемы. (ИМКЭС СО РАН)

Баланс углерода болотных экосистем складывается из фотосинтетической фиксации CO₂ в виде чистой первичной продукции, общего экосистемного дыхания автотрофов, гетеротрофного выделения CO₂ почвами, эмиссии метана при микробном разложении органического вещества и выноса органического углерода с болотными водами. Множество экологических факторов оказывают влияние на скорость углеродного обмена в болотных экосистемах и современное изменение климата может затронуть эти управляющие факторы.

Современное потепление климата наиболее сильно проявляется в высоких широтах северного полушария, в результате чего могут существенно измениться потоки и баланс углерода болотных экосистем. Определение скорости углеродного обмена между болотными экосистемами и атмосферой, а также экологических и климатических факторов влияющих на углеродный обмен в условиях современного изменения климата является важной научной задачей.

Исследование биологической продуктивности и эмиссии CO₂ на олиготрофном болоте проводилось с 1999 по 2009 гг. Объекты исследования расположены на территории стационара «Васюганье» Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Бакcharский район, Томская область 56°58'СШ 82°36'ВД). Исследования проводились на геохимически сопряженном ландшафтном профиле р. Ключ, который пересекает следующие основные типы олиготрофных болотных БГЦ: сосново-кустарничково-сфагновые фитоценозы – высокий рям и низкий рям и открытую осоково-сфагновую топь.

Биологическая продуктивность определялась укосным методом (без учета древесного яруса), эмиссии CO₂ измерялась камерным методом с использованием инфракрасного газоанализатора ОПТОГАЗ 500.4.

Чистая первичная продукция является показателем накопления углерода в виде растительного вещества. Результаты исследования показали, что, несмотря на существенные различия в составе растительного покрова, в среднем за период наблюдений олиготрофные болотные экосистемы имеют близкие величины NPP травяно-кустарничково-мохового яруса на высоком, низком ряме и открытой топи - 623±192, 582±172, 498±151 г/м² в год соответственно. Основной вклад в продукцию на исследуемых олиготрофных болотных БГЦ вносят корни трав и кустарничков (47-57 %) и сфагновые мхи (23-31 %). На высоком и низком ряме также велика

доля кустарничков - 18 и 17% соответственно. На открытой топи более значимый вклад имеет травянистая растительность (16 %), а доля кустарничков снижается до 7 %.

Потоки CO_2 измеренные в течение 1999-2009 гг. имеют четко выраженный сезонный ход. Интенсивность эмиссии CO_2 изменяется от 20 - 60 $\text{мгCO}_2/\text{м}^2\text{час}$ весной (середина мая) и осенью (конец сентября) до 400-600 $\text{мгCO}_2/\text{м}^2\text{час}$ в середине лета (июль) в зависимости от типа болотной экосистемы. Изменчивость потока CO_2 увеличивается во всех сообществах в июне-июле.

Эмиссия CO_2 с поверхности торфяных почв болотных экосистем имеет тесную связь с температурой воздуха и почвы. Выявленные отношения между температурой воздуха и потоком CO_2 использовались для оценки потоков на исследуемых болотах в течение вегетационных периодов 1999-2009 гг. Поток CO_2 был восстановлен с использованием температуры воздуха для бесснежного периода. Регрессионные уравнения были получены для каждой экосистемы и использованы для расчета эмиссии CO_2 . Температура воздуха измеренная на болоте непосредственно во время измерения потока CO_2 , была использована для определения параметров уравнения. Потоки были измерены в естественных условиях камерным методом только в дневное время, когда температура воздуха близка к дневному максимуму. На основании выявленного суточного хода эмиссии CO_2 было получено, что потоки CO_2 измеренные в середине дня на 20-50 % выше чем среднесуточный поток. Таким образом чтобы предотвратить переоценку общего потока CO_2 мы использовали среднесуточную температуру воздуха для расчета среднесуточного потока CO_2 . Средний поток за бесснежный период с 1999 по 2009 гг. составляет 165.8 ± 40.1 , 105.6 ± 27.2 , 112.4 ± 39.4 $\text{мгCO}_2/\text{м}^2\text{час}$ для высокого, низкого рьяма и открытой топи соответственно.

Общая годовая эмиссия углерода для каждого из трех исследуемых биогеоценозов была рассчитана на основании полученных данных по эмиссии CO_2 с поверхности торфяной залежи, литературных данных по эмиссии CH_4 , зимней эмиссии CO_2 и CH_4 , выносу углерода с болотными водами, полученными для болот расположенных в сходных климатических условиях Западной Сибири. Зимняя эмиссия CO_2 и CH_4 была умножена на количество дней со снежным покровом, а летняя эмиссия метана умножена на количество дней в бесснежный период. Для периода с 1999 по 2009 гг. средняя продолжительность бесснежного периода составила 192 дня, а устойчивый снежный покров сохраняется в течение 173 дней. Среднегодовая эмиссия углерода за период составляет 244 ± 5.8 , 162 ± 5.3 , и 167 ± 5.5 $\text{гC}/\text{м}^2\text{год}$ для высокого, низкого рьяма и открытой топи соответственно.

Мы рассчитали годовой баланс углерода для исследуемых экосистем основываясь на измерения чистой первичной продукции и комбинации измеренных и оценочных данных по эмиссии углерода. Баланс углерода определяется как разница между NPP, представляющей фиксацию углерода в виде растительности и общими годовыми потерями углерода. Средний годовой баланс углерода за 1999-2009 гг. и его элементы представлены в Таблице 1.

Таблица 1.

Структура среднего (1999-2009) баланса углерода, гС/м²год
(среднее значение ± стандартное отклонение)

	Высокий рям	Низкий рям	Открытая топь
СО ₂ эмиссия (бесснежный период)	196.9 ± 6.9	125.0 ± 4.3	130.8 ± 4.6
СО ₂ эмиссия (зимняя)*	35.5 ± 2.1	25.6 ± 0.9	17.0 ± 0.6
СН ₄ эмиссия (бесснежный период)	3.5 ± 0.2	5.2 ± 0.3	10.4 ± 0.5
СН ₄ эмиссия (зимняя)*	0.31 ± 0.02	0.47 ± 0.03	0.93 ± 0.06
Вынос углерода с болотными водами*	8.0	8.0	8.0
Общая эмиссия углерода	244.1 ± 5.8	164.2 ± 5.4	167.1 ± 5.5
NPP (чистая первичная продукция)	299.1 ± 45.7	279.0 ± 60.7	239.4 ± 79.3
Баланс углерода	55.9 ± 45.3	115.8 ± 59.5	72.3 ± 79.1

В целом NPP превышает годовую эмиссию углерода и баланс углерода положительный. Рассчитанная скорость аккумуляции равна 55,9 115,8 и 72,3 гС/м²год для высокого, низкого рья и открытой топи. Положительный баланс углерода позволяет сделать вывод, что исследуемые болота в настоящее время являются стоком углерода из атмосферы, аккумулируя его в виде торфа.

Блок 3. Исследование закономерностей климатических процессов и оценка климаторегулирующей роли БВБ для прилегающих территорий. Обоснование предложений по мониторингу климатических процессов.

Установлено стабилизирующее влияние Большого Васюганского болота на мезомасштабном уровне. Воздействие БВБ выявляется на температурных полях восстановленных по данным спутникового зондирования и на данных реанализов JRA-25 и CFSR. Его величина не превышает 1°C. Анализ пространственно-временных закономерностей распределения амплитуды годового хода температуры и элементов теплового баланса выявил их взаимосвязь.

Для вычисления ежемесячных полей температуры, давления и осадков использовались ежесуточные данные наблюдений на метеорологических станциях, расположенных к востоку от Урала и в северных районах Казахстана, за 1975–2005 гг (центр распределения данных NOAA, <ftp://ftp.cdc.noaa.gov>), ежедневные данные по температурам подстилающей поверхности и атмосферы на 20 стандартных изобарических уровнях полученные спектрорадиометром MODIS (<ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/allData/>). Анализ элементов теплового баланса: входящего солнечного излучения, эффективного излучения, скрытого тепла, явного тепла и потока тепла в грунт проводился по данным реанализов JRA-25 (http://jra.kishou.go.jp/JRA-25/index_en.html) и CFSR (<http://nomads.ncdc.noaa.gov/data/>) с пространственными разрешениями $1,25^{\circ} \times 1,25^{\circ}$ и $0,3^{\circ} \times 0,3^{\circ}$, соответственно, за временной интервал 1979-2008 гг.

Известно, что болота в целом снижают температуру воздуха и лишь осенью дают небольшой тепляющий эффект. Анализ полей отклонений температуры, показал, что для полей зимнего типа характерно выстраивание вдоль оси БВБ очагов с положительными (до 1°C) значениями отклонений, а для полей летнего типа - очагов с отрицательными (до $0,6^{\circ}\text{C}$) отклонениями. Это свидетельствовало о том, что в зимний период БВБ оказывало тепляющее влияние, а в летний – охлаждающее. Сравнения полей отклонений температуры с данными зондирования со спектрорадиометра MODIS, показало, что в районе Большого Васюганского болота имеют место “острова” холода и тепла. Острова холода в июле выражены менее ярко: разности температур в этом случае составляют $1-2^{\circ}$. Конфигурации “островов” тепла и холода близки к тем, что были получены для этих методов с использованием данных наземных метеорологических станций. При этом структура “острова” тепла воспроизводится на всех стандартных уровнях вплоть до уровня 500 мб ($5,5\text{км}$).

Эффект изменения климата анализировался с помощью аномалий годового хода температуры. Под аномалиями ΔT понимается разность между максимальными и минимальными значениями температур в годовом ходе. Для выявления особенности температурного хода через БВБ были построены транссекты (профили) аномалий годового хода температур, а также самих температур, скрытого и явного тепла, потока тепла в грунт вдоль круга широты $56,67^{\circ}\text{с.ш.}$ и круга долготы $80,147^{\circ}\text{в.д.}$ (Рис.6) в пределах Западной Сибири. На оси абсцисс также обозначены месторасположения крупных элементов рельефа и границы БВБ.

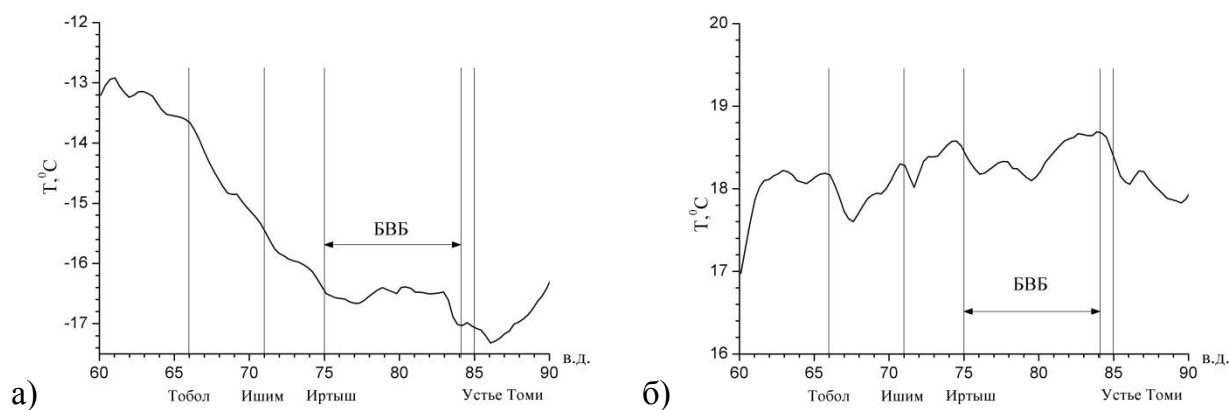


Рис. 3. Широтные профили среднемесячных величин температуры: а) январь, б) июль

Как следует из среднемесячных транссектов температур (рис.3), зимой величина температуры уменьшается при движении в глубь материка, при этом отепляющий эффект над районом БВБ наблюдается в январе и составляет $0,7^{\circ}\text{C}$, а летом, при движении с запада на восток, величина температуры увеличивается, а охлаждающий эффект наиболее заметен в западной части БВБ: в июне $-0,9^{\circ}\text{C}$ и июле $-0,5^{\circ}\text{C}$.

Поведение транссектов потоков тепла из грунта указывают на наличие аномалий в восточной части БВБ. Так например, поток тепла в грунт в зимние месяцы наиболее заметен в декабре $1,5\text{Вт}/\text{м}^2$. Летом поток тепла в грунт составляет $3,2\text{Вт}/\text{м}^2$ в июне и $2,1\text{Вт}/\text{м}^2$ в июле. Величины потоков скрытого тепла (LE) на широтных разрезах восточнее 70° в.д. примерно одинаковые, что можно объяснить однородностью заболоченной территории вдоль круга широты. Среднеквадратический разброс величин составляет $\sim 3\text{Вт}/\text{м}^2$. Распределение потоков явного (турбулентного) тепла R летом показывает небольшое увеличение на $2\text{Вт}/\text{м}^2$ к середине БВБ и его уменьшение к восточной части БВБ, где находится долина Оби. Величины потока R над долиной Оби совпадают с величинами над долиной Иртыша. Зимой поведение R особенностей не обнаруживает. Распределение приходящей солнечной радиации $Q_{\text{дс}}$ вдоль круга широты также имеет особенности. Зимой на территории БВБ наблюдаются повышенные на $\sim 2\text{Вт}/\text{м}^2$ значения, а летом в июне и июле над западной частью пониженные на $\sim 5\text{Вт}/\text{м}^2$ величины.

Изучена микроклиматическая специфика болотных экосистем по данным многолетних инструментальных наблюдений. Получено, что экосистема низкого яра в летние месяцы теплее, чем суходольный участок, а в зимние месяцы – холоднее. Разность среднемесячных температур составляет $1,2\pm 0,6$ оС в июле и $-0,8\pm 0,4$ оС в январе.

Исследованные открытые болотные экосистемы проявляют сходную динамику колебаний температуры в годовом и суточном масштабе. Среднесуточная температура воздуха на открытых (незалесенных) болотах ниже на 0,2-1 оС, а амплитуда суточного хода меньше на 2-5 оС, чем на суходоле. Пониженные значения амплитуды суточного хода формируются за счет увеличенных (по сравнению с суходолом) минимальных суточных температур в течение всего года. Максимальные суточные температуры на открытых болотах уменьшены на величину около 1 °С.

Микроклиматические характеристики залесенных болотных экосистем (низкий рям и эвтрофное болото) существенно отличаются от характеристик болот без древесного яруса. Среднесуточные температуры воздуха и максимальные суточные температуры здесь в летнее время выше, а в зимнее время – ниже, чем на суходоле. Годовой ход минимальных суточных температур совпадает с ходом на открытых болотах, а именно – минимум суточной температуры повышен по сравнению с суходолом.

Исследование температурного режима болотных экосистем проводилось на научно-исследовательском стационаре «Васюганье» (56° 57' с.ш., 82° 30' в.д., 120 м над у.м.) Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН с 1999 по 2010 гг. на олиготрофном (Бакчарское) и эвтрофном (Самара) (ЕВ) болотах. На олиготрофном болоте исследования проводились в пунктах наблюдения расположенных на низком ряме (НР) (сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз), открытой осоково-сфагновой топи (ОТ) и в грядово-мочажинном комплексе (на гряде и мочажине) (ГМК-Г и ГМК-М). Олиготрофное болото расположено на водораздельной территории между реками Бакчар и Икса. Пункты наблюдения могут быть отнесены к открытым (ОТ, ГМК-Г и ГМК-М) и облесенным (НР, ЕВ) болотным экосистемам.

Среднесуточная температура воздуха в низком ряме варьирует от -44,7 °С (13.01.2006) до 27,5 °С (23.06.2006). По данным метеостанции Бакчар минимальная среднесуточная температура воздуха была зафиксирована 12.01.2006 (-43,8 °С), а максимальная – 23.06.2006 (+ 26 °С). Средняя многолетняя температура воздуха за 2005-2001 гг составляет -0,02 °С (стандартное отклонение (СКО) 15,5 °С), по данным наших измерений, и -0,03 °С (СКО 14,9 °С) по данным метеостанции Бакчар. Продолжительность безморозного периода составляет 183 дня, причем устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С происходит, в среднем, 13 апреля весной и 13 октября осенью. Различия в датах перехода в низком ряме и на метеостанции Бакчар не превышают одних суток. Средняя температура января на метеостанции Бакчар несколько выше (-22,3 °С), чем на низком ряме (-23,1 °С), а средняя температура июля немного ниже (18, 1 и 19,5 °С на метеостанции и в низ-

ком ряме, соответственно). В изучаемых экосистемах разница между температурами самого теплого и самого холодного месяца составляет около 40 °С, что соответствует районам с континентальным климатом. Коэффициент корреляции между рядами среднесуточных температур на суходоле и в низком ряме составляет 0,99. Различия в температурном режиме воздуха на суходоле и болоте, полученные из сопоставления средних показателей за большой срок и экстремальных значений температуры практически отсутствуют. Однако, если рассмотреть микроклиматические различия усредняемые за короткие промежутки времени (до месяца), то возможно обнаружить некоторые специфические особенности температурного режима болотных экосистем.

На рис. 4 приведены разности среднемесячных температур воздуха на низком ряме и метеостанции Бакчар. Положительные разности, как правило, наблюдаются в летнее время, а отрицательные – зимой, то есть с марта по октябрь температура воздуха на болоте выше, чем на суходоле, причем в июле разность максимальна и составляет, в среднем, $1,2 \pm 0,6$ °С. Аномально большой тепляющий эффект болота наблюдался с июля по октябрь 2007 года. В зимние месяцы болото холоднее по сравнению с суходолом. Разность температур в декабре составляет $-0,8 \pm 0,4$ °С и в отличие от летних месяцев от года к году варьирует слабо. Максимальные отрицательные разности температур наблюдались в декабре 2010 -январе 2011.

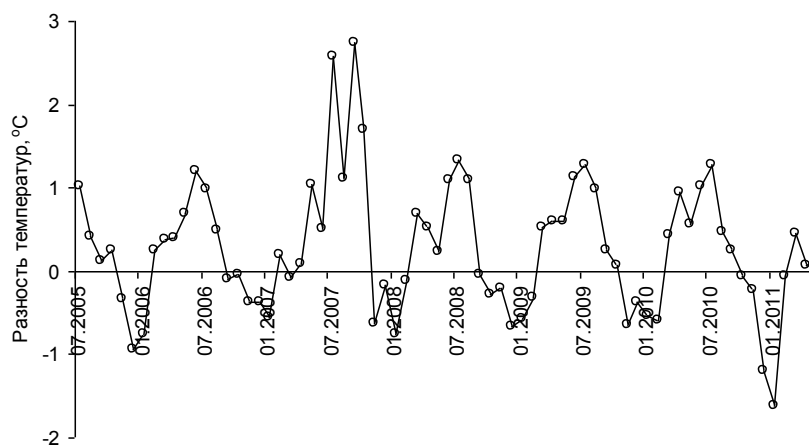


Рис. 4. Разность среднесуточных температур воздуха в низком ряме и на метеостанции Бакчар $dT = T_{\text{НР}} - T_{\text{Б}}$.

В отдельные дни разность температур может достигать 9 °С. Причиной столь существенных различий в суточных и даже среднемесячных значениях температуры в болотных экосистемах и на суходоле может быть перераспределение поступающей солнечной радиации, и как следствие – различия в тепловом балансе. В частности, в летнее время верхние слои мха и мохового очеса на болоте пересыхают и рыхлый и сухой поверхностный слой мха изолирует толщу торфяной залежи от прогревания. Таким образом, тепловой поток вглубь торфяной толщи ниже по

сравнению с минеральными почвами, что формирует более высокие температуры поверхности в летнее время на болоте, что в свою очередь, приводит к нагреву прилегающих к поверхности слоев воздуха в экосистеме низкого рьяма.

Рассмотрим особенности температурного режима в других болотных экосистемах по данным измерений автономных измерителей температуры, размещенных на болоте в июле 2010. В изучаемых болотных экосистемах (ОТ, ГМК, НР и ЕВ) температура воздуха немного ниже, чем на метеостанции и составляет от -3,1 до -3,4 °С. Минимальные температуры воздуха наблюдались в декабре 2010 г, а максимальные – в августе 2010. Период с отрицательными температурами воздуха продолжается с ноября по март. Сравнение средних температур на болоте и метеостанции (рис.5а) показывает, что низкий рям теплее суходольного участка в августе-сентябре и марте-мае. В мае 2011 г. температура во всех исследованных болотных экосистемах выше, чем на метеостанции на 0,5 – 1,5 °С. В остальное время средняя суточная температура на болоте ниже, чем на суходоле.

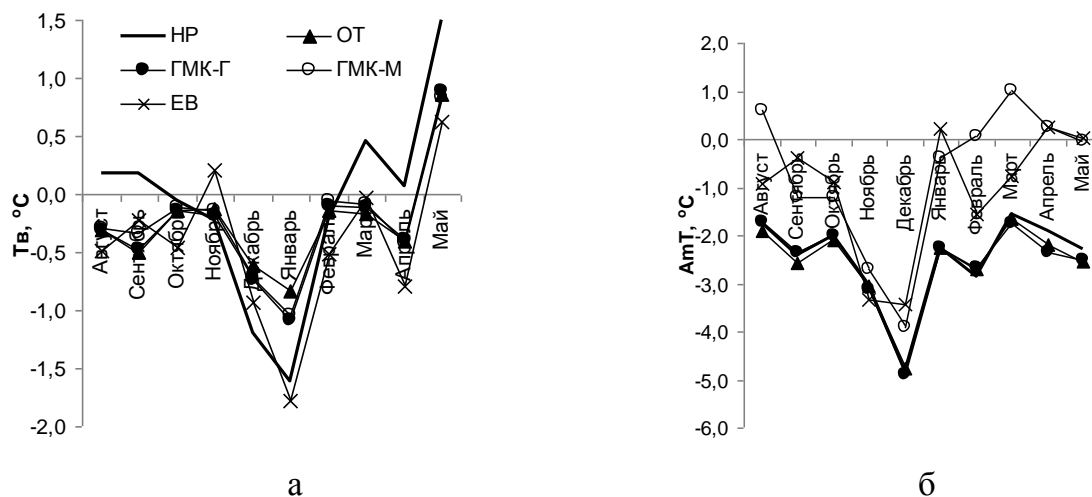


Рис. 5. Разность среднемесячных температур (а) и амплитуды суточного хода температуры (б) в болотных экосистемах и на метеостанции Бакчар

Амплитуда суточного хода температуры воздуха осредненная для каждого календарного месяца имеет выраженный годовой ход. Наибольшая амплитуда суточного хода наблюдается в мае, наименьшая – в ноябре. Данная закономерность сохраняется как для пунктов наблюдения на болоте, так и для метеостанции на суходоле. В течение всего года амплитуда суточного хода температуры воздуха на болоте ниже, чем на суходоле в среднем на 1,9 °С (см. рис.5б). В экосистеме низкого рьяма и на эвтрофном болоте в отдельные месяцы амплитуда суточного хода немного выше (на 0.5-1,0 °С).

Выявленные микроклиматические особенности болотных экосистем требуют уточнения, поскольку получены по результатам наблюдений за один год. Много-

летние непрерывные наблюдения (в течение 6 лет) за температурным режимом воздуха имеются только для экосистемы низкого рьяма.

Блок 4. Ретроспективный анализ природно-климатических изменений на территории БВБ с использованием биологических, изотопных и геохимических индикаторов. Обоснование предложений по комплексному палеомониторингу природно-климатических процессов.

По данным исследования торфяного разреза Темное предложены новые индикаторы прекращения-восстановления аккумуляции торфа - вспышки плотности вида *Diffugiella oviformis* и термического режима палеоэкоотопов - плотность болотных тестаций. Выявлено несколько периодов прекращения аккумуляции торфа, характерных для континентального климата Западной Сибири. Впервые проведена качественная реконструкция термического режима болотных палеоэкоотопов по плотности болотных тестаций.

В настоящее время актуальны краткосрочные прогнозы изменения природных ландшафтов и климата на основе реконструкций высокого разрешения. Лесные ландшафты достаточно консервативны и имеют низкую индикаторную значимость в центре их географического ареала. Более чуткий отклик, даже на внутривековые изменения климата, имеют олиготрофные болота атлантико-суббореального возраста. Перспективны для таких реконструкций и озера с отложениями раннеголоценового возраста. Однако развитие этих болот неоднократно значительно нарушалось воздействием континентального климата с переходом их в субэаральное (многолетнемерзлое) состояние в периоды похолоданий, а затем в субаквальное (вторичные озера), вызывая прекращения торфонакопления. Недоучет этих стадий значительно искажает интерполяционные возраста и тренды реконструируемых водных режимов, а неполноты палеоинформации для периодов прекращений - реконструкции климата. Поэтому актуален поиск и применение комплекса чутких индикаторов гидротермических палеорежимов базовых объектов.

Объекты исследования – отложения олиготрофных болот Иксинское, Бакчарское, Темное, Тимирязевское и озера Кирек. На всех выбранных разрезах отложений выполнены базовые исследования свойств торфа и сапропеля (ботанический состав, степень разложения, зольность, влажность, плотность) и радиоуглеродное датирование, выявлены особенности аккумуляции отложений и проведены реконструкции стадий сукцессий палеофитоценозов и водных режимов методом расчета индекса влажности по ботаническому составу. На торфяном разрезе (т.р.) Темное проведен анализ болотных тестаций. На т.р. Икса, Бакчар, Тимирязево определено

соотношение стабильных изотопов ($\delta^{13}\text{C}$). На т.р. Кирек-1, Бакчар, Темное и Тимирязево выполнено сплошное (с шагом 0,5-2 мм) и дискретное (5-10 см) сканирование элементов.



Рис. 6. Динамика числа видов и плотности палеосообществ болотных тестаций в торфяном разрезе Темное (без учета плотности вида *Diffugiella oviformis*)

Плотность раковинных амёб значительно варьирует (1-818 тыс. экз./г а.с.т.) по глубине разреза (рис. 6) и имеет тенденцию снижения с глубиной отложений. Однако при отдельном рассмотрении палеосообществ верхней части торфяного разреза (выше 250 см), сложенной верховым торфом, и нижней части (250-395 см), состоящей их переходных торфов, выявлено отсутствие направленного уменьшения плотности с глубиной. При этом, в верхней части плотность раковинных амёб достигает больших значений (средняя равна 93 тыс. экз./г а.с.т.), чем в нижней (16 тыс. экз./г а.с.т.). Это соответствует закономерности, выявленной в современных заболоченных лесах, согласно которой с увеличением трофности местообитаний численность и биомасса раковинных амёб снижаются.

По данным исследования (с шагом 2-10 см) изотопного состава органического углерода ($\delta^{13}\text{C}$) в т. р. Икса и Бакчар проведена реконструкция теплых и холодных периодов климата за последние 4300 и 2500 лет. Полученные данные по корреляции положительных и отрицательных сдвигов $\delta^{13}\text{C}$ с известными реперными климатическими изменениями голоцена подтверждают перспективность данного метода. Отсутствие прекращения аккумуляции торфа на т.р. Икса позволило оценить температурные изменения на временных интервалах, для которых представления о климате дискуссионные.

Детальность исследования и использование комплекса биоиндикаторов позволили впервые получить реконструкции достаточного высокого разрешения гидротермического режима болотных палеоэкотопов, уточнить существующие реконструкции регионального палеоклимата и выявить дополнительные периоды, более кратковременные, но значимые в связи с их экстремальностью.

На основании сопоставительного анализа залегания разновозрастных слоев 4-х изученных разрезов озера Кирек и с учетом экологических предпочтений реконструированных палеосообществ макрофитов к определенным глубинам воды проведена реконструкция палеоуровней озера на различных этапах осадконакопления как отклик на климатические изменения голоцена.

Сопоставительный анализ содержания микроэлементов в р. Кирек-1 возрастом 12400 лет с региональными палеореконструкциями климата голоцена выявил сложную картину их геохимического отклика. При допущении наличия перерывов осадконакопления получено хорошее совпадение максимумов Sr/Ca с периодами потепления, а Fe и Mn, индикаторов характера окислительно-восстановительных условий, с периодами понижения уровня озера Кирек. По данным гидрохимического исследования проб воды озера и расчета равновесного состояния Ca установлено, что наиболее активное его выпадение происходит в периоды похолоданий. Возможность использования Ca как индикатора похолоданий осложняется значительным привнесом биогенного Ca в связи с активным развитием макрофитов при понижении уровня озера. При допущении, что весь Ca в поверхностном слое является биогенным, рассчитано содержание минерогенного Ca как разность послойного с поверхностным и выявлено наличие в отложениях его климатического сигнала в периоды известных похолоданий голоцена. Окончательные выводы возможны после подтверждения перерывов осадконакопления.

По данным исследования свойств торфа (с шагом 2 см) и сканирования элементов залежи т.р. Бакчар разрабатывается метод реконструкции высокого разрешения водного режима палеозотопов. Выявлено совпадение снижения содержания элементов грунтового питания болот: Ca, K и Mn с периодами обсыхания палеоповерхности. Во временном интервале 1100-2500 лет назад олиготрофной стадии развития болота выявлено 9 периодов аридизации климата продолжительностью от 20 до 100 лет.

По данным детального комплексного исследования (с шагом 1 см), датирования по ^{210}Pb и ^{137}Cs и сканирования элементов 72-см монолита торфа болота Тимирязевское разработана методика получения временных рядов геохимических индикаторов климата в торфяных разрезах, включающая: пробоотбор и пробоподготовку; аналитические измерения; построение временных моделей. Анализ полученных зависимостей выявил наличие двух источников микроэлементов в торфе: 1) биогенный – геохимические индикаторы Ca и Br, 2) аэрозольный источник – геохимические индикаторы Zr и отношение CoH/Inс. Установлены количественные зависимости геохимических индикаторов с климатическими параметрами (среднегодовая температура), при этом биогенные индикаторы имеют положительную связь с тем-

пературой (характеризуют теплый и влажный климат), а аэрозольные индикаторы имеют отрицательную связь с температурой – характеризуют холодные, засушливые периоды. Получены данные по соотношению стабильных изотопов ($\delta^{13}\text{C}$) (с шагом 1 см) и установлена положительная связь его со среднегодовой температурой. Полученные результаты дают основание на получение количественных палеоклиматических реконструкций по данным торфяных палеоархивов.

Блок 6. Развитие вычислительных алгоритмов и информационно-измерительных технологий для регионального климато-экологического мониторинга на территории БВБ.

Предложен метод анализа согласованности отдельных составляющих процессов, характеризующей проявление внешнего вынуждающего воздействия на исследуемой территории. Введенный критерий согласованности дает количественную характеристику внешнего вынуждающего воздействия. Получено, что максимальные значения согласованности поля температур над территорией БВБ связаны с тем, что амплитуда колебания температуры в течение года меньше, чем на окружающей территории.

Внешнее вынуждающее воздействие, в соответствии с природой своих составляющих, инициирует в оболочках Земли различные процессы, которые можно соотнести 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 полезный сигнал о проявлении вынуждающего воздействия на данной территории.

Рассчитаны индексы согласованности для каждого календарного месяца. Материалом для исследования послужили временные ряды средней месячной температуры на 20 станциях, расположенных в районе Большого Васюганского болота (БВБ) и окружающих его территориях за период 1955-2009 гг. Применение метода мажорирующей фильтрации позволило получить поля согласованности для каждого календарного месяца года на исследуемой территории.

Среднее значение согласованности меняется незначительно и изменяется в пределах от 0,97877 до 0,99751. Интервал между минимальными и максимальными значениями согласованности составляет 0,0059 – 0,0532. Наибольшие значения интервала согласованности приходятся на летние месяцы (июнь – август), а наимень-

шие на весну (март – май). Это свидетельствует о том, что в летние месяца процессы менее устойчивые, чем в другие времена года. Для выявления статистической достоверности рассчитывалась также стандартная ошибка и 95% уровень надежности. Уровень надежности изменяется в пределах от 0,000763 (апрель) до 0,007144 (август). Отношение интервала к уровню надежности колеблется незначительно (6,7 – 9,1) что является хорошим показателем достоверности полученных результатов в течение всего года. Несмотря на некоторые различия в конфигурации изолиний максимальные значения согласованности (как правило) наблюдаются над районом БВБ.

Для получения индексов согласованности значения средней месячной температуры в исходных пунктах в каждый конкретный месяц применялся метод главных компонент. В результате разложения были получены средняя температура на станциях в конкретный месяц, среднее квадратическое отклонение, значения собственных векторов для 1-ой, 2-ой и т.д. компонент, коэффициентов корреляции и детерминации и собственные значения, выраженные в процентах. Собственное значение k -ой компоненты является средним значением коэффициента детерминации на выбранных станциях. Таким образом, собственное значение характеризует среднюю согласованность на выбранной территории.

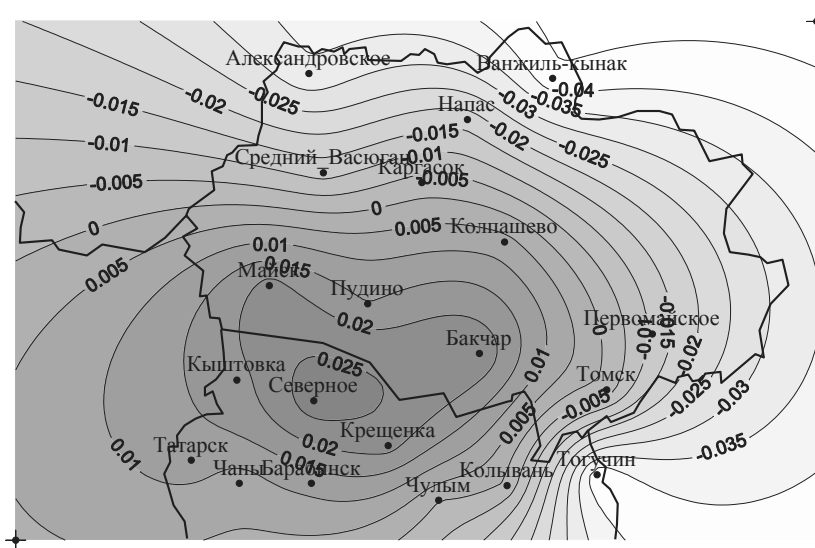


Рис. 7. Распределение первой компоненты, полученной методом мажорирующей фильтрации

Во все месяцы года кроме апреля и особенно июля индекс связанности хорошо коррелирует с типовым полем. Типовое поле представляет собой вытянутый эллипс, большая ось которого ориентирована с запада на восток с небольшой ложбиной вдоль малой оси, направленной с севера (рис.7).

В июле отсутствует связь фактического индекса связанности с типовым полем, коэффициент корреляции составляет 0,07 (критическое значение при 5 %

уровне значимости составляет 0,44). Конфигурация июльского поля индекса связанности представляет собой деформированный эллипс с большой осью, проходящей через пункты: Крещенка, Бакчар, Колпашево, Напас. Используя подход с применением метода главных компонент, следует отметить хорошее соответствии полей связанности в годовом ходе в сравнении с первым методом. Анализ характеристик поля согласованности по методу главных компонент показывает, что среднее значение согласованности меняется незначительно и изменяется в пределах от 0,9455 до 0,9735. Интервал между минимальными и максимальными значениями согласованности составляет 0,04 – 0,0881. Наибольшие значения интервала согласованности приходятся на летние месяца (июнь – август), а наименьшие на весну (март – май). Это свидетельствует о том, что в летние месяца процессы менее устойчивые, чем в другие времена года. Для выявления статистической достоверности рассчитывалась также стандартная ошибка и 95% уровень надежности. Уровень надежности изменяется в пределах от 0,00539 (март) до 0,011961 (июль). Отношение интервала к уровню надежности составляет 7, что является хорошим показателем достоверности полученных результатов в течение всего года. Как и прежде максимальные значения согласованности наблюдаются над районом БВБ.

Проведено картирование растительности района Бакчарского болотного массива на основе анализа снимка Landsat и полевого обследования ключевого участка. При дешифрировании снимка использовалось разделение территории на крупные области (водораздельные, террасные и незаболоченные области) и последующая их классификация с обучением. На исследуемой территории выделено 24 типа растительности.

Для тематического анализа композитного космического снимка были сформированы обучающие выборки, на основе экспертных оценок с использованием полевых исследований различных ландшафтов в районе стационара «Васюганье» (ИМКЭС СО РАН). На исследуемой территории выделены леса, разделяющиеся по основным физиономически различимым признакам на 3 класса по породному составу древостоев и степени гидроморфности. Выделено 9 типов болотных залесенных и 8 типов открытых болотных микроландшафтов, а также сельскохозяйственные угодья, водные и техногенные объекты. Классификация растительности проводилась «с обучением» на основе перечня основных типов растительности и их эталонных участков.

Результаты картирования показали, что основную часть (48.7%) территории ключевого участка занимают болотные массивы, в структуре которых, в зависимости от их расположения, меняется соотношение болотных микроландшафтов как

открытого, так и облесенного типов. В террасных болотах большую долю площади составляют согры (28%) и березово-разнотравно-гипновые сообщества (21%). Микрорландшафты, характеризующие наиболее обводненные участки внутри болотных массивов террас, составляют только 9%, благодаря почти не выраженным уклонам террас к дренирующим водотокам, что свидетельствует об относительно автономном развитии массивов. Вместе с тем, рямы, как олиготрофная стадия развития террасных болот, составляя до 41% их площади, и занимая окраины массивов, чаще всего указывают на выходы наиболее крупных болот на приводораздельные склоны. Площади, занимаемые выделенными классами растительности, приведены в Таблице 2.

Открытые водные поверхности (0.4% общей площади или 1,2 % площади болот), в основном озера и озерки, широко распространены в северной части Бакчарского болотного массива. Наиболее обводненные микрорландшафты водораздельных болот, составляя до 23% массивов, представлены как внутриболотными топями (16%), так и транзитными топями, находящимися в сопряжении с первичными водотоками (7%).

Выявленный рисунок соотношения болотных микрорландшафтов разной степени обводнения рямово-мочажинных (12%), грядово-мочажинных (24%), озерковых (1.2%) и топяных (23%) комплексов меняется в разных частях массивов в соответствии с особенностями их формирования и может служить для самостоятельного подробного пространственного анализа развития и динамики болотных массивов.

Лесные ландшафты занимают 40% ключевого участка. Соотношение темнохвойных и смешанных насаждений различного состава и возраста характеризует достаточно типичное для этой части южной тайги их современное экологическое разнообразие, историю формирования и направление трансформации. Преобладание в современном покрове мелколиственных лесов объясняется тем, что с начала 20-го столетия растительный покров территории подвергался естественным и антропогенным изменениям. Большое влияние на современный лесной покров оказали пожары начала 20-го века, охватившие большие территории коренных темнохвойных лесов. К настоящему времени в свежих местообитаниях отмечается устойчивое возобновление кедра, ели и пихты. Пожары с периодичностью от 12 до 20 лет случаются как в лесах, так и в приболотном поясе, где выгорают верхние слои торфа.

Территория незалесенных массивов (сельскохозяйственные и залежные земли) составляет 14.2%. Из-за сильной заболоченности территория сравнительно мало населена. Населенные пункты и сельскохозяйственные угодья (пашни, луга и

сенокосы) располагаются в основном на дренированной территории вблизи рек. В 90-е годы сократилось использование площадей пахотных земель и сенокосов по их назначению, что привело к формированию вторичных лугов на месте пашен, частичному их зарастанию подростом березы. Изменение спектральных характеристик трансформированных территорий и восстановление вторичной растительности уже заметно на части сельскохозяйственных выделов и подлежит анализу при локальном детальном дешифрировании снимков разного времени.

Таблица. 2.

Структура площадей различных классов на ключевом участке «Бакчарский»

№	Класс растительности	Площадь, га	Доля от площади ключевого участка, %	Доля от площади основного класса, %
Леса			39,76	
1	Темнохвойный лес	24 911.7	5.01	12.61
2	Лиственный лес	150 012.5	30.19	75.93
3	Смешанный лес	22 655.6	4.56	11.47
Болота на водоразделах			37,74	
Залесенные				
4	Рослый рям	11 227.8	2.26	5.99
5	Сухой рослый рям	15 167.0	3.05	8.09
6	Рям островной	12 530.8	2.52	6.68
7	Сухой рям	29 229.1	5.88	15.58
8	Низкий рям	5 887.3	1.18	3.14
9	Рямово-мелкомочажинный комплекс	10 972.1	2.21	5.85
10	Мочажинно-рямовый комплекс	11 554.3	2.33	6.16
Открытые				
11	Грядово-мелкомочажинный комплекс	22 566.3	4.54	12.03
12	Грядово-среднемочажинный комплекс	3 620.9	0.73	1.93
13	Грядово-крупномочажинный комплекс	20 492.5	4.12	10.93
14	Шейхцерицево-сфагновая топь	11 549.1	2.32	6.16
15	Осоково-сфагновая топь	18 783.1	3.78	10.01
16	Открытое сфагновое болото	11 803.5	2.38	6.29
17	Водные объекты	2 185.4	0.44	1.17
Болота террасовые			7.36	
Залесенные				
18	Согра	10 426.7	2.10	28.53
19	Рям	15 127.3	3.04	41.49
Открытые				
20	Березово-разнотравно-гипновое	7 658.3	1.54	20.95
21	Ерниково-осоково-гипновое	3 338.2	0.67	9.13
Прочие земли			15.56	
22	Поля, луга, пашни	22 154.7	4.46	
23	Поля, луга, пашни	48 365.3	9.73	
24	Дорога	3 449.0	0.69	
24	Населенный пункт	1 209.0	0.24	
ВСЕГО		496 877.5	100	

Блок 7. Развитие информационно-вычислительных технологий для моделирования климато-экологических изменений на территории БВБ.

Проведена настройка и верификация модели WRF, которая обеспечивает учет специфики региона и позволяет вычислять поля метеовеличин высокого пространственного разрешения, что способствует выявлению источников неоднородностей, имеющих конкретную географическую привязку к определенным экосистемам региона и создает основу для анализа климато-экологических изменений на территории БВБ.

Для получения непрерывных полей прогноза, частичного учета специфики климата региона и усвоения данных были использованы WRF ARW система версии 3.2.1. Ее основой является численная модель прогноза погоды и метеорологического исследования WRF. WRF ARW состоит из WPS – системы подготовки данных, численного ядра WRF и численного пакета для реализации физических схем. Препроцессорная система (WPS) позволяет формировать входные данные для модели из исходных метеополей, отвечающих определенной структуре и формату, а также готовит входные данные для модели (подстилающая поверхность, топографическая составляющая и т.д.). Численное ядро ARW системы включает в себя: ядро (математические модули), физические схемы для приземного слоя, модель радиации, схемы микрофизики, модели накопления осадков и схемы параметризаций облачности. В настоящее время эта модель активно используется для атмосферных исследований, получения прогноза погоды, исследования регионального климата, глобального моделирования <http://forum.wrfforum.com/>.

Модель WRF была настроена для расчета на мелкомасштабной сетке для северных регионов Азии, в частности, Западной Сибири. Для этого региона были подобраны соответствующие параметризации:

- для микрофизики (атмосферы): схема Томсона – модель снега, льда, облаков и дождя;
- для длинноволнового излучения: схема RRTM – основана на схеме Mlawer, является спектральной схемой, использующей метод К-корреляции. Также она использует предварительный набор таблиц входных данных для точного представления длинноволновых процессов за счет водяного пара, озона, CO₂ и газовых примесей (если они присутствуют), а также учитывает оптическую толщину облаков;
- для коротковолнового излучения: схема Годдарта – двухпоточная многодиапазонная схема с эффектом облаков;
- для диффузии: схема горизонтальной диффузии 6-го порядка;

- для поверхностного слоя: схема ETA – на основе схемы тепловой длины шероховатости Мони́на-Обухова и Зили́тинкевича, со стандартной функцией параметризации, зависящей от входных данных;
- для модели подстилающей поверхности: NoahLSM (NCEP/NCAR/AFWA) – 4-х уровневая модель влажности и температуры почвы с расчетом энергетических потоков, моделью влажности растительности и моделью динамики снега.

Для исследования конкретного региона, а именно Большого Васюганского болота был выбран домен с площадью 1000 на 1000 км с вложенной областью с размерами: запад-восток 600 км и север-юг 370 км, с географическим центром 79 градусов восточной долготы и 57 градусов северной широты. Начальными и граничными условиями для региональной модели WRF были: в земном слое – данные NCEP и карта землепользования MODIS, в атмосферном и приземном слое – данные финального анализа NCEP с пространственным разрешением в 1 градус.

Результатом моделирования являются поля метеорологических величин, которые в определенном смысле есть проекции полей реанализа на сетку с высоким пространственным шагом (10 км для внутреннего домена), «подтянутых» к данным измерений наземных станций (Рис. 8).

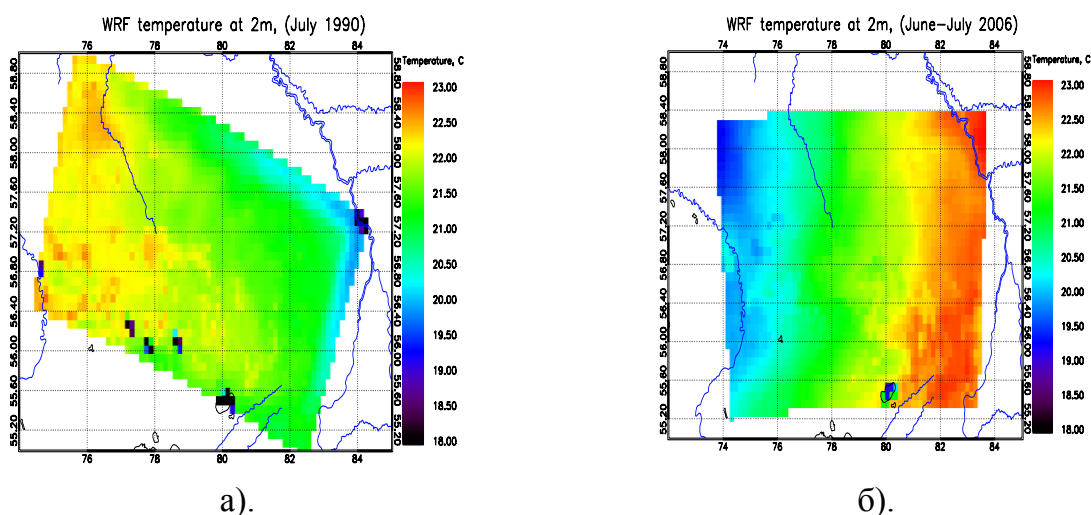


Рис. 8. Среднемесячная температура на высоте 2 м: а) июль 1990 г.; б) июнь-июль 2006 г.

Как видно из рис. 8, в полях температуры появляются неоднородности, которые имеют конкретное географическое положение, связанное с определенным типом землепользования. Прорисовывается влияние гидрологической составляющей, а именно озер и рек, а также других типов землепользования.

Сравнение полученных результатов моделирования с полями глобальных данных, например, реанализа NCEP2 говорит о явной детализации полей метеове-

личин, что позволяет анализировать их изменения в локальных областях не как сглаженные возмущения, а уже как источники неоднородностей, имеющие конкретную географическую привязку к определенным экосистемам региона. Изменения различных физических входных данных модели, таких как тип поверхности, позволят понять и выявить вклад той или иной экосистемы в неоднородность динамики метеополей.

ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ СО РАН, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ СОВМЕСТНО СО СТОРОННИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Проект № 53. «Генофонд хвойных Урала и Сибири: структура, принципы сохранения и использование в селекционных программах»

НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучена изменчивость морфологических и генетических признаков сосны обыкновенной в островных популяциях на юге ареала (Тыва и Хакассия), где на песчаных дюнах и скалах наряду с обычными деревьями широко распространены карликовые деревья (рис. 1). Установлена высокая генотипическая изменчивость карликов и их сходство с типичными представителями вида по основным показателям генетического разнообразия. Выявлены существенные различия карликовых и типичных деревьев по гетерозиготности отдельных локусов и межлокусной интеграции генотипов. В популяциях отмечен возрастной тренд уменьшения гетерозиготности карликовых деревьев в отличие от «нормы», для которой установлено повышение нижнего предела гетерозиготности у деревьев старшего возраста (рис. 2). Включение карликовых особей в популяционную выборку повышает аллельное и генотипическое разнообразие популяций и приводит к большему соответствию распределения генотипов равновесию Харди-Вайнберга. Высокое аллельное разнообразие, а также наличие некоторых редких аллелей только в этой морфологической группе сосен свидетельствует о необходимости их использования для сохранения популяционного генетического разнообразия вида.

Методом обращено-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии в хвое 5-хвойных сосен определены состав и содержание флавоноидов (26 соединений), которые оказались на удивление видоспецифичными: различия внутри вида во всех трех случаях (*P. sibirica*, *P. koraiensis*, *P. pumila*) были существенно меньше, чем различия между видами (Рис. 3). Единственное исключение – комплекс двух очень близких во всех отношениях видов сибирского *P. sibirica* и евро-

пейского *P. cembra*. Факторный анализ четко дифференцировал две подсекции (кедровые сосны, *Cembrae* и веймутовы сосны, *Strobi*) и виды внутри подсекций.

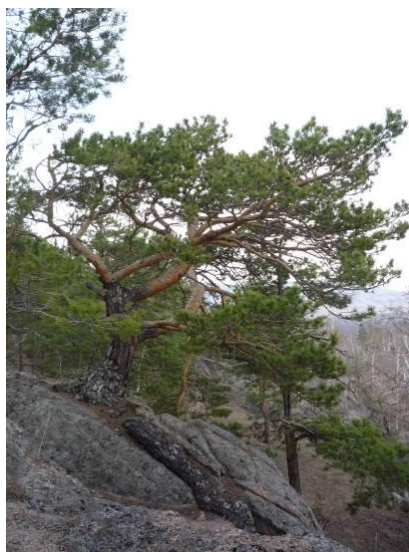


Рис. 1. Карликовая сосна, возраст - 167 лет, высота - 3,2 м

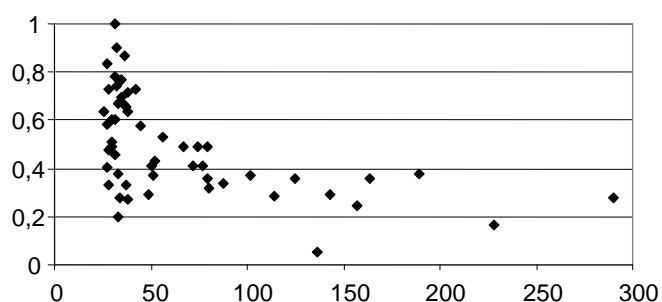


Рис. 2. Возрастные различия гетерозиготности карликовых сосен в тувинской популяции. По вертикальной оси – полилокусная гетерозиготность, по горизонтальной оси – возраст деревьев, лет

В подсекции *Cembrae* *P. koraiensis* был близок к комплексу *P. sibirica* - *P. cembra*, а *P. pumila*, наоборот, очень далеко отстоял от остальных трех видов. В подсекции *Strobi* такое же обособленное положение занимал китайский *P. armandii*. Остальные евроазиатские и американские виды меньше различались по составу флавоноидов, причем самыми близкими оказались два «атлантических» вида – европейский *P. peuce* и американский *P. strobus*. «Тихоокеанские виды» – американские (*P. flexilis*, *P. monticola*) и азиатский *P. parviflora* - более существенно отличались друг от друга и от «атлантических» видов. Полученные результаты демонстрируют высокую информативность и перспективность примененного метода для анализа структуры разнообразия и филогении 5-хвойных сосен.

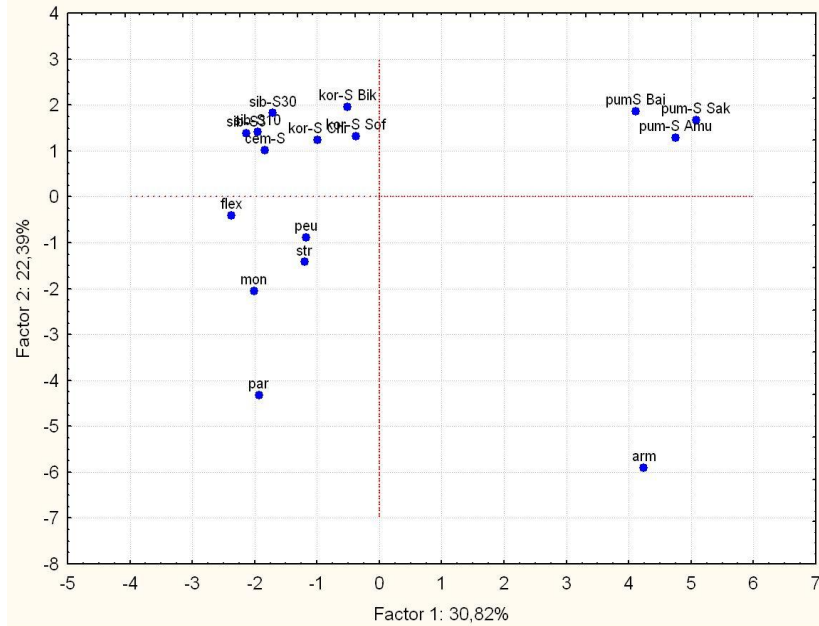


Рис. 3. Распределение образцов хвой видов 5-хвойных сосен по составу и содержанию флавоноидов в плоскости главных факторов, выявленных по результатам многомерного анализа: **sib** – три образца *P. sibirica* томского экотипа, возраст 3, 10 и 30 лет; **cem** – *P. cembra* (Альпы, Швейцария); **kor** - три образца *P. koraiensis* северной (Sof, Софийск), средней (Bik, Бикин) и южной (Chi, Китай, Чанбайшань) частей ареала; **pum** – три образца *P. pumila* из с Байкала (Bai), Среднего Амура (Amu) и Сахалина (Sak); **fle** – *P. flexilis* (Орегон, США); **peu** – *P. peuce* (Рила, Болгария); **str** – *P. strobus* (Мичиган, США); **mon** – *P. monticola* (Орегон, США); **par** – *P. parviflora* (о. Хонсю, Япония); **arm** - *P. armandii* (Центральный Китай)

В гибридной зоне кедр сибирского (*Pinus sibirica*) и кедрового стланика

(*P. pumila*) на севере Хамар-Дабана обнаружена уникальная популяция, где число естественных гибридов сравнимо с числом родительских видов (рис. 4).

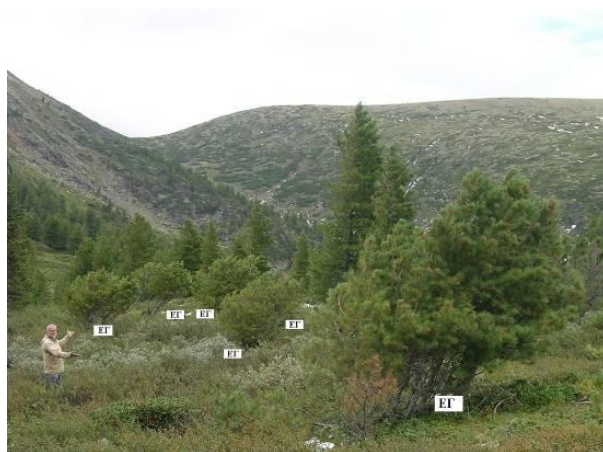


Рис. 4. Естественные гибриды (ЕГ) кедр сибирского и кедрового стланика в районе пер. Чертовы ворота

Впервые проведен анализ генетической изменчивости видов и гибридов методом ДНК-AFLP маркеров. Установлены генотипы растений по 167 локусам. Генетическое разнообразие существенно увеличивается в ряду кедр сибирский → кедровый стланик → гибриды (Рис. 5). В поле двух главных координат виды и гибриды образуют три не перекрывающихся «облака», что однозначно свидетельствует о дефиците (если не о полном отсутствии) беккроссов в данной популяции. Гибриды занимают промежуточное положение только по первой главной координате.

нате; по второй они существенно отличаются от видов. Явная асимметрия гибридного «облака» предположительно связано с неслучайной ассоциацией гамет родительских видов при формировании генотипа гибридов: в 10% локусов гибридной выборки установлено достоверное отклонение наблюдаемой численности генотипов от ожидаемой в соответствии с равновесием Харди-Вайнберга. Скорее всего, это следствие отбора жизнеспособных комбинаций гамет при гибридизации.

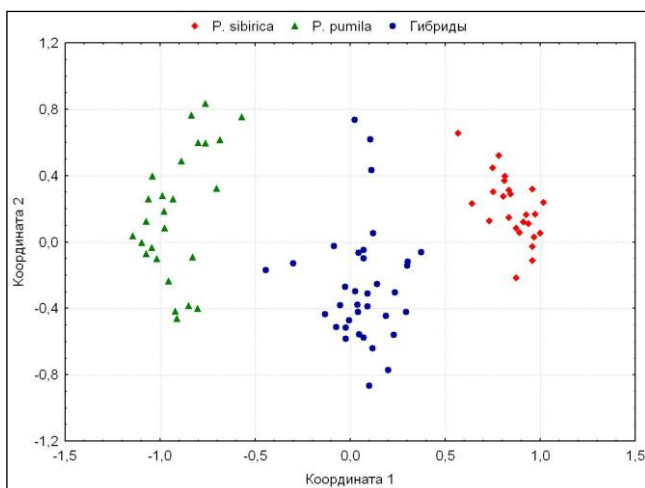


Рис. 5. Распределение генотипов кедр сибирского (*P. sibirica*), кедрового стланика (*P. pumila*) и их естественных гибридов в плоскости главных координат

ПРОЕКТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПО ЗАКАЗУ ПРЕЗИДИУМА СО РАН

Проект 8. «Приборное и методическое обеспечение мониторинга природно-климатических процессов Сибири»

Научно-методические основы и указания по организации региональной сети мониторинга природно-климатических изменений, проведению наблюдений и составу оборудования

В настоящее время всемирной метеорологической организацией (ВМО) выполняется десять собственных научно-технических программ, среди которых ведущими являются программа всемирной службы погоды (ВСП), всемирная климатическая программа (ВКП) и программа по атмосферным исследованиям и окружающей среде (ПАИОС). Также ВМО участвует в выполнении ряда других международных программ и проектов, в частности осуществляет их финансовую поддержку. Среди них важнейшими являются межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), всемирная программа исследований климата (ВПИК), глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК), глобальная система наблюдений за океаном (ГСНО) и глобальная система наблюдений за сушей (ГСНС). Кроме того, в настоящее время ВМО создаёт интегрированную глобальную систему наблюдений (ИГСН), которая планомерно объединит существующие

наблюдательные системы, в частности глобальную систему наблюдений (ГСН), глобальную службу атмосферы (ГСА) и всемирную систему наблюдений за гидрологическим циклом (ВСНГЦ), в интегрированную, всеобъемлющую и скоординированную систему. Согласно информационному сообщению ВМО [www.wmo.int/pages/prog/www/wigos] ИГСН вместе с информационной системой ВМО, начиная с 2016 г., станет основой для обеспечения всеми странами-членами и программами ВМО точных, достоверных и своевременных данных наблюдений и продукции в области погоды, климата, воды и окружающей среды.

Наряду с ВМО наблюдениями и изучением климата, окружающей среды и биоразнообразия, их изменений и взаимосвязей занимаются и другие международные и национальные научно-исследовательские организации и группы, деятельность которых происходит в рамках различных программ и объединений. В частности одним из таких международных объединений является партнёрство в области наук о Земле, которое объединяет четыре международных программы по изучению глобальных изменений окружающей среды и климата, а именно: ВПИК, международная геосферно-биосферная программа (МГБП), международная программа по изучению влияния человека на глобальное изменение окружающей среды и международная программа по изучению биоразнообразия.

Участие российских научно-исследовательских организаций и групп в вышеуказанных программах и объединениях, к сожалению, минимально, и сводится, главным образом, к деятельности Росгидромета в ГСН. В качестве подтверждения сказанного на рис. 1 и 2 показано распределение станций глобальных и региональных наблюдений ГСА и ГСН соответственно. По сравнению с Европой и США, где плотность наблюдательных сетей высока, хорошо видно сколь малое количество станций приходится, или они вовсе отсутствуют, на территорию России. Силами одного Росгидромета эту проблему не решить. С одной стороны, необходимо усилить деятельность РАН в области мониторинга климата и окружающей среды и их изменений, с другой стороны, необходима кооперация всех сторон, направленная как на создание новых, так и поддержку существующих российских станций, чтобы достойно представлять страну в мировых наблюдательных сетях и по возможности «закрыть» обширное белое пятно на карте.

Одним из вариантов частного решения названной проблемы является проект по созданию региональной наблюдательной сети мониторинга (РНСМ) природно-климатических изменений на территории Сибири, начало которому положил данный заказной интеграционный проект СО РАН № 8 «Приборное и методическое обеспечение мониторинга природно-климатических процессов Сибири» (2009–2011 гг.).

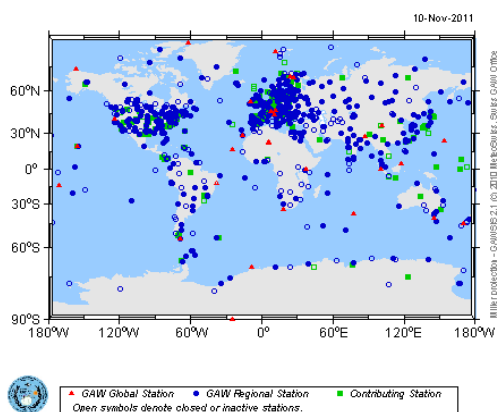


Рис. 1. Станции наблюдений ГСА ВМО
[\[http://gaw.empa.ch/gawsis\]](http://gaw.empa.ch/gawsis).



Рис. 2. Опорная наземная сеть радиационных наблюдений ГСН ВМО
[\[http://gcmd.gsfc.nasa.gov\]](http://gcmd.gsfc.nasa.gov).

Главное предназначение РНСМ – это организация и проведение экспериментальных научных исследований, направленных на получение новых знаний о причинах и процессах природно-климатических изменений в сибирском регионе, о вкладе антропогенных факторов в эти изменения, их последствиях и рисках, неизбежных при освоении природных ресурсов. Основная задача РНСМ – проведение комплексных регулярных наблюдений за климатом и состоянием окружающей среды в различных географических зонах Сибири, в каждой из которых происходят свои характерные региональные климатические и экосистемные изменения (заболачивание, опустынивание, выраженное изменение ландшафтов и др.), и получение уникальных экспериментальных данных, необходимых для анализа и моделирования региональных природно-климатических изменений.

В состав РНСМ должны войти не менее 10–12 наблюдательных полигонов, на каждом из которых будет располагаться несколько пунктов наблюдений, объединённых в локальную наблюдательную сеть (ЛНС). Каждая ЛНС в своём составе будет иметь одну базовую станцию наблюдений (БСН), не менее четырёх основных и несколько дополнительных постов наблюдений (ПН). В зависимости от природно-климатических и орографических особенностей территории полигона расположение этих пунктов наблюдений предполагается на удалении от 5 до 80 км друг от друга.

Наблюдательный полигон должен охватывать наиболее характерную для данного региона по географическим, климатическим и экологическим свойствам (признакам) территорию, по площади быть сравнимым с макро- и мезомасштабными гидрометеорологическими процессами и явлениями. В свою очередь, каждый

ПН должен располагаться на участке с определённой фацией и по площади быть сравнимым с микромасштабными процессами и явлениями.

На площадке БСН устанавливаются блок-контейнеры (или используются существующие строения) для приёмо-регистрирующей аппаратуры центра сбора данных (ЦСД) и персонала, высотная мачта (ВМ) для градиентных измерений (которая также может быть установлена на площадке одного из постов), лидары для аэрозольного и температурного дистанционного зондирования тропосферы, аэрозольные спектрометры, спектрорадиометры и другое энергоёмкое измерительное оборудование, требующее электропитания от сети переменного тока либо мощного автономного источника питания.

На площадках основных ПН устанавливаются автоматические метеорологические станции (АМС) с 10-м мачтами, на площадках дополнительных ПН – АМС с 3-м мачтами. Электропитание АМС осуществляется от аккумуляторных и солнечных батарей. Данные измерений АМС передаются по каналам беспроводной или проводной связи в ЦСД либо накапливаются в собственных регистраторах (логгерах) АМС, откуда периодически считываются обслуживающим персоналом.

Инженерно-технические работы по развитию инфраструктуры и приборному оснащению наблюдательных площадок в пригородной зоне (геофизическая обсерватория ИМКЭС) и на территории Бакчарского болота (стационар «Васюганье» ИМКЭС)

Для расширения задач технического и методического обеспечения мониторинга, проводимого в геофизической обсерватории ИМКЭС в академгородке была проведена модернизация существующей «верхней» и создание новой «нижней» наблюдательных площадок. В настоящее время на верхней площадке проводятся наблюдения за общим содержанием озона, ультрафиолетовой радиацией, облачностью, явлениями погоды, спектральной аэрозольной оптической плотностью, напряжённостью электрического поля атмосферы, электропроводностью атмосферного воздуха, интенсивностью естественной β - и γ -радиации и основными метеовеличинами. На нижней площадке выполняются наблюдения за интенсивностью α -, β - и γ -радиации в воздухе и почве, напряжённостью электрического поля атмосферы, эмиссией радона и углекислого газа с поверхности почвы, температурой почвы на разных глубинах, характеристиками атмосферной турбулентности, атмосферными осадками. Большая часть наблюдений выполняется с помощью автоматизированной метеорологической информационно-измерительной системы (АМИИС) с высоким временным разрешением (ежеминутно).

В ходе выполнения работ на территории Бакчарского болотного массива (стационар «Васюганье»), было проведено обследование его южной части, где будут организованы и оборудованы пункты наблюдений. В ходе маршрутных исследований проведены измерения глубины снежного покрова, толщины промерзания торфяной залежи, толщины озерного льда, сделано более 20 описаний болотной растительности и геоботанических зондировок торфяной залежи, на основании которых выявлено 7 типов фитоценозов на территории участка. Выделенные фитоценозы широко распространены на исследуемой территории. На основании проведенных маршрутных исследований и дешифрирования спутниковых и аэрофотоснимков построена карта растительного покрова.

Разработка и испытание многофункционального СКР-лидара, предназначенного для оснащения базовых станций наблюдений в сети мониторинга (ИМКЭС)

Результатом разработки многофункционального СКР-лидара является создание макета лидара и проведение тестовых измерений вертикального распределения температуры в тропосфере.

Возможность определения температуры воздуха из сигналов чисто вращательного спектра молекул N_2 и O_2 базируется на больцмановском распределении молекул по вращательным состояниям. Температурная зависимость интенсивности отдельной линии для линейных молекул записывается известным соотношением:

$$I(J, T) = I_0 \nu_J^4 g_J \frac{BhcN_0}{kT} S(J) \exp \left[-\frac{Bhc}{kT} J(J+1) \right], \quad (1)$$

где J – вращательное квантовое число; T – температура в К; I_0 – интенсивность падающего излучения с частотой ν_0 ; $\nu_J = \nu_0 \pm 4B(J + 3/2)$ – частота линий чисто вращательного спектра; B – вращательная константа молекулы; h – постоянная Планка; k – постоянная Больцмана; N_0 – концентрация молекул; g_J – статистический вес. Функция $S(J)$ для антистоксовой ветви определяется как $S(J) = (J - 1)J / (2J - 1)$, если под номером J понимать номер исходного состояния молекулы при ее переходах согласно правилу отбора $\Delta J = \pm 2$.

Из (1) вытекает, что для отношения интенсивностей двух линий вращательного спектра, характеризующихся вращательным квантовым числом J_1 и J_2 , получается простая функциональная зависимость от температуры:

$$R(T) = \exp((A/T) + B); A = [E(J_2) - E(J_1)]/k; B = \ln S(J_1) - \ln S(J_2). \quad (2)$$

В случае лидарного зондирования атмосферы соотношение (2) имеет вид:

$$R(T) = \frac{\beta_{\pi, J_1}^{rot}(t(r))}{\beta_{\pi, J_2}^{rot}(t(r))} \approx \frac{P_{J_1}^{rot}(r)}{P_{J_2}^{rot}(r)},$$

где

$$P_{J_1}^{rot}(r) \approx \beta_{\pi, J_1}^{rot}(t(r)) \times \Theta_{\lambda_0}(r) \times \Theta_{\lambda_{J_1}}(r) \quad (3)$$

$$P_{J_2}^{rot}(r) \approx \beta_{\pi, J_2}^{rot}(t(r)) \times \Theta_{\lambda_0}(r) \times \Theta_{\lambda_{J_2}}(r) \quad (4)$$

– лидарные сигналы на отселектированных линиях вращательного КР J_1 и J_2 , β_{π} – коэффициенты обратного комбинационного рассеяния, θ_{λ_i} – пропускание атмосферы в слое $(0 - r)$ на длинах волн возбуждающего излучения λ_0 и линий вращательного КР J_1 и J_2 . В отсутствии селективного поглощения θ_{λ_i} можно считать одинаковым для всех трех длин волн.

Был разработан СКР-лидар на базе третьей гармоники Nd:YAG лазера. Блок-схема лидара приведена на рис. 3. Параметры лидара представлены в таблице 1.

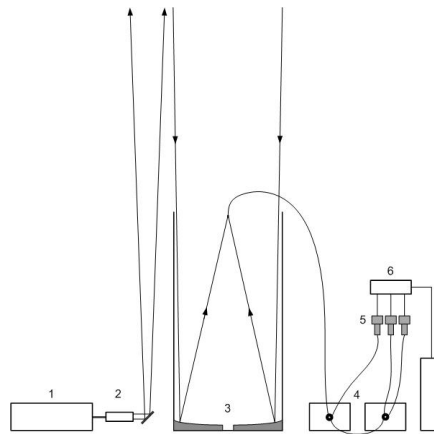


Рис. 3. Блок-схема СКР-лидара: 1 – лазер; 2 – коллиматор; 3 – приемный телескоп; 4 – двойной монохроматор; 5 – блок фотоприемников; 6 – регистратор фотонов; 7 – компьютер.

Таблица 1. Параметры лидара.

Передатчик	
Лазер	LQ529B
Длина волны излучения	355 нм
Энергия импульсов	105 мДж
Частота следования импульсов	20 Гц
Длительность импульсов	13 нс
Расходимость	0,3 мрад
Приёмник	
Зеркальный телескоп диаметром	0,5 м
Поле зрения приемной системы	0,4 мрад
Спектральный селектор	двойной монохроматор
Система регистрации	
Счетчик фотонов	PHCOUNT-4

Число каналов	4
Скорость счета	до 200 мГц
Пространственное разрешение (минимальное)	12 м
Число точек на трассу	3072

В 2011 году было запланировано провести испытание (пробные измерения) и доработку стационарного многофункционального СКР-лидара. В первых тестовых измерениях была поставлена цель достичь потенциала температурного лидара по потолку зондирования в области нижней стратосферы выше тропопаузы до высоты 12,5 км. Для сокращения динамического диапазона сигналов выбиралась максимальная база между осями приемника и передатчика, формирующая отсечку сигналов на дальностях менее 2 км. На рис. 4 приведены зарегистрированные лидарные сигналы, полученные с вертикальной трассы зондирования 7 ноября 2011 г. в ночное время при накоплении сигналов 20 мин. Видно, что полученный потолок зондирования в 12,5 км достигнут с большим запасом по отношению сигнал/шум.

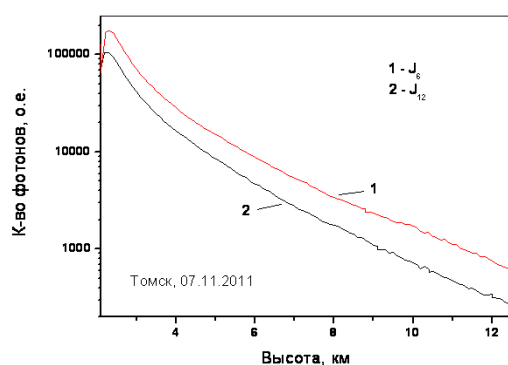


Рис. 4. Лидарные сигналы на выделенных линиях вращательного КР J₆ и J₁₂, зарегистрированные в тестовых измерениях в Томске 7 ноября 2011 г.

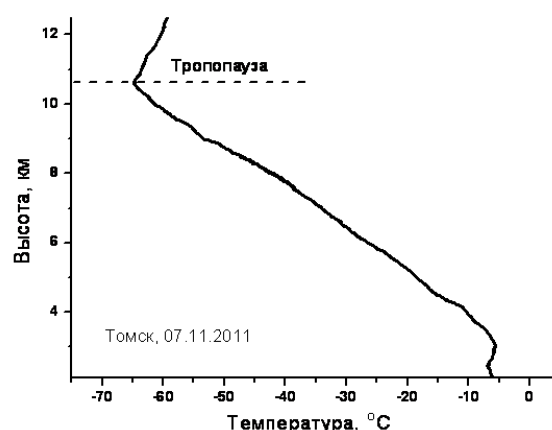


Рис. 5. Высотный профиль температуры, определенный из отношения лидарных сигналов.

На рис. 5 показан профиль температуры, определенный по отношению зарегистрированных сигналов. Видно положение тропопаузы на высоте 10,7 км, что согласуется с данными аэрологического зондирования на сети Росгидромета в Новосибирске и Александровском.

Разработка и испытание портативной автоматической системы мониторинга, предназначенной для оснащения дополнительных постов наблюдений в сети мониторинга

Разработанная портативная автоматическая система мониторинга (АСМ) состояния окружающей среды предназначена для мобильных и стационарных долговремен-

ных автоматических измерений параметров атмосферы, почвы и водоёмов. Отличие от уже имеющихся измерительных систем заключается в сочетании низкого энергопотребления, широкого набора подключаемых датчиков, необслуживаемого режима работы, работоспособности в широком диапазоне условий эксплуатации, низкой цены. Возможность конфигурировать систему из различных компонентов позволяет создавать различные по функциональности измерители, предназначенные для специализированных научных исследований.

Разработаны две основные модели системы, различающиеся по способу передачи данных измерений. Первая модель использует логгер, с которого накопленные данные периодически считываются пользователем через USB-интерфейс при непосредственном подключении к измерителю через специальный герметичный разъём. Вторая модель использует сервер, поэтому имеется дополнительная возможность передавать данные измерений по каналу сотовой связи как по запросу, так и непрерывно в процессе измерения. У второй модели потребляемый ток существенно выше, поэтому вместо шести элементов питания типа D, устанавливается свинцовый аккумулятор и солнечная батарея.

Для обеспечения малого потребления в измерительной системе был использован микроконтроллер ATmega644 (ATMEGA1280), который большую часть времени находится в режиме сна с током потребления около $35 \cdot 10^{-6}$ А. В активном режиме измеритель вместе с типовыми датчиками потребляет около $10 \cdot 10^{-3}$ А, что обеспечивает работу от шести элементов питания типа D в течение более 5 лет при периоде измерения 15 мин.

Для подключения широкого набора датчиков входы сделаны универсальными, с возможностью конфигурирования под следующие интерфейсы: аналоговый с фиксированным усилением или делителем 0...10 мВ–10 В; токовый 0...20 мА; измерение сопротивления; однопроводной цифровой интерфейс 1-Wire; однопроводной цифровой интерфейс SDI-12; счётный, максимальная скорость 50 кГц; измерение частоты, максимальная скорость 1 МГц.

Для работы в широком температурном диапазоне используется комплектация с нижней границей -40°C , применено покрытие плат лаком, герметичный корпус, выдерживающий погружение на глубину 1 м, использование силикагеля обеспечивает защиту от влаги. Простоту в установке и обслуживании обеспечивает малым весом и габаритами оборудования. Используемые разъёмы позволяют производить монтаж и демонтаж датчиков, используя только отвёртку.

Программное обеспечение даёт возможность, не вскрывая корпус измерителя, задавать режимы работы, считывать накопленную информацию и обновлять программу микроконтроллера. В настоящее время сформированы основные функ-

циональные требования к ПО, завершена разработка ПО для варианта АСМ с логгером, идёт тестирование и доводка АСМ с сервером.

Основные технические характеристики модели АСМ с логгером и перечень измеряемых ею величин приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Основные технические характеристики модели АСМ с логгером.

Характеристика	Значение
Количество универсальных аналоговых входов	7
Максимальное количество подключаемых цифровых датчиков температуры	48
Диапазон рабочих температур блока регистратора	-40... +50°C
Устанавливаемый период измерения	от 5 с до 12 ч
Объём энергонезависимой памяти	4 Мб (2 млн. измерений)
Степень защиты от внешних воздействий	IP 65

Таблица 3. Перечень измеряемых величин АСМ.

Измеряемая величина	Диапазон измерений, погрешность	Тип датчик
Атмосферное давление	600...800 мм рт. ст., ±1,5 %	MPXAZ6115AC6 (устанавливается на плате контроллера)
Профиль температуры почвы до глубины 3,2 м	-55...+50°C, ±0,1°C	DS18B20 (12 шт.)
Температура и относительная влажность воздуха	-55...+50°C, ±0,1°C 0...100 %, ±3,5 %	DS18B20 и НН-4021-003 (в радиационной защите)
Скорость и направление ветра	0,9...78 м/с, ±5 % 0...360°, ±7 %	Davis Anemometer
Количество жидких осадков	±0,2мм	Davis Rain Collector II
Влажность почвы	0...40 %, ±1 %, 40...70 %, ±2 % в диапазоне -15...+50°C	TRIME-PICO32
Уровень воды	0...10,5 м, ±1 %	26PC05SMT
Электропроводимость воды	10 ⁻⁸ ...0,2 См/м, ±5 %	собствен. разработ.
Уровень снега	0...1,2 м, ±0,05 м	собствен. разработ.
Радиационный баланс в диапазоне 0,2–10 мкм	10–2000 Вт/м ² , ±5 %	собствен. разработ.

Некоторые из датчиков АСМ являются собственной разработкой, что в целом удешевляет стоимость системы. Зонд для измерения профиля температуры почвы представляет собой полипропиленовую трубу Ø25 мм с размещёнными в ней датчиками (2, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см). Для измерения температуры подстилающей поверхности используется отдельный датчик. Датчики температуры и относительной влажности воздуха устанавливаются в радиационной защите, изготовленной из пластиковых тарелочек. Для установки датчиков была

разработана 10-м пластиковая мачта. В ходе работы над АСМ была улучшена конструкция датчика уровня воды, создан стенд для калибровки этих датчиков. Собственная конструкция балансомера показала на первых испытаниях и калибровках довольно хорошие характеристики. Разработанные датчики уровня и массы снега, влажности грунта находятся в процессе патентования.

В настоящее время более 40 АСМ различных модификаций успешно работают в пунктах наблюдений на Алтае и Бурятии, Томской и Иркутской областях [Кураков и Дюкарев, 2011; Кураков и др., 2011]. В качестве примера на рис. 6 показаны результаты измерения температуры почвы на разных глубинах и температуры воздуха, полученные АСМ, установленной на наблюдательной площадке геофизической обсерватории ИМКЭС.

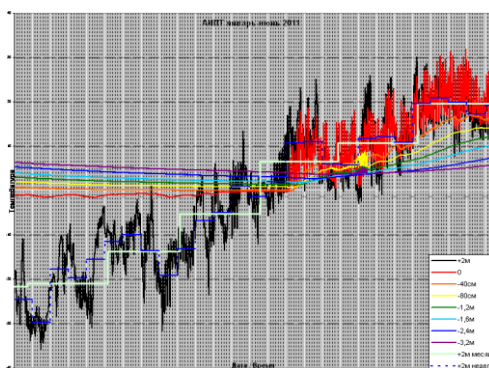


Рис. 6. Результаты измерений температуры почвы на поверхности и глубинах и температуры воздуха. АСМ проработала более трёх лет до замены элемента питания, считывание данных производится по радиоканалу.

Разработка и испытание автоматизированной измерительной системы, предназначенной для оснащения высотных мачт в сети мониторинга (ИМКЭС)

Разработана, испытана и передана в опытную эксплуатацию автоматизированная измерительная система (АИС) на основе АМК, предназначенная для оснащения для 30-м метеорологических мачт. В состав АИС входят измерительный блок ДСВ-15, контроллер передачи данных (GPRS-контроллер), четыре датчика температуры почвы ДТР-15, блок регистрации датчиков температуры почвы БРТ-10, блок сбора информации БСИ-13. Основные технические характеристики АИС представлены в таблице 4.

Несколько АИС, образуя измерительную сеть, интегрируются в автоматизированную информационно-измерительную систему (АИИС), которая осуществляет сбор, хранение и первичную обработку данных измерений (рис. 7). На сервере АИИС установлена специализированная программа «АМК-сервер» для приёма ин-

формации с АИС и её передачи пользователям, на рабочих станциях которых устанавливается другая специализированная программа «АМК-NetClient», обеспечивающая импорт данных. Сервер позволяет настраивать режимы работы GPRS-коммутаторов и контролировать их текущее состояние. Кроме того, имеется возможность настройки категорий доступа и привилегий пользователей.

Результаты работы опубликованы в [Азбукин и др., 2010а; Азбукин и др., 2010б; Кобзев и др., 2010].

Таблица 4. Основные технические характеристики АИС.

Измеряемая величина	Диапазон измерения	Допустимая погрешность измерения
Атмосферное давление, гПа	693...1067	± 1
Температура воздуха, °С	-50...55	$\pm 0,3$ при $t \leq 30^\circ\text{C}$ $\pm 0,5$ при $t > 30^\circ\text{C}$
Относительная влажность воздуха, %	15...100	$\pm 2,5$ при $t > 0^\circ\text{C}$ $\pm 5,0$ при $t \leq 0^\circ\text{C}$
Скорость горизонтальной составляющей ветра, м/с	0,1...40	$\pm(0,1+0,02V)$
Скорость вертикальной составляющей ветра, м/с	-15...15	$\pm(0,1+0,02V)$
Направление ветра, °	0...360	± 2
Характеристики ДСВ-15		
Напряжение питания, В		12
Потребляемый ток, А		менее 0,2
Габаритные размеры, мм		380, \varnothing 230
Масса, кг		1,4
Характеристики GPRS-коммутатора		
Напряжение питания, В		12
Условия работы: температура, °С		-10...50
влажность, %		0...100
Габаритные размеры, мм		35×140×110

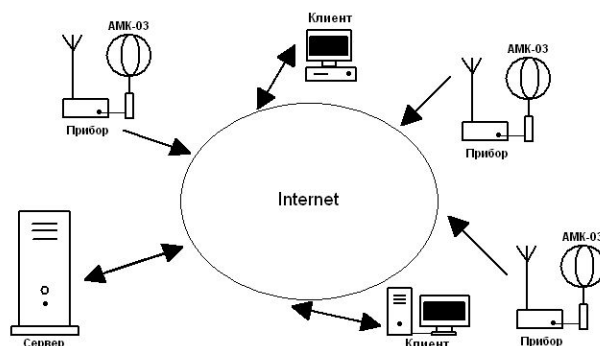


Рис. 7. Блок-схема АИИС.

Разработка конструкторской документации и макетов узлов крепления измерительного и вспомогательного оборудования для 30-м метеорологической мачты.

Разработана эскизная конструкторская документация двух, альтернативных моделей кронштейнов для монтажа измерительного оборудования на высотных мачтах. Осуществлено изготовление этих образцов и проведены сравнительные лабораторные испытания моделей. Испытания проведены с учётом механических и ветровых нагрузок при креплении различного измерительного оборудования на мачте на высотах 10, 20 и 30 м. По результатам испытаний выбран наиболее оптимальный вариант кронштейна.

Осуществлена разработка рабочей конструкторской документации выбранного варианта с учётом длительной эксплуатации на открытом воздухе в условиях Сибири и изготовлен опытный образец.

Проведены испытания опытного образца кронштейна. По результатам испытаний проведена доработка узлов крепления для метеорологической мачты с учётом планируемого комплекта измерительного и вспомогательного оборудования, подготовлен комплект крепления измерительного и вспомогательного оборудования для метеорологической мачты для поставки, принято решение об изготовлении опытной партии кронштейнов.

Проект № 9 «Распределенная система сбора, хранения, обработки и доступа к данным дистанционного зондирования Земли для мониторинга социально-экономических процессов и состояния природной среды регионов Сибири и Дальнего Востока».

Разработана система распространения данных для Центра хранения и обработки данных дистанционного зондирования Земли, создаваемого в Томске. В качестве основы для системы используется ПО веб-портала ATMOS (<http://atmos.iao.ru/>). В качестве инструмента для предварительного просмотра и скачивания отдельных снимков Landsat используется ПО Glovis (<http://glovis.usgs.gov/>).

В рамках сотрудничества с USGS (<http://www.usgs.gov/>) во время семинара USGS/GOFC-GOLD/START Data Initiative Workshop, April 23 – May 8, 2009 был получен архив данных Landsat 4-7 за 1988-1993 гг. и 2006-2008 гг. за летние и осенние месяцы по Западной Сибири для последующего анализа растительного покрова, архивы данных GLS (Global Land Survey) за 1975, 1990, 2000 и 2005 гг. по Северной Евразии, а также некоторые архивы данных MODIS. На площадке ОПИ ТНЦ СО РАН развернуто высокопроизводительное хранилище этих данных.

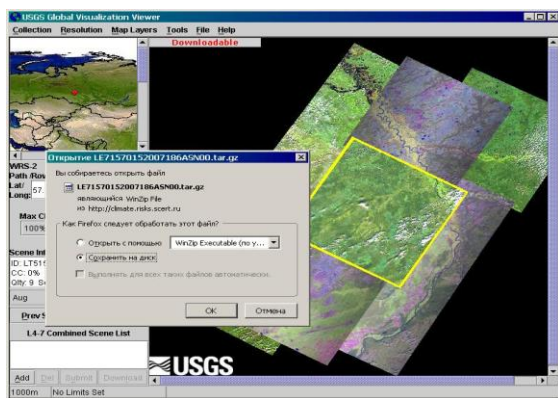
В 2009 г. четверо молодых ученых - сотрудников МИЦ КЭИ - приняли участие в организованном в рамках проекта мастер-классе в г. Кемерово. В 2010 г. три сотрудника МИЦ КЭИ (включая одного молодого ученого) приняли участие в организованном в рамках проекта мастер-классе, проходившем во время II Международной конференции «Геоинформатика: технологии, научные проекты» в городе Барнауле. В 2011 г. два сотрудника МИЦ КЭИ (включая одного молодого ученого) приняли участие в организованном в рамках проекта семинаре «Обработка данных дистанционного зондирования: теория и практика» в г. Новосибирске.

Благодаря развернутой и запущенной совместно с ОПИ ТНЦ СО РАН системе распространения данных дистанционного зондирования, содержащей архив данных Landsat, GLS (Global Land Survey), а также MODIS-Terra для Западной Сибири, было налажено сотрудничество с ИВТ СО РАН в рамках создания прототипа распределенной поисковой системы по ДДЗ-ресурсам СО РАН. Для обеспечения доступа к архиву данных, на технической площадке ОПИ ТНЦ СО РАН был создан специализированный веб-сайт (<http://glovis.tsc.ru>), предоставляющий возможность предварительного просмотра и скачивания отдельных снимков.

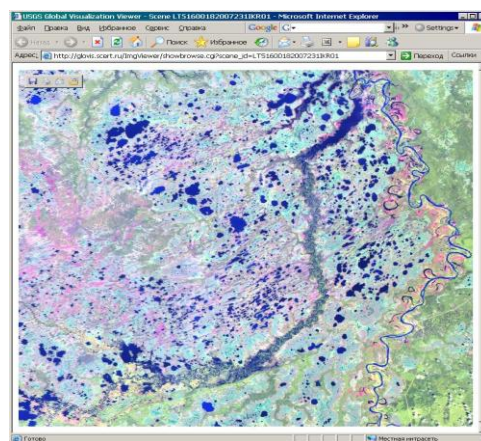
Основные (важнейшие) результаты

В рамках создания в г. Томске Центра хранения и обработки данных дистанционного зондирования Земли, совместно с ОПИ ТНЦ СО РАН была развернута и запущена система распространения данных дистанционного зондирования, содержащая архив данных Landsat, GLS (Global Land Survey), а также MODIS-Terra для Западной Сибири. Для обеспечения доступа к архиву данных, на технической площадке ОПИ ТНЦ СО РАН было создано специализированное веб-приложение, основанное на ПО Glovis (<http://glovis.usgs.gov/>) и сконфигурированное для Северной Евразии. Данное приложение обеспечивает поиск по заданным пространственно-временным критериям, формирование и скачивание больших массивов спутниковых данных путем использования стандартного ПО, такого как wget или интернет-браузер. Для предварительного просмотра и последующего скачивания отдельных снимков был создан специализированный веб-сайт (<http://glovis.tsc.ru>). Кроме того, было налажено сотрудничество с ИВТ СО РАН в рамках создания прототипа распределенной поисковой системы по ДДЗ-ресурсам СО РАН. В рамках данного сотрудничества ведутся работы по организации поиска и выборки по запросу пользователя доступных данных дистанционного зондирования с использованием метаданных и интеграции созданного хранилища в разрабатываемый прототип распределенной поисковой системы по ДДЗ ресурсам СО РАН.

В 2009 г. четверо молодых ученых - сотрудников МИЦ КЭИ - приняли участие в организованном в рамках проекта мастер-классе в г. Кемерово, а в 2010 году три сотрудника МИЦ КЭИ (включая одного молодого ученого) приняли участие в мастер-классе, проходившем во время II Международной конференции «Геоинформатика: технологии, научные проекты» в городе Барнауле. В ходе мастер-классов были прослушаны курсы лекций ведущих специалистов в профильных областях перспективных направлений: Кошкарев А.В., Серебряков Е.Г., Конечным М., Якубайлик О.Э., Добрецов Н.Н.. Было принято активное участие в обсуждении дальнейших исследования в области разработки распределенных информационных систем, а также результатов работы отдельных авторов. В 2011 году два сотрудника МИЦ КЭИ (включая одного молодого ученого) приняли участие в организованном в рамках проекта семинаре «Обработка данных дистанционного зондирования: теория и практика» в г. Новосибирске. На семинаре были заслушаны лекции Добрецова Н.Н., Лагутина А.А., Смирнова В.В., посвященные технологиям обработки спутниковых данных и тенденциям развития дистанционного зондирования Земли из космоса. Кроме того, были получены практические навыки в освоении основных технологий оперативного космического мониторинга характеристик атмосферы и подстилающей поверхности для решения фундаментальных задач с использованием современных радиометров спутниковых платформ Terra и Aqua.



Интерфейс для просмотра и получения снимков Landsat с помощью локальной версии ПО GLOVIS



Предварительный просмотр снимка Landsat в системе

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

**Проект № 10. «Расширение спектра генерации CO₂-лазеров в среднем и
дальнем ИК-диапазонах с помощью новых
нелинейных кристаллов.**

**Расширение спектра генерации CO₂-лазеров в среднем и дальнем ИК-
диапазонах с помощью новых нелинейных кристаллов**

За время выполнения работы в 2011 г. запущен ТЕА и импульсно периодические CO₂-лазеры с оригинальными параметрами.

Важной особенностью лазера является специфичный состав активной среды CO₂:N₂:He=35:30:35 при общем относительно невысоком давлении P=200-250 Торр. Эта рабочая смесь газов существенно отличается от состава CO₂:N₂:He=20:20:60, P=760 Торр типичных активных сред ТЕА CO₂-лазеров работающих в основных полосах излучения. Специально разработанная малоиндуктивная (~ 50 нГн) система электропитания лазера обеспечивает устойчивый тлеющий разряд в широком диапазоне давлений и состава активной среды при высоком, до 1000 Дж/л×атм., энергокладе. Такая схема питания и подобранный состав активной среды обеспечивают максимальную эффективность генерации на линиях горячей 01¹1-11¹0 полосы излучения. При этом, эффективность генерации в основной и секвенционных полосах излучения снижается незначительно. При работе в импульсно-периодическом режиме с частотой повторения импульсов до 5 Гц без прокачки рабочей смеси, выходные параметры лазера имеют практически ту же воспроизводимость, что и при работе на активных средах традиционного состава.. В целом, лазер генерирует более чем на 200 линиях основных 00⁰1-10⁰0, 02⁰0, вторых секвенционных 00⁰2-10⁰1, 02⁰1 и горячей 01¹1-11¹0 полосы излучения.

В горячей 01¹1-11¹0 полосе он способен генерировать на 42 линиях излучения в диапазоне длин волн от 10,9 до 11,4 мкм, от линии P(12) до линии P(53), с выходной энергией E_{вых}≥0,5 Дж в одиночных импульсах. В диапазоне 11,2-11,3 мкм энергия импульсов излучения составляет 1,0-1,5 Дж, а на наиболее сильных линиях в диапазоне 11,0-11,2 мкм достигает 2 Дж. Длительность лидирующего пика импульса излучения, содержащего более 60% общей энергии импульса, лежит в пределах 200-250 нс, а полная длительность импульса с азотным "хвостом" излучения достигает 2 мкс. Для наиболее интенсивных линий излучения пиковая мощность превосходит 5 МВт. Использование двух диафрагм Ø20 мм, последовательно расположенных у дифракционной решетки и выходного зеркала, позволяют получить оптимальное соотношение между энергетическими и спектральными характери-

стиками лазера. При этом пятно генерации $\sim \varnothing 20$ мм приобретает форму, близкую к круглой, с однородной пространственной структурой. Расходимость излучения на линиях горячей полосы излучения составляет 1-1,5 мрад, а $\Delta\nu \approx 0,01 \text{ см}^{-1}$. Модифицированный вариант ТЕА CO_2 -лазера позволяет генерировать за счет оптимизации цепи накачки и подбора состава безазотной смеси нетрадиционно короткие импульсы излучения для этого типа лазера, содержащие нетрадиционно малое количество энергии в хвосте импульсов излучения (до 7% вместо обычных $\geq 50\%$) (рис.1).

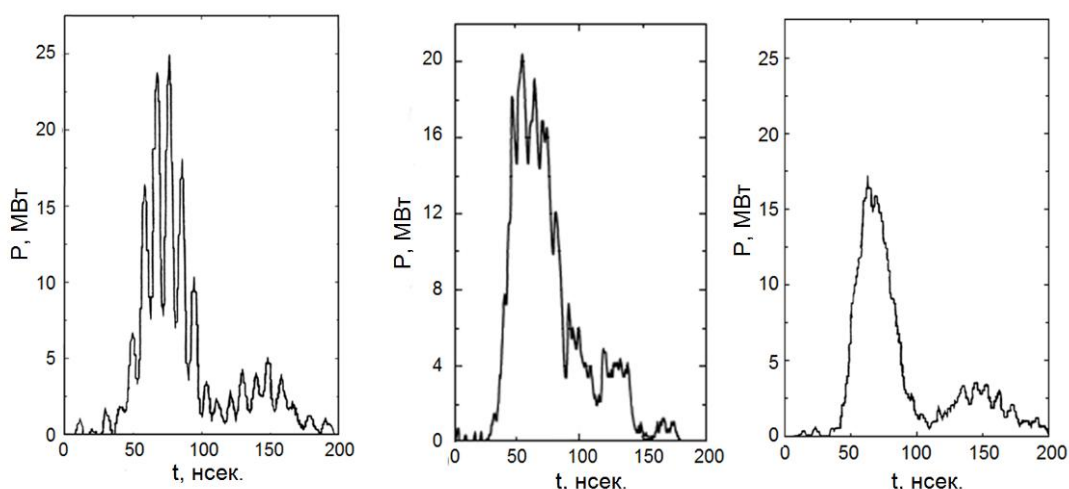


Рис. 1. Выходные импульсы ТЕА CO_2 -лазера.

На рис.1. видно, что имеется возможность управления синхронизацией мод подбором режима питания и смеси, что делает лазер перспективным для преобразования частоты вообще и генерации терагерцового излучения, в частности. Отметим, что лучший результат дали слабо синхронизированные импульсы благодаря лучшему временному совмещению двух смешиваемых импульсов. Точная совмещение во времени хорошо синхронизированных импульсов оказалась невозможной на этом этапе исследований. Запущенный импульсно периодический лазер имеет рекордную пиковую мощность излучения до 4,3 кВт при частоте следования 250 нс импульсов до 100 кГц.

Указанные параметры позволили получить терагерцовое излучение методом даун-конверсии (генерации различных пар линий излучения) и провести предварительное исследование их параметров и характеристик. Пример сигнала терагерцового излучения с выхода модифицированного пироприемника МГ-32 с обнаружительной способностью выше $5 \cdot 10^{10} \text{ Вт/Гц}^{1/2}$ приведен на рис.2а, пример

кривой отстройки от направления фазового синхронизма для даун-конверсии излучения ТЕА CO₂-лазера – на рис.2б.

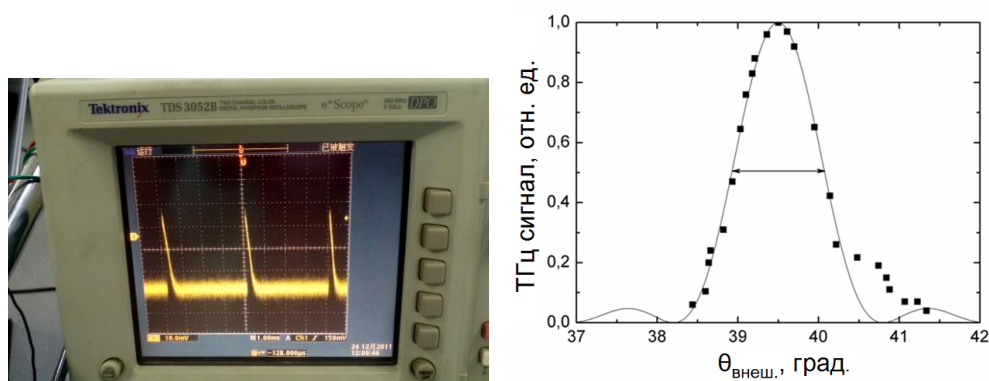


Рис.2. Импульсы ТГц-излучения на выходе пироприемника МГ-32 (а) и кривая отстройки от направления фазового синхронизма при даун-конверсии излучения 10-мкм полосы излучения двухчастотного ТЕА CO₂-лазера в кристалле GaSe:In (б).

Оптимизация параметров лазеров накачки, нелинейных кристаллов и оптической блок-схемы, собранной в настоящий момент по традиционной схемы, будет выполнена на следующем этапе работы. В частности, именно создание компактной схемы с использованием просветленной оптики из ZnSe позволило получить устойчивые измеряемые сигналы представленные на рис.2б.

Полученные результаты показали, что прикладное применение разработанного генератора ТГц-излучения возможно лишь при использовании криогенных детекторов, а также оптимизация параметров всех элементов оптической схемы, обеспечивающих достижение выходного отношения сигнал/шум >1000 .

1.2.4. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ГРАНТАМ РФФИ

Проект № 11-05-01190/а «Исследование отклика углеродного баланса болотных экосистем разного размера на изменение климата и антропогенное воздействие» (руководитель – Е.А.Головацкая)

По результатам экспедиционных измерений 2011 г. выполнена оценка основных элементов углеродного баланса: эмиссии углекислого газа и метана торфяной почвой, чистой первичной продукции, скорости разложения растительных остатков. Получена предварительная оценка запасов углерода в торфяной залежи болотных экосистем Обь-Томского междуречья. Отобраны образцы торфа для проведения радиоуглеродного датирования торфяных залежей и оценки скорости депонирования углерода в течение голоцена и скорости современного депонирования исследуемых болотных экосистем.

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 топями.

Суммарный поток CO_2 за вегетационный период с поверхности исследуемых болот составляет на «Бакчарском» болоте от 115,8 гС/м²/год на открытой топи до 177,59-гС/м²/год на грядово-мочажинном комплексе. На болотах Обь-Томского междуречья - от 210 гС/м²/год осоково-сфагновой топи «Кирсановского» болота до 425 гС/м²/год на ряме «Тимирязевского» болота.

Измерение эмиссии метана на «Бакчарском» болоте показало, что наибольшая скорость эмиссии CH_4 характерна для более обводненных фитоценозов (осоково-сфагновых топей и мочажин) и изменяется от 8,22 до 68,78 мг CH_4 /м²/час. На рямовых участках эмиссия CH_4 ниже и составляет 0,32-1,93 мг CH_4 /м²/час. На болотах Обь-Томского междуречья эмиссия CH_4 с поверхности торфяной залежи рямов изменяется от 0 до 4,43 мг CH_4 /м²/час; на осоково-сфагновых топях эмиссия CH_4 варьирует от 1,46 до 204,04 мг CH_4 /м²/час, с максимальными потоками на «Тимирязевском» болоте.

Сравнение NPP на исследуемых болотах показало, что надземная продукция имеет близкие значения на всех исследуемых фитоценозах, тогда как подземная продукция на болотах Обь-Томского междуречья выше в 4-7 раз по сравнению с «Бакчарским» болотом.

Часть продукции переходит в опад и подвергается разложению. Из ежегодной продукции фитомассы трав и кустарничков в мортмассу переходит на высоком ряме 33%, низком ряме 43% и более 90% на открытой топи. Оценить отмирание сфагновых мхов гораздо сложнее.

По скорости разложения исследуемые растения можно разделить на 3 группы: быстро, средне и медленно разлагающиеся. В первую группу входят растения потери массы которых составляют более 40 % (травянистые растения) за период исследования, у второй группы потери веса составляют от 20-40 % (кустарнички). И к третьей группе (менее 20 %) относятся сфагновые мхи. В течение первого года разлагается около 13% от годовой продукции на сосново-кустарничково-сфагновых рямах и 25% на осоково-сфагновых топях.

Согласно полученным нами данным все исследуемые болотные экосистемы как в нативном состоянии, так и подверженные антропогенному влиянию являются сто-

ками углерода. Скорость депонирования углерода изменяется от 20гС/м²/год до 306 гС/м²/год

Для расчета запасов углерода в торфяных болотах определялась величина сухой массы торфа, его зольность. Распределение сухой массы торфа связано с составом растительных остатков, глубиной залегания слоев и зависит от типа и мощности торфяной залежи. Исследуемые болота представлены мезотрофными и олиготрофными сообществами, в которых профильное распределение свойств торфа хорошо согласуется с составом торфа и типом болот. С глубиной плотность торфа возрастает как в колонках на периферии болот, так и в рядах. Были проведены расчеты запасов сухого органического вещества для представителей разных типов торфяных залежей. Запасы торфа естественно зависят от мощности торфяного слоя и закономерно возрастают при ее увеличении. Запасы органического вещества и углерода несколько выше в иссушенных болотах по сравнению с запасами близких по мощности нативных болот.

[Проект № 09-04-01214/а. "Гидроморфная трансформация кальциево-гумусовых почв при заболачивании лесных ландшафтов Западной Сибири"](#) (руководитель – А.Г.Дюкарев)

За отчетный год обработаны материалы предшествующих лет исследования позволившие выявить типы сопряжения болотных и лесных ландшафтов. В ландшафтной структуре территории таежной зоны Западной Сибири лесоболотные экотоны рассматриваются как целостные образования, в строении которых отражаются современные тенденции заболачивания и гидроморфной трансформации почв. Разнообразие экотонов на ландшафтном уровне определяется типом взаимодействия системобразующих потоков влаги, поступающей с болотного массива. В соответствии с геохимическими и ландшафтно-гидрологическими условиями выявлено 4 основных типа взаимодействия лесных и болотных ландшафтов: дивергентный, конвергентный, градиентный и дискретный. Разнообразие лесоболотных экотонов на локальном уровне обеспечивается формой рельефа, гидрологическим режимом и трофностью почв, характером растительности. В экотоны исследованной территории входят краевые части болотных и лесных гидроморфных фитоценозов. Эдафический фон экотонов описывается катеной заболачивания. Глинистый состав карбонатных почвообразующих пород обеспечивает формирование палео- и современного семейства кальциево-гумусовых почв. Гранулометрическая дифференциация в рядах почв гидроморфной трансформации проявляется уже в сформированном в предыдущие стадии почвообразования профиле.

Распределение карбонатов в экотонах диагностирует характер заболачивания и выщелачивание. При низкой водопроницаемости грунтов идет преимущественно поверхностное обводнение почв и постепенная инфильтрация в глубь профиля. В капиллярно насыщенной толще в разные по увлажненности годы и сезоны происходит вынос или подтягивание карбонатов к поверхности. Лишь в условиях продолжительного обводнения в почвах проявляется оглеение. Развитие болотного процесса реализуется в последовательном воспроизводстве определенного типа ландшафтной структуры, связей и отношений компонентов. Первые стадии процесса обусловлены гидроморфной трансформацией почв, последующие стадии сопряжены с торфонакоплением, формированием болотных почв. На этапе скрытого и начального заболачивания происходят изменения почвенно-грунтовой толщи: уменьшается активная пористость, снижается водопроницаемость, возрастает увлажненность корнеобитаемого слоя. Кульминацией фазы заболачивания является структурная перестройка лесной растительности и переход к состоянию заболоченных лесов. В лесоболотном экотоне в конкурентные отношения вступают разные жизненные формы растений - деревья и болотные мхи. По фитоценотическому признаку экотоны охарактеризованы на уровне ассоциаций, включающих переход между сообществом мезофильных темнохвойных или мелколиственных лесов и олиготрофных сосново-кустарничково-сфагновых сообществ (рямов). Объективным экологическим индикатором состояния экотонов послужили градиенты увлажнения и богатства-засоленности, рассчитанные по составу видов растительного покрова. Каждая из выделенных ассоциаций исследованных экотонов характеризуются достаточно узким диапазоном экологических параметров. При анализе градиентов экотонных сообществ установлено проявление специфичных контрастных состояний на переходе от болотных к лесным сообществам.

[Проект № 09-05-01077/а. "Особенности болотообразовательного процесса на юге лесной зоны Западной Сибири как отклик на континентальность климата"](#) (руководитель – Ю.И.Прейс)

Проведены комплексные детальные исследования и ¹⁴C-датирование торфяных разрезов типичных олиготрофных простых и комплексных фаций южно- и подтаежных болот Западной Сибири. С помощью комплекса биоиндикаторов получены качественные реконструкции состояний биогеоценозов, в том числе высокого разрешения по комплексу признаков палеосообществ раковинных амёб, и данные о короткопериодной динамике болот в голоцене. На основе системно-эволюционного подхода и комплекса признаков палеокриогенных процессов в торфяных отложениях выявлены возраст, механизмы и пре-

имущественно криогенный генезис нарушений эндогенного развития, как отклик на континентальность климата и его изменения. Датированием палеостратиграфических рубежей парами образцов определен возраст и продолжительность прекращений и реальные скорости аккумуляции торфа и его органического вещества на различных стадиях развития болот. В результате выявлено наличие и широкое распространение климатически обусловленного типа болотообразовательного процесса с олиго- и мезотрофным типами и пульсирующим характером автохтонного заболачивания карбонатных грунтов; частыми, резкими сменами палеофитоценозов и водных режимов; катастрофической олиготрофизацией; инверсиями и псевдоинверсиями развития; неоднократными прекращениями аккумуляции торфа. Получены количественные данные по современной нетто-экосистемной продукции типичных болотных биогеоценозов по 39 монолитам торфа и выявлена зависимость ее от механизмов и силы отклика на изменения климата конца XX века. На базе 34 торфяных разрезов получены частные модели глубина-возраст и кумулятивная масса-возраст с учетом прерывистого характера торфонакопления и разработана региональная модель динамики растительности, водных режимов и аккумуляции торфа для болот с максимальным откликом на изменения континентального климата.

По базе данных детальной геологической разведки, с помощью разработанного методического подхода определения послойного возраста недатированных торфяных разрезов по датированным разрезам-аналогам создана пространственно-временная модель динамики по 8-ми хроносрезам болотного массива Иксинское, являющегося региональным типом болот. Выявлен блоково-послойный характер динамики этого типа болот, чередование периодов значительной автономности, асинхронности и разнонаправленности развития мелкоконтурных элементарных болотных массивов и периодов синхронного, однонаправленного изменения их состояния на значительной площади. Установлена главная причина блокового характера динамики - преломление воздействия континентального климата резко дифференцированным рельефом минерального дна, обуславливающее различия физического состояния почвогрунтов (талое-мерзлое) и водного палеорежима. Получены количественные характеристики цикличности водных режимов и торфонакопления на ключевых участках болот юга лесной зоны Западной Сибири и дан прогноз их функционального состояния на ближайшие столетия.

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)

Впервые проведен анализ генетической изменчивости видов и гибридов методом ДНК-AFLP маркеров. Установлены генотипы растений по 167 локусам. Генетическое разнообразие существенно увеличивается в ряду кедр сибирский → кедровый стланик → гибриды.

В поле двух главных координат виды и гибриды образуют три не перекрывающихся «облака», что однозначно свидетельствует о дефиците (если не о полном отсутствии) беккроссов в данной популяции. Гибриды занимают промежуточное положение только по первой главной координате; по второй они существенно отличаются от видов. Явная асимметрия гибридного «облака» предположительно связано с неслучайной ассоциацией гамет родительских видов при формировании генотипа гибридов: в 10% локусов гибридной выборки установлено достоверное отклонение наблюдаемой численности генотипов от ожидаемой в соответствии с равновесием Харди-Вайнберга. Скорее всего, это следствие отбора жизнеспособных комбинаций гамет при гибридизации.

Проект № 11-04-10096/к. "Организация и проведение экспедиционных исследований филогенетической дивергенции и адаптивной конвергенции в эволюции сосновых (на примере прямостоячих лесных и стелющихся субальпийских видов)"

(руководитель – С.Н.Горошкевич)

В исследованиях на опытных объектах Научного стационара «Кедр» установлено, что прямостоячие и стелющиеся виды сосны в одинаковых условиях произрастания отличаются уровнем фотосинтетических пигментов и показателями водного режима. У прямостоячих видов – *P. sibirica* и *P. sylvestris* в хвое, зимующей над снегом, содержание зеленых и желтых пигментов ниже, чем у *P. pumila* и *P. mugo* в хвое, зимующей под снегом, что в свою очередь является результатом более оптимального соотношения свободной и связанной форм воды. Во все сроки наблюдений оводненность хвои была выше у прямостоячих видов, что свидетельствует о более регулируемом процессе транспирации у этих видов. За счет снижения диффузии водяных паров в весенний и летний период у прямостоячих видов содержание свободной воды было выше, чем у стелющихся на 3-5%. Слабая вододерживающая способность хвои кедрового стланика и сосны горной компенсируются значительным увеличением доли связанной воды. При подготовке к зиме у стелющихся сосен в подснежной хвое увеличивается доля связанной воды на 16% (*P. pumila*) и 10% (*P. mugo*), по сравнению с летом. У *P. sibirica* и *P. sylvestris* увеличение фракции связанной воды в зимний период составило только 10% и 5%, соответственно.

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

В результате выполнения второго этапа работ по проекту изучен участок митохондриальной ДНК, проявляющий полиморфизм у других видов рода *Pinus* – 1 интрон гена *nad7*. Впервые определена последовательность этого локуса у *P. sibirica* (3 образца из различных популяций), а также у родственных видов (*P. cembra*, *P. pumila*, *P. koraiensis*); последовательности размещены в базе данных NCBI (JQ240430-JQ240433). Как и в случае интрона 2 гена *nad7*, обнаружена идентичность последовательности ДНК в этом локусе у *P. sibirica* и *P. cembra*. В результате проведения скрининга инсерционно-делеционного полиморфизма локусов *nad1*/интрон 2 и *nad7*/интрон 1, внутривидовой изменчивости мтДНК для *P. sibirica* не было выявлено.

Впервые на репрезентативном материале проведен анализ изменчивости четырех хлоропластных локусов (*Pt36480*, *cpSSR1*, *cpSSR4* и *PCP45071*) в 19 популяциях сосны кедровой сибирской. Обнаружено 43 гаплотипа, описаны особенности распределения частот их встречаемости в исследованных популяциях, наиболее часто (около 60%) встречались 4 гаплотипа (рис.).

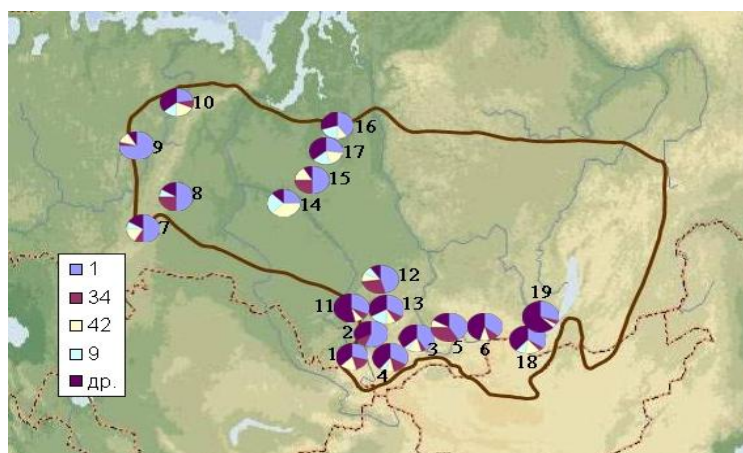


Рис. Вариация частот встречаемости гаплотипов 1, 9, 34, 42 и других, редких вариантов.

Среднее гаплотипическое разнообразие в популяциях составило 0,803. Максимальное разнообразие гаплотипов обнаружено в популяции Хамар-Дабан (0,917). Данная популяция расположена в районе симпатрии *P. sibirica* и кедрового стланика *P. pumila*, гибридизация которых нами описана, в частности установлено явление интрогрессии этих видов, возникновение гибридов первого поколения и существование возвратных скрещиваний с родительскими видами (Петрова и др., 2011). Можно предположить, что высокое разнообразие хлоропластных гаплотипов,

наличие уникальных гаплотипов в этой популяции связано с интрогрессией хлоропластных геномов кедрового стланика путем опыления *P. sibirica* и гибридных растений различной степени родства.

Низкое разнообразие гаплотипов (0,435) отмечается в самом западном местопроизрастании сосны кедровой сибирской – в популяции Корткерос. Вероятно, причиной этому послужила изолированность этого насаждения от основного ареала вида – расстояние до ближайшего массива кедровых лесов около 400 км. Это уменьшает эффективную численность популяции, затрудняет и ограничивает поток генов посредством переноса пыльцы, что в результате и ведет к относительному уменьшению разнообразия гаплотипов в данной популяции. Среди остальных выборок разнообразие гаплотипов колебалось незначительно, и составляло от 0,712 в одной из западно-сибирских популяций (Ноябрьск,) до 0,892 в северо-западной крайней точке распространения *P.sibirica* (Кедровый Шор). Анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) показал, что доля изменчивости между популяциями и региональными группами популяций менее одного процента.

[Проект № 11-04-10104/к «Организация и проведение экспедиционных исследований филогеографии сосны кедровой сибирской \(*Pinus sibirica* Du Tour\) на основании анализа изменчивости цитоплазмических геномов»](#) (руководитель – Е.А.Петрова)

Анализ материала из первичных зон разнообразия, реликтовых популяций является неременным условием исследования филогеографии вида. Полученные в последнее время данные споро-пыльцевого анализа озерно-болотных отложений убедительно доказывают, что *Pinus sibirica* в ледниковое и позднеледниковое время сохранялся в горах Алтае-Саянской горной области, в Прибайкалье и на Среднем Урале (Бляхарчук, 2010, Blakharchuk, 2011). В связи с этим был необходим анализ максимального количества генотипов из популяций близких к предполагаемым центрам расселения *Pinus sibirica*. В 2011 г. На средства проекта были проведены 3 экспедиции в предполагаемые зоны расселения кедра сибирского в постледниковый период – Республику Коми, Республику Горный Алтай и Западный Саян.

В ходе экспедиций был собран растительный материал (побеги и хвоя кедра сибирского), из 6 популяций, проведено выделение 130 образцов ДНК, которые далее были использованы для анализа изменчивости цитоплазматических геномов.

Исследование изменчивости хлоропластных микросателлитных локусов в популяциях кедра сибирского из Алтае-Саянской горной области, Республики Коми и Западных Саян показало, что для кедра сибирского характерно высокое раз-

нообразии гаплотипов. Очень высокие оценки разнообразия гаплотипов получены для популяций Кедровый Шор, Артыбаш и Ергаки. Минимальное разнообразие и небольшое число гаплотипов обнаружены в западном изоляте – популяции Корткерос. Данный изолят выделяется и при подсчете значений парной подразделенности популяций. Если в среднем между 19 популяциями среднее значение F_{ST} составляет менее 1%, то доля межпопуляционной изменчивости в парах Корткерос с некоторыми популяциями, составляет от 7 до 14%. Это говорит о высокой степени отдельности этой крайней западной популяции в структуре генетического разнообразия кедра сибирского.

Растительный материал, собранный в ходе экспедиций, сохранен в клоновом архиве ИМКЭС СО РАН в репрезентативном объеме (30 генотипов из популяции, по 20 прививок каждого клона). Все генотипы были привиты на молодые саженцы местного экотипа кедра сибирского.

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

За отчетный период основное внимание было уделено пробоподготовке полевого материала, собранного в 2010г. в тридцатикилометровой зоне Томского промышленного комплекса. Проведена дополнительная экспедиция в окрестностях поселка Родионово, где были взяты пробы хвои и спилов деревьев.

Пробоподготовка полевого материала выполнялась в несколько этапов. Первый этап (механическая пробоподготовка) явился наиболее трудоемким. Спилов деревьев были разделены на годовичные слои прироста и получены пробы древесины годовичных колец, сформировавшихся в период 1970-2010 гг. Второй этап пробоподготовки был посвящен разработке методики извлечения целлюлозы, содержащей органически связанный тритий, с последующим получением тритиевой воды. С этой целью была спроектирована и изготовлена специальная установка для синтеза образцов тритиевой воды из органических объектов, включающей в себя систему подготовки газов, двухсекционную электрическую печь и систему улавливания продуктов сгорания. Проведено дооснащение лаборатории дополнительным оборудованием. Проведен мониторинг содержания трития в атмосферных осадках и воздушной влаге. По результатам работы по проекту за 2010 года в 2011 году был сделан один доклад на конференции, написана одна статья, которая в настоящее время проходит рецензирование.

Проект № 10-07-00547/а. "Информационно-вычислительная система для обработки и анализа больших архивов пространственно распределенных данных" (руководитель – Е.П.Гордов)

В соответствии с выработанными базовыми требованиями в течение второго этапа проекта были расширены возможности информационно-вычислительного ядра, обеспечивающего доступ к архивам геофизических данных и программные интерфейсы для вычислительных модулей разрабатываемой веб системы. В частности, разработаны модули доступа к данным моделирования модели WRF. Для обработки и визуализации архивов геофизических данных был разработан базовый набор вычислительных модулей. Архив геофизических данных был расширен данными проекта Asian Precipitation - Highly Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources (APHRODITE) и ECMWF ERA Interim для территории Сибири. Для обеспечения доступа к этим наборам данных были разработаны соответствующие модули ввода-вывода. Разработаны модули обработки многоканальных спутниковых снимков данных дистанционного зондирования Landsat 4-7 на языке программирования ITTVIS IDL. Произведена разработка большинства элементов графического интерфейса пользователя информационно-вычислительной веб-ГИС системы на основе выбранного программного обеспечения с открытым кодом и свободно распространяемых JavaScript-библиотек.

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

В мезомасштабную атмосферную модель NH3D_MPI (НИВЦ МГУ) включена конечно-разностная схема переноса-диффузии-реакции произвольной субстанции, в частности, метана и углекислого газа. Для метана реализована параметризация стока за счет окисления гидроксил-радикалом в виде кинетики первого порядка.

Рассмотрен суточный ход вертикального профиля температуры и других характеристик в приземном и пограничном слое атмосферы, воспроизведенный мезомасштабной моделью над участком территории Западной Сибири (55-60 с.ш., 55-70 в.д.). Дневное конвективное перемешивание в пограничном слое и развитие ночного приземного устойчивого слоя рассчитываются моделью качественно верно. Для данной задачи были подготовлены метеополья на основе полученного нами регионального реанализа. Данный региональный реанализ является архивом метеополей для территории Западной Сибири (2500 на 2000 км.), полученных с использованием подхода «даунскейлинг», в основе которого лежит использование

физически обоснованной прогностической модели WRF и системы усвоения данных стационарных измерений. Произведена разработка общей архитектуры программного комплекса для обработки спутниковых данных. Проанализирована структура наборов спутниковых данных, выбраны и реализованы методы их предварительной обработки. Выработаны основные требования, которым должен отвечать программный комплекс. Проведен подбор необходимых, в рамках выполняемого проекта, методов обработки и анализа спутниковых данных, определены необходимые форматы выходных данных и способы взаимодействия программного комплекса с используемыми в проекте региональными атмосферными моделями. В результате экспедиционных исследований выполнена оценка баланса углерода на основании данных по чистой первичной продукции, эмиссии углекислого газа с поверхности торфяной залежи и деструкции растительных остатков в олиготрофных болотных комплексах.

[Проект № 11-05-98062/р_сибирь_a «Разработка и исследование алгоритмов пространственно-временного прогнозирования возникновения и развития опасных метеорологических ситуаций и создание макета региональной измерительно-вычислительной системы для их реализации»](#) (руководитель – В.А.Корольков)

Создана и запущена работа сети пространственно разнесенных синхронных метеорологических измерений. Она включает центральный пункт управления сбором данных измерений и три удаленных друг от друга на 10 – 15 км постов метеорологических наблюдений. Каждый из этих постов включает ультразвуковую автоматизированную метеостанцию (УАМС) АМК-03 в комплекте с разработанным GPRS-контроллером для передачи данных через Интернет (по сотовой связи или линии Ethernet). УАМС АМК-03 позволяет измерять мгновенные значения основных метеорологических величин (температуры и влажности воздуха, скорости и направления трехмерного воздушного потока, атмосферного давления). Центральный пункт управления и сбора данных размещен на веб-сервере ИМКЭС СО РАН как специальное программное обеспечение (для пользователей в виде сайта), которое поддерживает соединение с контроллерами и сохраняет получаемую от них информацию в базе данных. Оно также позволяет настраивать режимы работы подключаемых контроллеров и следить за текущим состоянием соединений с ними. Первый пост размещен на крыше корпуса ИМКЭС СО РАН на мачте высотой 10 м, второй - в районе аэропорта Богашево на 30 м мачте, третий - на научном стационаре ИМКЭС СО РАН «Кедр» (вблизи села Курлек) на мачте высотой 12 м. В настоящее время для экспериментальной апробации разрабатываемых алгоритмов пространственно-временного прогнозирования дополнительно изготовлена четвер-

тая УАМС АМК-03, аналогичная уже используемым. Она также в ближайшее время будет включена в описанную информационно-измерительную сеть (ИИС) и будет применяться для оценивания погрешностей прогнозирования метеорологических величин в контрольную удаленную точку по данным их измерений на трех других постах.

Для работы с накопленными на сервере данными измерений разработано клиентское программное обеспечение АМК-netClient (в виде Windows-приложения). Оно позволяет любому пользователю на удаленном рабочем компьютере запрашивать и получать через Интернет как текущие, так и за любой предыдущий период, первичные данные измерений УАМС АМК-03, включенных в состав ИИС. В АМК-netClient реализованы разработанные методики и алгоритмы преобразования первичных приборных измерений в метеорологические данные с последующей их статистической обработкой. Выбран способ практической реализации системы подготовки входных метеорологических данных для последующего использования в развиваемых алгоритмах прогнозирования (автоматизации процесса усвоения данных ИИС). Он реализован в АМК-netClient как подготовка строго упорядоченных временных рядов метеорологических величин с одинаковыми временами усреднения (от 1 до 20 минут) и интервалами между их регистрацией (от 1 минуты до 24 часов), которые формируются как числовые массивы, сохраняемые при необходимости в файлах, и могут отображаться экране монитора в виде графиков.

Выполнены экспериментальные оценки пространственно-временных корреляционных свойств метеорологических величин, измеряемых в ИИС, с целью выбора оптимальных значений параметров, используемых при реализации алгоритмов прогнозирования. Используя указанные выше временные ряды значений метеорологических величин, предварительно записанные в файлы, и алгоритм на основе фильтра Калмана, выполнена первая апробация прогнозов их временной эволюции на 6 часов вперед. При этом среднеквадратическая погрешность этих прогнозов оказалась сопоставимой по величине с погрешностями измерений многих традиционных метеорологических приборов. Был апробирован вариант простого включения (интеграции) этого алгоритма в АМК-netClient с целью обеспечения в этой программе возможности выполнять краткосрочные временные прогнозы в режиме реального времени по вновь поступающим данным измерений в ИИС. При этом было установлено, что погрешности указанных прогнозов существенно возрастают по сравнению с первой апробацией. Требуются дополнительные теоретические и экспериментальные исследования. Апробация алгоритмов пространствен-

ных прогнозов, реализуемых на основе трехмерного фильтра Калмана, будет выполняться после включения в ИИС четвертой УАМС АМК-03.

Проект № 11-05-06080/г «Организация и проведение международной конференции «Селекция и генетические ресурсы 5-хвойных сосен» (руководитель – С.Н.Горошкевич)

На базе Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН в г. Томске, 9-18 августа 2011 г состоялась международная конференция «Селекция и генетические ресурсы 5-хвойных сосен». В конференции приняли участие 50 ведущих специалистов из 15 научных учреждений России, США, Канады, Австрии и Южной Кореи.

В рамках конференции работало 3 секции: популяционная, эволюционная генетика, генетика количественных признаков и геномика; экология 5-хвойных сосен и влияние изменений климата на их популяционную структуру; селекция на продуктивность и устойчивость против болезней и вредителей.

Доклады исследователей из Канады были сфокусированы на основной проблеме, с которой сталкиваются селекционеры 5-хвойных сосен на североамериканском континенте – борьбе с пузырчатой ржавчиной мягких сосен, вызываемой грибом *Cronartium ribicola*. Выступления Дианы Томбак, профессора университета Колорадо, США, осветили вопросы разнообразия высокогорных 5-хвойных сосен Северной Америки, а также влияния системы распространения (зоохории) и вредителей на популяционную структуру этих видов. Презентации представителей Австрийского федерального центра изучения лесов были посвящены исследованиям филогеографии комплекса *P.sibirica* - *P.cembra*, были представлены новые данные об изменчивости хлоропластного и митохондриального геномов у сосны кедровой европейской. В докладах ученых из Южной Кореи были рассмотрены вопросы селекции и устойчивости сосны кедровой корейской.

В рамках конференции были максимально полно представлены коллективы, ведущие исследования российских видов кедровых сосен. С докладами выступили исследователи из Красноярска (Институт леса СО РАН), Москвы (Институт общей генетики РАН), Екатеринбурга (Ботанический сад УрО РАН), Иркутска (Сибирский Институт Физиологии и Биохимии Растений и Центр защиты леса республики Бурятия), Новосибирска (Западносибирского филиала Института леса СО РАН, Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения РАН), Барнаула (Институт Водных и Экологических Проблем СО РАН), Горно-Алтайска (Алтайский филиал Центрального Сибирского ботанического сада, Алтайский государственный биосферный заповедник), Петропавлов-

ска-Камчатского (Камчатский филиал Тихоокеанского географического института ДВО РАН), Томска (ИМКЭС СО РАН). По большей части доклады российских ученых были посвящены различным вопросам сохранения и использования генофонда сосны кедровой сибирской – эдификатора сибирских экосистем, важнейшего в экономическом плане вида хвойных. Также в программу конференции были включены сообщения о морфологической и генотипической структуре тихоокеанских популяций кедрового стланика, о результатах интродукции различных видов 5-хвойных сосен на территории сибирского региона. Большинство представленных докладов российских участников были подготовлены по материалам исследований, проводимых при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований.

В рамках конференции секционные заседания сочетались с подготовленными сотрудниками Отделения экологических исследований ИМКЭС СО РАН научными экскурсиями. Целью одной из экскурсий являлась демонстрация разнообразия высокопродуктивных томских припоселковых кедровников, их возрастной и восстановительной динамики. Вторая экскурсия проводилась на научном стационаре ИМКЭС СО РАН «Кедр», где участники ознакомились с коллекцией видов 5-хвойных сосен, богатейшим архивом клонов кедрового сибирского, а также высокопродуктивными, быстрорастущими и декоративными сортами кедрового сибирского, выведенными сотрудниками Лаборатории дендрэкологии ИМКЭС СО РАН под руководством С.Н. Горошкевича. После окончания томской части Конференции участники отправились в продолжительную научную полевую экскурсию в республику Горный Алтай, где посетили различные типы кедровых лесов и испытательные культуры кедрового сибирского, заслушали доклады, посвященные разнообразию кедровых лесов Горного Алтая.

***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/>); поддержка работы двуязычного портала проекта Enviro-RISKS (<http://risks.scert.ru/>); поддержка работы портала проекта APN CAPABLE

<http://project.enviromis.scert.ru/apn/>. Кроме этого, подготовлена 1 заявка в РФФИ и 1 заявка в APN.

Выполнен проект РФФИ 11-07-06817 моб_г. В рамках проекта РФФИ 11-07-06817 моб_г организована международная конференция и школа молодых ученых по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде: CITES-2011, в рамках которой был организован Симпозиум NEESPI, посвященный изучению климатических изменений в Сибири. Мероприятие проходило 3 – 13 июля 2011 г. в г. Томске.

Научная программа конференции включала 7 последовательных тематических секций, где были представлены новые результаты по следующим направлениям: Моделирование региональной атмосферы; Моделирование региональной поверхности; Моделирование регионального климата; Мониторинг и оценка современных климатических изменений в Северной Евразии; Геосферно-биосферные взаимодействия и глобальные биогеохимические циклы; Данные, информационно-вычислительные системы и инфраструктура для наук о Земле; Региональные последствия климатических изменений: биоразнообразие, риски для окружающей среды и социально-экономические риски. На конференции были представлены приглашенные доклады ведущих специалистов из России, Европы и США, в которых была отражена свежая 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 первый день работы конференции была проведена практическая секция, где участники конференции ознакомились с деятельностью региональных организаций по охране окружающей среды, посетив наблюдательные пункты на реке Томи. Программа конференции размещена на сайте мероприятия <http://www.scert.ru/ru/conference/cites2011/program/>, там же размещены презентации сделанных на конференции выступлений. там же размещены материалы лекций и презентации сделанных на конференции выступлений.

В конференции приняли участие 130 представителей 41 научной организации. Среди них 14 представителей 5 зарубежных организаций (Швейцария, США, Дания). Российские участники представляли 36 научных институтов: из Томска (6), Москвы (9), Новосибирска (9), Иркутска (3), Кемерово (2), Красноярска (2), Петрозаводска (1), Обнинска (1), Республики Алтай (1), Твери (1), Санкт-Петербурга (1).

К началу конференции был выпущен сборник избранных трудов.

Также 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 2011 году экспедиционная работа проводилась по трем проектам:

1. «Мониторинг-2011» (2 отряда). 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; проведено полевое обследование полос трасс газопровода «с. Дзуарикау - г. Цхинвал» радиоволновым методом и выбор участков для создания опытного полигона мониторинга на участке от 26 км до 55,8 км.

2. Геоэкологическая экспедиция «Синергия-2011» (2 отряда). В результате проведенных экспедиционных исследований 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).

3. «Экосистемы-2011» (3 отряда). Экспедиционные исследования разнообразия, структуры, пространственной и временной изменчивости лесных экосистем в 2011 году проводились с использованием ранее заложенных ключевых участков, пробных площадей и ландшафтно-экологических профилей, а также вновь созданных новых научных объектов (56 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 чл.-корр. РАН А.Г. Дегерменджи.

1.2.7. ИНИЦИАТИВНАЯ РАБОТА

1. Продолжены работы по феромонному мониторингу в Томской области потенциального вредителя лиственных пород - непарного шелкопряда *Lymantria dispar* L.

Ловушки производства США с диспарлюром (синтезированный аналог полового феромона самок непарного шелкопряда) были установлены в Томске (в потенциальном кедровнике в районе Академгородка и на экспериментальном участке Сибирского ботанического сада), в пос. Курлек Томского района (научный стационар "Кедр"), в пос. Белый Яр и Нибега Верхнекетского района и в пос. Кривошеино Кривошеинского района. Выявлено расширение ареала непарника на север до 57°21' северной широты. Изучена сезонная динамика численности в связи с погодными условиями сезона, установлены более ранние сроки лёта непарного шелкопряда в 2011 г. по сравнению с 2009 и 2010 гг. (Кривец С.А.)

2. Продолжено изучение состояния городских лесов на территории Томска, видового разнообразия членистоногих-дендробионтов и ксилотрофных микроорганизмов как факторов их ослабления (совместно с аспиранткой А.С. Мизеевой).

Заложено 12 пробных площадей в городских посадках различных пород (сосны, березы, лиственницы, ели и пихты) и проведена оценка их жизненного состояния. На территории планируемого дендрозоопарка в Академгородке проведен повторный мониторинг, позволивший оценить изменения в насаждении в связи со строительством дороги на ТВЗ. В посадках пихты обнаружен новый для города инвазийный вид короедов - уссурийский полиграф *Polygraphus proximus*, определены показатели его численности и заселенности деревьев. Проведен учет заселенности лиственницы лиственничной почковой галлицей *Dasyneura rozhkovi* Mat. et Nik. – основного вредителя лиственницы в городских насаждениях. Проведено обследование насаждений липы в Академгородке и на проспекте Ленина с целью выявления липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* Kum. - серьезного инвазийного вредителя липы, обнаруженного в 2008 г. в соседней Новосибирской области. В Томске это насекомое пока не выявлено, однако необходима организация мониторинга для своевременного обнаружения вредителя. (Кривец С.А.)

3. Проведена научно-исследовательская работа по моделированию возможных трофических связей опасного инвазионного вида - уссурийского полиграфа, с местными представителями флоры хвойных таежной зоны. В ходе лабораторного эксперимента, получены уникальные данные по возможности прохождения разви-

тия *Polygraphus proximus* Blandf. на трех не описанных для него кормовых породах: *Pinus sibirica* Du Tuor., *Larix sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb. (Керчев И.А)

4. Выявлен видовой состав ксилотрофной микобиоты кедровника сибирского в припоселковых кедровниках Томской области, проанализировано распределение видов по характеру субстрата. В работе использованы материалы по учетам ксилотрофных грибов на 30 постоянных, временных пробных площадях и временных пунктах диагностики состояния (безразмерные площадки с пересчетом не менее 100 деревьев основного полога) в пределах Томь-Яйского (кедровники вокруг сел Аксеново, Белоусово, Богашево, Лучаново, Ипатово, Магадаево, Протопопово) и Обь-Томского (Зоркальцево, Губино и Нижне-Сеченово) междуречий. Кроме этого, на произвольных маршрутах проводился сбор плодовых тел ксилотрофных грибов с фиксацией частоты их встречаемости. За единицу учета принято одно или группа плодовых тел на единице субстрата (отдельное дерево или пень).

В результате проведенных микофлористических исследований на территории припоселковых кедровников было выявлено 35 видов макромицетов (25 афиллофоройдных грибов (тал.), 9 агарикойдных грибов и 2 слизневых гриба), которые относятся к 24 родам, 14 семействам, 8 порядкам и 2 классам. Обнаружены новые виды грибов, заселяющих *Pinus sibirica* в Западной Сибири - *Gleophyllum trabeum* (Pers.) Murrill, *Lentinellus micheneri* (Berk. & M.A. Curtis) Pegler, *Phellinus microporus* (Pilát) Parmasto & I. Parmasto.

Среди выявленных видов самым широко распространенным является *Phaeolus schweinitzii* (54,7% встречаемости). Это единственный вид дереворазрушающих грибов, который мы отмечали практически в каждом исследованном кедровнике. К числу наиболее часто встречающихся видов относятся также *Porodaedalea pini* и *Fomitopsis pinicola* (12,2 и 11,5%, соответственно).

Видовые таксоны в таблице расположены в алфавитном порядке, сокращения фамилий авторов приведены в соответствии с базой данных «Index Fungorum».

Таблица 4. Ксилотрофные макромицеты припоселковых кедровников Томской области

Виды грибов	1	2	3	4	5	6
Basidiomycota:						
* <i>Antrodia crassa</i> (P. Karst.) Ryvarden					+	0,68
<i>Antrodiella parasitica</i> Vampola			+			0,68
<i>Diplomitoporus flavescens</i> (Bres.) Domanski		+				0,68

<i>Fomitopsis officinalis</i> (Vill.) Bondartsev & Singer					+	0,68
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	+	+	+		+	11,48
<i>Fomitopsis rosea</i> (Alb. Et Schwein.) P. Karst.			+			0,68
<i>Heterobasidion annosum</i> Bref.	+					0,68
<i>Gloeophyllum protractum</i> (Fr.) Imazeki			+			0,68
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulfen) P. Karst.			+			0,68
<i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murrill	+	+				0,68
<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill					+	1,35
<i>Lentinellus micheneri</i> (Berk. & M.A. Curtis) Pegler	+					0,68
<i>Neolentinus lepideus</i> (Fr.) Redhead et Ginns	+				+	1,35
<i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat.	+		+	+	+	54,72
<i>Phellinus chrysoloma</i> (Fr.) Donk					+	0,68
<i>Phellinus microporus</i> (Pilát) Parmasto & I. Parmasto					+	2,02
<i>Porodaedalea pini</i> (Brot.) Murrill					+	12,15
<i>Postia floriformis</i> (Quél.) Jülich			+			0,68
<i>Postia fragilis</i> (Fr.) Jülich	+					0,68
<i>Postia guttulata</i> (Peck) Jülich	+					0,68
<i>Postia tephroleuca</i> (Fr.) Jülich			+			0,68
<i>Pseudomerulius aureus</i> (Fr.) Jülich	+					0,68
<i>Trichaptum abietinum</i> (Dicks.) Ryvar- den	+					1,35
Мухомycota:						
<i>Fuligo septica</i> (L.) F.H. Wigg.	+					1,35
<i>Lycogala epidendrum</i> (J.C. Buxb. ex L.) Fr.	+					3,36
ИТОГО – 25 вида	11	3	9	1	9	100

Примечание: локализация плодовых тел: 1 – валежник (стволы, ветви); 2 – сухой; 3 – пни; 4 - корневые лапы живых деревьев; 5- растущий кедр (ствол, комель). 6 – встречаемость, %. * – найден на отмершей части комля живого кедра;

Помимо трутовиков и миксомицетов на гнилой и горелой древесине, на корневых лапах кедра были отмечены 9 видов агариикоидных грибов: *Gymnoporus conflu-*

ens (Pers.) Antonin, *Gymnopus dryophilus* (Bull.) Murrill, *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen) Maire, *Marasmius scorodonius* (Fr.) Fr., *Mycena laevigata* (Lasch) Gillet, *Mycena stipata* Maas Geest. & Schwöbel, *Pholiota highlandensis* (Peck) A.H. Sm. & Hessler, *Pholiota spumosa* (Fr.) Singer, *Xeromphalina campanella* (Batsch) Maire.

Для кедра сибирского характерно скрытое течение гнилевых болезней, в этом случае плодовые тела на живых деревьях образуются относительно редко, что вызывает трудности и ошибки в диагностике заболеваний. Количественный учет плодовых тел ксилотрофных макромицетов на пробных площадях в припоселковых кедровниках Томской области показал достаточно низкую зараженность кедра, в среднем 5,5% от количества деревьев на единицу площади. Степень зараженности гнилями достоверно выявляется при зондировании деревьев буром. Так, в результате бурения, в разных кедровниках выявлен довольно большой разброс значений пораженности стволов в зависимости от возраста, конкретных условий произрастания и комплекса негативно воздействующих факторов – от 6,1 до 97,4%, в среднем 50,7%. Таким образом, на пробных площадях зараженность деревьев кедра по результатам бурения примерно в 10 раз выше, чем по данным учета плодовых тел. Исходя из этого, можно считать методику учета плодовых тел для характеристики пораженности болезнями кедровников нецелесообразной. (Э.М. Бусирова)

II НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ РАБОТА

2.1. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧЕНОГО СОВЕТА

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

- утверждение организационной структуры Института
- внесение изменений в Устав
- о результатах комплексной проверки
- обсуждение и утверждение важнейших достижений по итогам уходящего года
- о пожарной безопасности
- отчеты по интеграционным проектам СО РАН
- обсуждение заявок на конкурс интеграционных проектов
- 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 2012 год
- обсуждение и утверждение решений Комиссии по предварительным результатам оценки ПРНД
- об организации учебного процесса
- кадровые вопросы
- о поддержке ходатайства к присвоению почетного звания «Заслуженный деятель науки РФ»
- выдвижение кандидатуры на получение стипендии работникам организаций оборонно-промышленного комплекса
- 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	107 чел.
- чл.-корр. РАН	2 чел.
- докторов наук	14 чел.
- кандидатов наук	60 чел.
- научных сотрудников без степени	32 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

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

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

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

На начало 2011 года численность аспирантов составляла 20 очников и 1 заочник.

По состоянию на 31.12.2011 года послевузовское профессиональное образование с отрывом от производства (очно) получали 17 аспирантов и 1 аспирант заочного обучения. Средний возраст аспирантов 28 лет.

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 31.12.2011г.	
	очно	заочно
01.04.03 – Радиоп физика Шендрик	2	-
01.04.05 – Оптика Петров	1	-
03.02.01 (03.00.05) – Ботаника Суязов, Татаринцева, Хихлова, Груздева, Райская	5	-
03.02.08 (03.00.16) – Экология (по отраслям) Керчев, Ракова, Мизеева, Маркелова, Ветрова	5	-

05.11.07- Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы Кобзев	1	-
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ Полищук	1	-
25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы Морару	1	-
25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология Савельева	1	-
25.00.36 – Геоэкология (по отраслям) Сирицына	-	1
Итого	17	1

В течение 2011 года закончили теоретический курс очного обучения 3 аспиранта (Литвинов, Сандуков, Соколов); восстановились в аспирантуре 3 (Груздева, Кривец, Стучебров). выбыло по собственному желанию 5 аспирантов очного обучения (Афонюшкин, Банников, Кривец, Михель, Толмачева); отчислены за невыполнение планов 2 (Кудрявцев, Мурзинцев); перевелся в аспирантуру ТПУ 1 аспирант (Стучебров).

Из окончивших очную аспирантуру трех аспирантов, трудоустроен временно в ИМКЭС СО РАН на должность младшего научного сотрудника 1; 2 выпускника занимают инженерные должности на 0,5 ставки.

По результатам вступительных экзаменов приемной комиссией приняты на первый курс очной аспирантуры 5 человек, из них выпускников ВУЗов 2011 года: ТГУ – 2 человека (Морару, Райская), Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева – 1 человек (Савельева).

На заседаниях аттестационной комиссии заслушаны отчеты аспирантов очной формы обучения о результатах работы за 2010/2011 учебный год: переведены на второй год обучения 4 (Керчев, Петров, Ракова, Суязов) аспирантов, на 3 год – 7 (Груздева, Кобзев, Мизеева, Полищук, Раков, Сирицына, Татаринцева); а также рассмотрены темы и планы диссертационных работ аспирантов приема 2011 года.

В 2011 году защитили кандидатские диссертации сотрудники Института Васильева Г.В. (выпуск 2008 года), Жук Е.А.(выпуск 2009 года), Шайдуко А.В. (выпуск 2009 года).

Научное руководство аспирантами в течение 2010/2011 учебного года осуществляли доктора наук: Зуев В.В. (1 очник, специальность 25.00.30); Ипполитов И.И. (1 очник, специальность 25.00.29), Красненко Н.П. (3 очника, специальности 01.04.03, 03.02.08, 25.00.29), Крутиков В.А. (1 очника, специальность 05.13.18), Поздняков А.В. (1 очник, специальность 25.00.36), Тартаковский В.А. (1 очник,

специальность 03.02.08); Тимошок Е.Е. (1 заочник, специальность 03.02.01); кандидаты наук: Бородавко П.С. (1 заочник, специальность 25.00.36), Булдаков М.А. (1 очник, специальность 01.04.05), Горошкевич С.Н. (4 очника, специальность 03.02.01), Корольков В.А. (1 очник, специальность 05.11.07), Кривец С.А. (1 очник, специальность 03.02.08). В качестве руководителя аспиранта Ветровой О.В. привлечен доцент кафедры органической химии ТГУ, к.х.н., Гариленко М.А.

На 01.01.2012 года научное руководство осуществляют 11 сотрудников Института и 1 сотрудник ТГУ, из них 6 докторов и 5 кандидатов наук.

Аспиранты участвовали в VI международной конференции «Селекция и генетические ресурсы 5-хвойных сосен» (ИМКЭС СО РАН. 9-12 августа 2011 года), IX Сибирском совещании по климато-экологическому мониторингу (ИМКЭС СО РАН, 3 – 6 октября 2011 года). Доклады, авторами или соавторами которых являлись аспиранты Керчев И.А., Татаринцева И.И., Морару Е.И., Мизеева А.С., Петров Д.В., включены в сборники материалов конференции и совещания.

В ежегодном научном семинаре аспирантов и молодых ученых, проводившемся 2 декабря 2011 г., приняли участие 5 аспирантов. Доклады на английском языке сделал Кобзев А.А.; на русском языке – Морару Е.И., Петров Д.В., Керчев И.А., Мизеева А.С.

Первое место за лучший доклад на русском языке поделили Петров Д.В. и Керчев И.А.; третье место среди докладов на русском Мизеева А.С. поделила с Морару Е.И.

2.3. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

1. Число сотрудников, выезжавших в загранкомандировки в течение года

№ п/п	Ф.И.О.	Сроки выезда	Принимающая организация	Цель выезда	Порядок документально-го оформления работы
1.	Мягков А.С., вед. инженер ЛЭП	15.01.11 – 26.01.11	Научно-исследовательский институт техники датчиков, Харбин, КНР	Чтение лекций и презентация разработок ИМКЭС СО РАН, обсуждение способов сотрудничества	Командировка
2.	Татур В.А., к.т.н., зав. КТЛ	21.05.11 – 05.06.11	VDITechnologiezentrum GmbH, Мюнхен, Германия	Участие в выставке LASER-2011	Командировка

3.	Гордов Е.П., г.н.с. МИЦ КЭИ	02.04.11 – 16.04.11	Оргкомитет Ассамблеи, Вена, Ав- стрия, IIASA, Лак- сенбург, Ав- стрия	Участие в работе Генеральной Ас- самблеи Европей- ского геофизиче- ского союза EGU- 2011 Работа в Междуна- родном институте прикладного си- стемного анализа (IIASA) по подго- товке совместной заявки в 7 рамоч- ную программу ЕС	Командировка
4.	Бородавко П.С., н.с.н ЛСГС	26.05.11– 04.06.11 22.11.11– 01.12.11	Географиче- ский инсти- тут Боннско- го универси- тета, Бонн, Германия Школа гео- графии, Уни- верситет г. Саутгемптон, Великобри- тания	Участие в рабочем совещании по меж- дународному про- екту фонда Volkswagenstiftung академический ви- зит по междуна- родному гранту Королевского Об- щества (Royal Society)	
5.	Литвинов А.В., н.с. ЛСГС	26.05.11– 04.06.11	Географиче- ский инсти- тут Боннско- го универси- тета, Бонн, Германия	Участие в рабочем совещании по меж- дународному про- екту фонда Volkswagenstiftung	
6.	Невидимова О.Г., с.н.с. ЛСГС	19.06.11– 25.06.11	Оргкомитет конферен- ции, Албена, Болгария	Участие в 11- ой международной геоконференции	
7.	Головацкая Е.А., с.н.с. ЛФКС	01.07.11 – 09.07.11	Междуна- родное со- общество водно- болотных угодий, Прага, Чехия	Участие в работе международной конференции «Объединенное за- седание общества водно-болотных угодий, конферен- ция по динамике загрязнителей и управлению водно- болотными угодья- ми и симпозиум по биогеохимии вод- но-болотных уго-	Командировка

				дий»	
8.	Андреев Ю.М., д.ф.-м.н., в.н.с. ЛГБВ	05.07.11– 04.08.11	Националь- ный универ- ситет, Синь- чжу, Тайвань	Научная работа	
9.	Нагорский П.М., в.н.с., ЛФКС	08.08.11 – 12.08.11 10.10.11– 15.10.11	Оргкомитет конферен- ции, Рио-де- Жанейро, Бразилия Оргкомитет конферен- ции, Алушта, Украина	Участие в работе международной конференции “XIV International Con- ference on Atmos- pheric Electricity” Участие в работе IX международной Крымской научной конференции. «Космос и биосфе- ра».	Командировка Командировка
10.	Шелехова Е.А., асп. ЛГБВ	20.08.11– 25.08.11	Оргкомитет конферен- ции, США	Участие в конфе- ренции и Student Chapter Leadership Workshop	Командировка
11.	Ланский Г.В., к.ф.-м.н., с.н.с. ЛГБВ	22.09.11– 31.10.11	Чанчуньский институт оп- тики, точной механики и физики Ки- тайской ака- демии наук, Чанчунь, КНР	Научная работа	Командировка
12.	Харюткина Е.В., м.н.с., ЛФКС	22.10.11– 01.11.11	Оргкомитет конферен- ции, Денвер, США	Участие в работе международной конференции "Climate Research in Service to Society "	Командировка
13.	Титов А.Г., м.н.с. МИЦ КЭИ	26.11.11– 30.12.11	Оргкомитет конферен- ции, Сан- Франциско, США Университет НьюХемп- шира, США	Участие в осенней сессии AGU Научная работа	Командировка

Страна	Всего выездов	Краткосрочные (до 6 месяцев)	Сроком от 6 месяцев до 1 года	Более 1 года
Австрия	2	2	–	–
Германия	3	3		
КНР	2	2	–	–
Тайвань	1	1	–	–
Чехия	1	1	–	–
Бразилия	1	1		
Болгария	1	1		
Великобритания	1	1		
США	3	3		
Украина	1	1		
Итого	16	16	–	–

Из них:

Для научной работы	3
Конференции	11
Переговоры	–
Контракт	–
Стажировка	1
Выставка	–
Чтение лекций	1
Сопровождающий	–
Итого	16

2. Темы, по которым велось сотрудничество и его результаты

№ п/п	Название темы	Зарубежный научный центр	Координаторы работ	Даты начала и окончания работ	Проведенные в 2011 году мероприятия по теме и их результаты
1.	Сравнительное исследование структуры разнообразия болгарских и сибирских видов сосны (<i>Pinus sibirica</i> , <i>P. pumila</i> , <i>P. peuce</i> , <i>P. sylvestris</i> и <i>P. mugo</i>)	Институт леса Болгарской академии наук, 1756 София, Бул. Св. Кл. Охридски	Горошкевич С.Н., зав. лабораторией дендрэкологии ИМКЭС СО РАН, Христо Иванов Цаков, зам. директора	01.04. 2009 – 01.04. 2012	В 2011 г. проводилась обработка совместных научных результатов, готовились совместные публикации
2.	Грант Volkswagen-Stiftung I/83755 «Оценка опасности прорывов природных подпружных озер»	Географический институт университета г. Бонн, Германия, Zentrum Bonn, 53113 Germany	Бородавко П.С., снс ЛСГ ИМКЭС СО РАН, Юрген Хергет (Juergen	2009-2011	Обработаны данные автоматических гидрометрических логгеров, выполнено геоэлектрическое профилирование

	Центральной Азии»	0228 730	Herget)		плотины Маашейского озера, составлены батиметрические карты исследуемых водоемов
3.	Грант Лондонского Королевского общества International Joint Project - 2009/R3 «Ground Penetrating Radar to Elucidate Deposition Processes of Giant Gravel Dunes» (Использование GPR для исследования грядового аккумулятивного рельефа Горного Алтая)	Университет Саутгемптона, University Road Southampton SO17 1BJ	Бородавко П.С., снс ЛСГ ИМКЭС СО РАН, Пол Энтони Карлинг (Paul Antony Carling)	2010-2011	Проведена полевая GPR съемка в пределах четырех разновысотных модельных полигонов. Построена концептуальная модель формирования друмлиновых полей в пределах Курайской межгорной котловины.
4.	Соглашение № DSOCO10116 «Исследование влияния температурного осевого профиля на дефектную структуру монокристаллов цинк-германия дифосфида (ZnGeP ₂)»	НАЦИОНАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ СИНГАПУРА Аллея Парка Науки, 20, Сингапур, 118230	ст.н.с., к.т.н. Верозубова Г.А. старший сотрудник технического штата, ЛИМ Хуа-Вей Джонатан (Lim Hua-Wei Jonatan)	01 февраля 2011 г - 31 октября 2012 г.	Выполнены работы по 1 этапу и представлен Заказчику 1-ый Промежуточный Отчет

3. Посещение ИМКЭС СО РАН иностранными специалистами

№ п/п	Ф.И.О., дата рождения, гражданство	Страна	Учреждение, должность	Цель визита	Даты визита
1.	Вольфганг Вёлкер Wolfgang Völker, 30.10.1959, Германия	Германия	TSI GmbH, Neukoellnerstr, 4 52068 Aachen	Проведение пусконаладочных работ в рамках выполнения контрактов № 2010/35 от 29.06.10 и № 2011/1 от 21.01.11	10.05.2011 – 13.05.2011
2.	Йоргун Мухаррем Сонер Yorgun	США	Мичиганский университет Space Research	Участие в международной конференции по вычислительно-	09.07.2011 – 14.07.2011

	Muharrem Soner, 14.02.1978, Турция		Building University of Michigan 2455 Hayward St. Ann Arbor, MI 48109-2143	информационным технологиям для наук об окружающей среде CITES-2011, 9-13 июля 2011 г.	
3.	Ли Сеюнгкью Lee Seung Kyu 20.07.1958, Респ. Корея	Респ. Корея	Корейский исследовательский институт леса, факультет изучения насекомых и болезней леса 130-7126 52 Hoegiro Dong-daemun-Gu, Seoul, Korea	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	08.08.2011– 12.08.2011
4.	Хан Санг-Урк Han Sang-Urk* Респ. Корея	Респ. Корея	Корейский исследовательский институт леса, факультет развития лесных ресурсов, Suwon 441-847, Korea	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	08.08.2011 – 12.08.2011
5.	Ву Кван-Су Woo Kwan-Soo 28.09.1965, Респ. Корея	Респ. Корея	Корейский исследовательский институт леса, факультет развития лесных ресурсов, 44-3, Omokcheondong, Suwon Kyeonggido 441-847, Korea	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	08.08.2011 – 12.08.2011
6.	Но Юн Вун Noh Eun Woon 18.09.1952, Респ. Корея	Респ. Корея	Корейский исследовательский институт леса, факультет лесных биотехнологий, Omokchundong, Kwonsn-ku Suwon 441-847, Korea	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	0 08.08.2011– 12.08.2011
7.	Хайнце Бертольд Heinze Bertold* Австрия	Австрия	Федеральный исследовательский центр лесов, Вена	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа	05.07.2010– 12.07.2010

				2011 г.	
8.	Ликл Элеоноре Likl Eleonore* Австрия	Австрия	Федеральный исследовательский центр лесов, Вена	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	08.08.2011–11.07.2011
9.	Тангуэй Филипп Tanguay Philippe, 04.07.1973, Канада	Канада	Канадская служба охраны лесов, 1055 rue du PEPS Quebec, G1V4C7, Canada	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	08.08.2011–18.08.2011
10.	Кинг Джон Норман King John Norman, 20.12.1947, Канада	Канада	Служба охраны лесов British Columbia, PO Box 9518 STn Prov Govt Victoria BC V8W9C2	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	08.08.2011–20.08.2011
11.	Томбэк Диана Франсин Tomback Diana Francine, 09.06.1949, США	США	Университет Колорадо, P.O. Box 173364 Denver, Colorado 80217-3364, USA	Участие в 4-й международной конференции по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г.	08.08.2011–20.08.2011
12.	Лех Шайдак, Lech Szajdak, 10.02.1953, Польша	Польша	Институт сельского хозяйства и леса Польской академии наук	Отчет о результатах совместных работ, работа в аналитической лаборатории	28.09.2011–12.10.2011

* Дата рождения не указана, т.к. виза оформлялась не через ИМКЭС СО РАН.

4. Международные научные мероприятия, проведенные ИМКЭС СО РАН

В 2011 г. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН провел 3 международных научных мероприятия:

1. Международную конференцию CITES-2011, Томск, 9 – 13 июля 2011 года совместно с Сибирским Центром климато-экологических исследований и образования (СЦ КЛИО). В конференции приняли участие 130 представителей 41 научной организации. Среди них 14 представителей 5 зарубежных организаций (Швейцария, США, Дания). Российские участники представляли 36 научных институтов: из Томска (6), Москвы (9), Новосибирска (9), Иркутска (3), Кемерово (2), Красно-

ярска (2), Петрозаводска (1), Обнинска (1), Республики Алтай (1), Твери (1), Санкт-Петербурга (1).

Финансовую поддержку оказали: РФФИ (проект 11-05-06040 «г»); Президиум РАН;

NASA и NOAA через программу NEESPI

2. 4-ю международную конференцию по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен, 9-18 августа 2011 г., Томск.

В конференции приняли участие 50 ведущих специалистов из 15 научных учреждений. Среди них 9 иностранных ученых из США, Канады, Австрии и Южной Кореи. Россию представляли исследователи из Красноярска (Институт леса СО РАН), Москвы (Институт общей генетики РАН), Екатеринбурга (Ботанический сад УрО РАН), Иркутска (Сибирский Институт Физиологии и Биохимии Растений и Центр защиты леса республики Бурятия), Новосибирска (Западносибирского филиала Института леса СО РАН, Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН), Барнаула (Институт Водных и Экологических Проблем СО РАН), Горно-Алтайска (Алтайский филиал Центрального Сибирского ботанического сада, Алтайский государственный биосферный заповедник), Петропавловска-Камчатского (Камчатский филиал Тихоокеанского географического института ДВО РАН), Томска (ИМКЭС СО РАН).

Финансовую поддержку оказали: РФФИ; Международный союз организаций по исследованию леса; Томская областная администрация; Томская продовольственная компания;

Алтайский государственный заповедник.

3. 10-ю Международную конференцию "Импульсные лазеры на переходах атомов и молекул - AMPL-2011", 12-16 сентября 2011 года, Томск, совместно с Институтом оптики атмосферы СО РАН, Институтом сильноточной электроники СО РАН, Томским государственным университетом, Сибирским физико-техническим институтом.

В конференции приняли участие 172 научных сотрудника, из них 14 иностранцев (далее зарубежье). Кроме того, в конференции приняли участие в качестве слушателей более 40 аспирантов институтов ТНЦ и студентов ТГУ и ТПУ. Было представлено 110 устных и 123 стендовых доклада.

Финансовую поддержку оказали: Российская академия наук, Москва; Сибирское отделение Российской Академии наук, Новосибирск; Российский Фонд Фундаментальных Исследований, Москва; Американское оптическое общество (OSA), Вашингтон, США; Благотворительный фонд "ДИНАСТИЯ", Москва; Лазерная ассо-

циация, Москва, Россия; Научно-внедренческое предприятие "Топаз", Томск; ЗАО «Научное оборудование», Новосибирск; ООО "ЭЛЕКТРОСТЕКЛО", Москва; Совет молодых учёных ИОА СО РАН, Томск; Совет молодых учёных ТГУ, Томск.

Иностранные участники конференций

№ п/п	Ф.И.О.	Страна
1.	Йоргун Мухаррем Сонер Yorgun Muharrem Soner	США
2.	Ли Сеюнкью Lee Seung Kyu	Респ. Корея
3.	Хан Санг-Урк Han Sang-Urk	Респ. Корея
4.	Ву Кван-Су Woo Kwan-Soo	Респ. Корея
5.	Но Юн Вун Noh Eun Woon	Респ. Корея
6.	Хайнце Бертольд Heinze Bertold	Австрия
7.	Ликл Элеоноре Likl Eleonore	Австрия
8.	Тангуэй Филипп Tanguay Philippe	Канада
9.	Кинг Джон Норман King John Norman	Канада
10.	Томбэк Диана Франсин Tomback Diana Francine	США
11.	Биляна Гакович Biljana Gakovic	Сербия
12.	Милан Тртица Milan Trtica	Сербия
13.	Елена Сташич Jelena Stašić	Сербия
14.	Хюбер Пике Hubert Piquet	Франция
15.	Орельен Хуард Aurelien Houard	Франция
16.	Николай Вучков Nikolay Vuchkov	Болгария
17.	Хамид Латифи Hamid Latifi	Иран
18.	Йохан Визер Jochen Wieser	Германия
19.	Томас Хейндл Thomas Heindl	Германия
20.	Томас Дандл Thomas Dandl	Германия
21.	Пинг Ян Ping Yan	Китай
22.	Джу Ванг Jue Wang	Китай
23.	Ченг Жанг Cheng Zhang	Китай
24.	Нан Джанг Nan Jiang	Китай

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
3. Шелехова Евгения Александровна – SPIE Student Member

В 2011 году получены награды международных научных организаций:

1. Бородавко П.С. присвоено звание и нагрудный знак «Почетный гражданин Ховаского Аймака Монголии», 01.11.2011 г.
2. Харюткина Е.В. была награждена дипломом за лучший постер на конференции "Climate Research in Service to Society " Денвер, штат Колорадо, США.

2.4. ИТОГИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.4.1. ПУБЛИКАЦИИ

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

	2007	2008	2009	2010	2011
Публикации	302	241	367	388	
Монографии (учебные пособия)	3 (1)	3 (1)	4 (1)	6 (1)	8(2)
Статьи в рецензируемых журналах	35	57	84	83	70
Статьи в зарубежных журналах и сборниках	16	10	12	14	22
Доклады на симпозиумах	219	170	259	284	249
Международные	102	153	113	235	145
Российские	102	14	140	37	103
Региональные	12	15	3	6	10
Участие в выставках	10	9	7	6	11

2.4.2. ОХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

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

В 2011 году подано 6 заявок на изобретение: 1. Регистрационная кювета для фототермоакуст.газоанал. Корольков В.А., Петров Д.В.(2/11); 2. Актинометрический приемник Тихомиров А.А, Ерофеев В.Я., Зуев С.В., Выборнов П.В. (4/11); 3. Многопроходная оптическая система для возбуждения спектра комбинационного рассеяния, Булдаков М.А., Корольков В.А., Петров Д.В., Матросов И.И.(5/11); 4. Сп.дистанционного измерения скорости ветра, Корольков В.А. (6/11); 5. Эффективная оптическая система сбора рассеянного излучения для раман-спектрометра, Булдаков М.А., Корольков В.А., Матросов И.И., Петров Д.В. (7/11); 6. Способ определения оптимального уровня легирования нелинейн. Кристалл.(8/11); подана

совместно с ИОА 1 заявка на полезную модель «Поляризационный анализатор многоволнового лидара», Симонова Г.В. (ИМКЭС СО РАН), Коханенко Г.П., (ИОА) Балин Ю.С. (ИОА). Договор о взаимном патентовании.

Получено решений о выдаче патента на изобретения: 1. Генератор импульсов напряжения Татур В.В., Мутницкий Н.Г.(4/09); 2. Способ дистанционного обнаружения лесных пожаров, Зуев В.В. (3/10); 3. Генератор импульсов с инверсией напряжения Татур В.В., Мутницкий Н.Г.(6/10).

Получено решений о выдаче патента на полезную модель: Поляризационный анализатор многоволнового лидара, Симонова Г.В. (ИМКЭС СО РАН), Коханенко Г.П., (ИОА) Балин Ю.С. (ИОА) Договор о взаимном патентовании.

Получено 6 патентов: 1. 2405293 Способ очистки отчужденных территорий от нежелательной растительности Панов и др.(7/08); 2. 2408862 Способ определения фокусного расстояния оптической системы. Зуев С.В.(4/08); 3. 2421709 Оптический абсорбционный газоанализатор Ерофеев В.Я., Выборнов П.В (2/09); 4. 2422983 Генератор импульсов напряжения Татур В.В., Мутницкий Н.Г(4/09); 5. 2430348 Способ определения фокусного расстояния двух оптических систем. Зуев С.В.(6/08); 6. 2433160 Способ дистанционного обнаружения лесных пожаров Зуев В.В.(3/10).

Зарегистрирована 1 программа для ЭВМ: «Программа Имитационного моделирования пространственно-временной структуры полей термокарстовых озер» Полищук В.Ю. (1/11).

Сведения о реализации объектов интеллектуальной собственности в 2011 г.

Зарегистрирован в ФИПС: **1. Лицензионный договор: № РД0085642**, дата регистрации 17.08.2011, № патента 2244291, Двухкомпонентный оптический газоанализатор, исключительная лицензия. Страны патентования – Российская Федерация. Лицензиары: ИМКЭС СО РАН, ООО «Сибаналитприбор». 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 10.12.2022г.

По настоящему договору Лицензиары предоставляют Лицензиату в качестве оплаты доли в уставном капитале исключительную лицензию на использование изобретения по патенту 2244291(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).

2.4.3. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ

№ п/п	Наименование выставки (ранг)	Место и время проведения	Участие (демонстрируемые приборы, стенды, экспозиции и т.д.)	Награды (участники)
1	Посещение НИИ техники датчиков с целью представления наших научных разработок	КНР, Харбин 16-26 января	Рекламные материалы наших разработок	Мягков А.С.
2	Международная выставка «LASER'2011»	г. Мюнхен (Германия), Комплекс «Новая Мюнхенская Выставка» 23-26 мая	Источник питания для лазера на парах бромида меди, монокристаллы ZnGeP ₂ (планшеты и рекламные материалы)	Татур В.В.
3	Инновационный форум «Innovus 2011».	г. Томск, 26-27 мая	Проект «Биогаз улучшенный»; АМК-03	Мягков А.С., Кобзев А.А.
4	IX Международная выставка высокотехнологичной техники и вооружений «ВТТВ-ОМСК-2011»	г. Омск, 6-9 июля, РВК «Континент»	Переносной метеокомплекс АМК-03 – действующий образец; метеокомплекс 1Б65 – видеофильм; метеокомплекс 1Б65Б видеофильм; Информационно-измерительная система «ИВС-МЕТЕО-Z» - 5 действующий образец.	Корольков В.А.
5	Учебно-методический сбор с руководящим составом РСЧС и ГО томской области	г. Томск 4 августа	АМК-03; Измерительно-вычислительная система ИВС МЕТЕО-3	Корольков В.А. Кобзев А.А.
6	Выставка «Сибполитех-2011»	г. Новосибирск, 18-21 октября	АМК-03; Система метеонаблюдений метеотреугольник-01 - к/ролик; СКР-газоанализатор для анализа природного газа - планшет; Беспилотник Эллекард-БПЛА-01 - планшет; Система автоматического учета в ЖКХ – действ.макет; Биогазовый генератор БИОГАЗ-ТРИ – к/ролик; Системы контроллинга подземных и наземных коммуникаций КПК-	Мягков А.С.

			01 – действ.макет	
7	ООО «ITE Сибирская ярмарка» Международная выставка СибПолитех Всесибирский промышленный форум Электросиб. Сибэнергия. Энерго- и ресурсосбережение. Сибэнерго-маш. Газификация Сибири. Сибгород. ЖКХ. ЭкоСиб. Наука Сибири	г. Новосибирск, 16-19 октября	АМК-03, Биогазовый генератор БИОГАЗ-ТРИ – к/ролик; Система автоматического учета в ЖКХ – действ.макет; Системы контроллинга подземных и наземных коммуникаций КПК-01 – действ.макет	Мягков А.С. Благодарственное письмо за участие в выставке
8	Торгово-экономическая миссия предприятий г. Томска и Томской области в Социалистической Республике Вьетнам (г. Вунгтау и г. Хошимин)	15 - 21 октября Социалистическая Республика Вьетнам (г. Вунгтау и г. Хошимин)	АМК-03; СКР-газоанализатор для анализа компонентного состава природного газа.	Корольков В.А. (в качестве представителя ООО «Сибаналитприбор»)
9	13-ая Межрегиональная специализированная выставка-ярмарка «Средства и системы безопасности. Антитеррор»	г. Томск 14 - 16 декабря ТМДЦ «Технопарк» в рамках IX Всесибирского форума безопасности	Установка акустического воздействия и вещания «УАВ-01Т» (совместная разработка ТУСУРа и ИМКЭС СО РАН)	Раков Д. Красненко Н.П. Диплом конкурса «Сибирские Афины» в номинации «Новые научные разработки и технологии»
10	13-ая Межрегиональная специализированная выставка-ярмарка «Средства и системы безопасности. Антитеррор»	г. Томск 14 - 16 декабря ТМДЦ «Технопарк» в рамках IX Всесибирского форума безопасности	Переносной метеокомплекс АМК-03П – действующий образец; Переносной метеокомплекс АМК-Б – действующий образец;	Корольков В.А. Диплом конкурса «Сибирские Афины» в номинации «Новые научные разработки и технологии»
11	Постоянно действующая выставка СО РАН	Новосибирск	ДОГ-1, РГА-11, Монокристаллы ZnGeP ₂ , МГР-01, АМК-03, «Фаза», «Прочность-1»	

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;

2.4.4. ПРОВЕДЕНИЕ КОНФЕРЕНЦИЙ

<i>Название и тема мероприятия (ранг)</i>	<i>Место проведения, ответ- ственная за проведение орга- низация</i>	<i>Даты проведения</i>
Международная конференция CITES-2011	г. Томск ИМКЭС СО РАН	9 – 13 июля 2011 г.
4-я международная конференция по селекции и генетическим ресурсам 5-ти хвойных сосен	г. Томск ИМКЭС СО РАН	9-18 авгу- ста 2011 г.
10-я Международная конференция "Импульсные лазеры на переходах атомов и молекул - AMPL-2011"	г. Томск ИМКЭС СО РАН	12-16 сен- тября 2011 г.
IX Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу	г. Томск ИМКЭС СО РАН	3-6 октяб- ря 2011 г.

2.4.5. УЧАСТИЕ В РЕАЛИЗАЦИИ ФЦП

1 проект в ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2008 - 2012 годы»

1 проект в Государственной программе вооружения. Государственный оборонный заказ на 2011 год.

2.4.6. СВЯЗЬ С ВУЗАМИ

Наличие	Количество	Название вуза
факультета, для которого институт является базовым		
филиала вуза в институте		
учебно-научного центра по подготовке высококвалифицированных специалистов		
совместных кафедр с вузами		
совместных лабораторий с вузами		
совместной научной инфраструктуры: экспериментальных стендов, полигонов, информационно-коммуникационных сетей и т.д.		
других образовательных учреждений, созданных с участием научных учреждений СО РАН (указать вид учреждения) 1. Филиал кафедры метеорологии и климатологии ТомГУ		ТГУ

2. Филиал кафедры электронных приборов ТУСУР		ТУСУР
3. Филиал кафедры радиотехнических систем ТУСУР		ТУСУР
4. Филиал кафедры «Оптико-электронные системы и дистанционное зондирование»		ТГУ
5. Филиал Отделения послевузовского профессионального образования		ТУСУР
6. Некоммерческое партнерство «Сибирский центр климато-экологических исследований и образования»		ТГУ, ТУСУР
7. Научно-образовательный центр мониторинга геосферно-биосферных изменений (НОЦ МГБИ)		ТГУ, Югорский государственный университет

На совместных кафедрах обучаются 26 студентов 3-5 курсов и 8 магистрантов. Непосредственно в Институте под руководством научных сотрудников выполняют дипломную работу или магистерские диссертации 46 студента и 32 студентов выполняли курсовые работы.

Научные сотрудники, участвующие в работе со студентами, магистрантами и аспирантами:	Общее число	Доктора наук	Кандидаты наук
- преподают в вузах	17	6	11
- руководят дипломными проектами,	19	2	12
- руководят магистерскими диссертациями	16	1	14
- руководят аспирантами	13	9	2

Учебные пособия:

1. Донченко В.А., Кабанов М.В., Кауль Б.В., Самохвалов И.В. Атмосферная электрооптика: учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ. 2010. 220 с.
2. Донченко В.А., Кабанов М.В., Кауль Б.В., Самохвалов И.В. Физические основы электрооптики аэрозольной атмосферы: учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ. 2010. 180 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	Кабанов Михаил Всеволодович	профессор кафедры, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН	ТГУ
10	Копысов Сергей Геннадьевич	доцент кафедры, к.г.н.	
11	Красненко Николай Петрович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТУСУР
12	Мягков Александр Сергеевич	ст. преподаватель	ТУСУР
13	Нагорский Петр Михайлович	профессор кафедры, д.ф.-м.н.	ТГУ
14	Поздняков Александр Васильевич	профессор кафедры, д.г.н	ТГУ
15	Пучкин Алексей Васильевич	доцент кафедры, к.г.н.	ТГУ
16	Симонова Галина Владимировна	старший преподаватель, к.т.н.	ТГУ
17	Тихомиров Александр Алексеевич	профессор кафедры, д.т.н.	ТУСУР
18	Чернова Наталья Александровна	доцент кафедры, к.б.н.	ТГУ

2.5. ОФИЦИАЛЬНОЕ ПРИЗНАНИЕ

Почетной грамотой СО РАН награждены 4 сотрудника (Булдаков М.А., Генина Е.Ю., Ипполитов И.И., Татур В.В.). Почетной грамотой Администрации Томской области награждены д.ф.-м.н. И.И.Ипполитов и д.ф.-м.н. П.М.Нагорский. Почетной грамотой Администрации г. Томска награждена к.б.н. Бендер О.Г. Почетной грамотой ТНЦ СО РАН награждены 6 сотрудников (Васильева Г.В., Ипполитов И.И., Мутницкий Н.Г., Симонова Г.В., Филиппов М.М., Тихомирова Т.В.). 5 сотрудникам Института присвоено звание «Заслуженный ветеран СО РАН» (Краснова Т.А., Малетина З.П., Петров М.А., Роот А.Г., Шуринова Л.А.). Стафееву П.Г. присуждена стипендия Президента РФ для работников организаций оборонно-промышленного комплекса РФ (на 2010-2012 гг.). Гейко П.П., д.ф.-м.н., избран чл.-корр. РАН. Андреев Ю.М., д.ф.-м.н., награжден дипломом профессора Китайской академии наук. Бородавко П.С., к.г.н., награжден медалью «Почетный гражданин Ховдского Аймака Монголии». Аспирант Сандуков Ц.Д. получил грант американского акустического общества (ASA International Student Grant).

Харюткина Е.В. получила диплом победитель в конкурсе докладов на конференции *Climate Research in Service to Society* (24-28 October 2011, Denver, CO, USA).

3 сотрудника Института выиграли конкурс молодых ученых на получение «президентских ставок» (Ланский Г.В., Окладников И.Г., Шайдуко А.В.). Успешно защищены 1 докторская диссертация (Горошкевич С.Н.) и 3 кандидатские диссертации (Васильева Г.В., Жук Е.А., Шайдуко А.В.).

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Сведения о научных исследованиях, выполненных за 2011 г.

Сведения о научных исследованиях		Количество тем	Финансирование (тыс. руб.)
1.	Гранты и конкурсные проекты	всего:	43
			22007
2.	<i>В том числе</i>		
3.	Президентские программы:	количество	
4.		<i>количество законченных</i>	
5.	государственные научно-технические программы (ФЦП)	<i>количество заданий</i>	2
			12500
6.		<i>количество законченных</i>	1
7.	региональные программы	<i>количество</i>	2
			2400
8.		<i>количество законченных</i>	2
9.	гранты РФФИ	<i>количество</i>	20
			3889
10.		<i>количество законченных</i>	13
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>	15
			2646
16.		<i>количество законченных</i>	11
17.	соглашения с зарубежными партнерами	<i>количество</i>	4
			572
18.		<i>количество законченных</i>	3
19.	Программы СО РАН + РАН (всего)	<i>количество тем</i>	31
			132557
20.		<i>количество законченных тем</i>	23
	<i>в том числе</i>		

21.	<i>Базовое финансирование</i>	<i>количество тем</i>	8	118347
22.		<i>количество закончен- ченных тем</i>	0	
23.	Программы СО РАН	<i>количество тем</i>	23	14210
24.		<i>количество закончен- ченных тем</i>	23	
	<i>в том числе</i>			
25.	интеграционные проекты	<i>количество тем</i>	8	5850
26.		<i>количество закончен- ченных тем</i>	8	
27.	молодежные проекты	<i>количество тем</i>	1	210
28.		<i>количество закончен- ченных тем</i>	1	
29.	поддержка экспедиций и стационаров	<i>количество тем</i>	7	830
30.		<i>количество закончен- ченных тем</i>	7	
31.	программа производства импортозамещающего оборудования, поддержка музеев	<i>количество тем</i>	6	6140
32.		<i>количество закончен- ченных тем</i>	6	
33.	СО РАН (Программы Президиума РАН)	<i>количество тем</i>	1	1180
34.		<i>количество закончен- ченных тем</i>	1	
35.	СО РАН (Программы Отделений РАН)	<i>количество тем</i>		
36.		<i>количество закончен- ченных тем</i>		
37.	Программы Президиума РАН	<i>количество тем</i>		
38.		<i>количество закончен- ченных тем</i>		
	Финансирование (тыс. руб.)			
39.	Бюджетное финансирование СО РАН (всего)		132557	
	<i>в том числе</i>			
40.	<i>базовое финансирование</i>		118347	
41.	<i>Число проектов</i>		8	
42.	<i>Законченных проектов</i>		0	
43.	<i>Программы СО РАН и РАН (средства СО РАН)</i>		14210	
44.	<i>Число проектов</i>		23	

45.	<i>Законченные проекты</i>	23
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	22007
51.	<i>Число проектов</i>	43
52.	<i>Законченных проектов</i>	30
53.		
54.	Прочее финансирование (аренда + прочее)	8692
55.	ИТОГО: Общий объем финансирования	163256
	Производственный потенциал	
56.	<i>Общие площади (кв .м)</i>	29306,6
57.	<i>Основные фонды (млн. руб)</i>	679
	Затраты (в том числе з/п)	
	(тыс. руб.)	
58.	<i>Затраты (всего)</i>	161855
59.	<i>в том числе заработная плата</i>	82196,6
	Средняя з/п сотрудников учреждения,	
	средняя з/п научных сотрудников	
	(тыс. руб.)	
60.	<i>Средняя з/п</i>	27,5
61.	<i>Средняя для нс</i>	34,8
	Количество научных сотрудников,	
	увеличившихся за отчетный период	
62.	<i>докторов наук</i>	0
63.	<i>кандидатов наук</i>	0
64.	<i>научных сотрудников без степени</i>	1
65.	ИТОГО	1

ПРИЛОЖЕНИЕ
к ОТЧЕТУ О НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИМКЭС СО РАН за 2011 год

Сведения о деятельности коммерческих и других организаций,
в число учредителей которых входит ИМКЭС СО РАН

№№ п/п	Название организации с указанием организационно-правовой формы, дата учреждения. Выделить созданные по 217 – ФЗ.	Учредители (указать всех учредителей, включая физических лиц), процентная доля участия учредителей	Почтовый адрес организации, ф.и.о. и телефон руководителя	Численность (чел.) штатная / внештатная	Продукция (специализация)	Взаимоотношения между организацией и институтом-учредителем (аренда производственных площадей, аренда производственных мощностей, привлечение к работе сотрудников института и др.)
1	2	3	4	5	6	7
1	Некоммерческое партнерство «Сибирский центр климатологических исследований и образования», создан 1 июля 2002 г.	ТГУ (23.75%); ТУСУР (23.75%); ИХН СО РАН (23.75%); ИМКЭС СО РАН (23.75%); МНОТЦ (5%).	634055 Томск, Пр. Академический 10/3 Гордов Евгений Петрович, (3822) 492187	0/15	Организация международного сотрудничества и проведение международных конференций и школ молодых ученых	Аренда производственных площадей и привлечение к работе сотрудников института
2	ООО ЗОНД -НТЦ, создан 19 декабря 1987г	ИМКЭС СО РАН -8%, ИОА СО РАН – 12%, ООО «МНПО – ЗОНД» - 80%	634021 г. Томск, пр. Фрунзе, № 115 Расколеко В.А., тел. (3822) 444270	0/8	Организация использования в производстве новой техники, материалов и технологий	Взаимодействие на основе хозяйственных договоров

3	ООО «Специальное конструкторское бюро научного приборостроения «Академприбор» Создано по 217-ФЗ	ИМКЭС СО РАН – 34%; ООО «Сибирский аналитический прибор» - 66%	634055, г. Томск, просп. Академический 10/3. Чурсин Владимир Анатольевич, тел. (3822) 492205	5	Разработка средств измерений	Аренда производственных площадей, привлечение к работе сотрудников Института.
4	ООО «Академэкология» Создано по 217-ФЗ	ИМКЭС СО РАН – 33,4%; некоммерческое партнерство «Инкубатор инновационных технологий «Аккорд» - 26,6%; Шелевой Виталий Валентинович – 40 %	634055, г. Томск, просп. Академический 10/3. Ковалев Александр Александрович, тел. (3822) 491264	3	Услуги благоустройства	Аренда производственных площадей, привлечение к работе сотрудников Института.
5	ООО «Элекард БПЛА» Создано по 217-ФЗ	ИМКЭС СО РАН – 34%; ЗАО «Элекард Девайсез» - 66%	634055, г. Томск, просп. Академический 10/3. Тел. (3822)	2	Разработка электроники и программного обеспечения	Аренда производственных площадей, привлечение к работе сотрудников Института.

Сведения о коммерческих и других организациях, работающих на базе научно-технического задела ИМКЭС СО РАН

№№ п/п	Название организации	Почтовый адрес организации, ф.и.о. и телефон руководителя	Продукция (специализация)	Институт-разработчик с указанием названия разработки	Форма участия института (лицензионное соглашение, передача ноу-хау, совместное производство и другие оформленные договором отношения)
1	2	3	4	5	6
1	ООО «Сибаналитприбор»	634055, Томск, пр. Академический 10/3 8 (3822) 49-18-85 Азбукин Александр Анатольевич	Научное приборостроение	ИМКЭС СО РАН, Многоканальный геофизический регистратор МГР-01, Автоматизированный метеокомплекс АМК 03	Лицензионное соглашение, совместное производство
2	ООО «Сибмединструмент»	634055, Томск, пр. Академический 10/3 8 (3822) 49-18-85 Азбукин Дмитрий Анатольевич	Медицинское приборостроение и изготовление мединструмента	ИМКЭС СО РАН, Технологическое обеспечение	Хоздоговорные отношения, в т. ч. арендные
3	ООО «Лаборатория оптических кристаллов»	634055, Томск, ул. 30-летия Победы, д. 9, 49 8 (3822) 49-22-03 Грибенюков Александр Иванович	Разработка и изготовление термического оборудования. Выращивание кристаллов	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, в т. ч. арендные
4	Томский университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)	634050, г.Томск, пр.Ленина, 40 Проректор ТУСУР по научной работе Ремпе Николай Гербертович	методика оценки распространения акустических волн на приземных трассах и акустическое зондирование тропосферы	ИМКЭС СО РАН	Государственный контракт № ОК-16/9574/09

5	ООО НПО «Мостовик»	644080, Россия, г. Омск пр. Мира, д.5, корп.5 Генеральный директор Шишов Олег Владимирович	Разработка, изготовление и передача многоканальной измерительной системы ФАЗА-1	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема 7-2010-ЛГИТ
6	Томский государственный педагогический институт,	634061, г. Томск, ул. Киевская, 60 Проректор по научной и инновационной работе ТГПУ Осетрин Константин Евгеньевич	Изготовление трёх болотных измерителя (АБИ)	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема 1-2011-ЛГИТ
7	ООО «ГЕОТЭК»	119602, г. Москва, Мичуринский проспект, ул. Олимпийская Деревня, д.3. Генеральный директор Задериголова Михаил Михайлович	Обоснование проектных решений по созданию полигона мониторинга опасных геологических процессов на газопроводе «Дзуарикау-Цхинвал» радиоволновым методом.	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема 2-2011-ЛГИТ
8	ООО «ГЕОТЭК»	119602, г. Москва, Мичуринский проспект, ул. Олимпийская Деревня, д.3. Генеральный директор Задериголова Михаил Михайлович	Обустройство полигона мониторинга опасных геологических процессов радиоволновым методом на газопроводе эксплуатации ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема 3-2011-ЛГИТ

9	ООО «ДорСиб»	634003, г. Томск- 3, ул. Пушкина 40/1, Генеральный директор Есипов Сергей Иванович	Научно-технические услуги по настройке, юстировке технических параметров и проверке метрологических характеристик многоканальной измерительной системы вертикальных перемещений ФАЗА-1	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема 4-2011-ЛГИТ
10	ООО «ГЕОТЭК»	119602, г. Москва, Мичуринский проспект, ул. Олимпийская Деревня, д.3. Генеральный директор Задериголова Михаил Михайлович	Реконструкция полигона мониторинга опасных геологических процессов радиоволновыми методами на газопроводе эксплуатации ООО «Газпром трансгаз Чайковский»	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема 5-2011-ЛГИТ
11	Закрытое акционерное общество «Экспертно-технический центр»	350089, Россия, г. Краснодар, ул. Бульварное кольцо 7, оф. 109 Ген. директор Романенко Владимир Григорьевич	Разработка, изготовление и передача многоканальной измерительной системы «Фаза-1»	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема 7-2011-ЛГИТ
12	Томский государственный университет	634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 Проректор по научной работе Дунаевский Григорий Ефимович	Методика радиоуглеродного датирования	ИМКЭС СО РАН	Хоздоговорные отношения, тема № 230

Кроме этого, совместно с Филиалом ФГУ “Рослесозащита” – “Центр защиты леса Томской области” проведены исследования очагов массового размножения нового опасного вредителя пихты сибирского - уссурийского полиграфа. В ходе коллективной натурной тренировки по организации и ведению лесопатологического мониторинга для лесопатологов Сибири и Дальнего Востока проведены лекция-презентация об уссурийском полиграфа и экскурсия в поврежденные древостои (С.А.Кривец).

Для Томского лесничества проведена оценка состояния пихтовых древостоев, поврежденных уссурийским полиграфом, определена степень деградации древостоев, распространенность и уровень численности вредителя, даны рекомендации для проведения лесохозяйственных мероприятий. (С.А.Кривец).

Экспертная деятельность.

На основе обследования состояния городских древесных насаждений (сосновых в районе Потаповых лужков и пихтовых в районе Лагерного сада) направлено 2 акта с рекомендациями необходимых мероприятий по оздоровлению насаждений в Департамент охраны природы и природопользования Администрации г. Томска.

СВЕДЕНИЯ О ПУБЛИКАЦИЯХ ИМКЭС СО РАН за 2011 год МОНОГРАФИИ.

1. Донченко В.А., **Кабанов М.В.**, Кауль Б.В., Самохвалов И.В. Атмосферная электрооптика: учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ. 2010. 220 с.; 12,8 усл.-печ.л.
2. Донченко В.А., **Кабанов М.В.**, Кауль Б.В., Самохвалов И.В. Физические основы электрооптики аэрозольной атмосферы: учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ. 2010. 180 с.; 10,5 усл.-печ.л.
3. Carling P.A., Knappen, M, **Borodavko, P.**, Herget, J. and Huggenberger, P. (2011). Palaeoshorelines of glacial Lake Kuray–Chuja, south-central Siberia: form, sediments and process. *Ice-Marginal and Periglacial Processes and Sediments, GSL Special Publications 354*, 111-128. (doi:10.1144/SP354.7); 1,6 усл.-печ. л.
4. **Савчук Д.А., Николаева С.А.** Рост и плодоношение кедра сибирского: Временная изменчивость и взаимосвязь. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 226 с.; 12,2 усл.-печ. л.
5. **Бляхарчук Т.А.**, Герасимчук И.В., Гуза Г.Ф., Каменова И.Е., Кокорин Ф.О., Парфенова, Ранькова Э.Я., Е.И.Семенов В.А., Чебакова Н.М. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона. Оценочный доклад. WWF, Россия. 2011. 167 с.; 3,5 усл.-печ.л.
6. **Копысов С.Г.** Ландшафтная гидрология геосистем лесного пояса Центрального Алтая. – Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2011. -150с.; 4,8 усл.-печ. л.
7. Capacitors: Theory, Types and Applications. Editor: A.L.Schulz. Nova Science Publishers, Inc. (2011). **Tatur V.V.** Voltage Stabilization Using a Storage Capacitor. Pp. 21-41; 1,2 усл.-печ. л.
8. The Earth’s Core: Structure, Properties and Dynamics. Editor: Jon M. Phillips. Nova Science Publishers, Inc. (2011). **Malyshkov Yu.P., Malyshkov S.Yu.** Eccentric Motion of the Earth’s Core and Lithosphere: Origin of Deformation Waves and their Practical Application. Pp. 115-212; 9,6 усл.-печ.л.
9. **Buldakov M.A.**, Cherepanov V.N. Asymptotic model of exchange interactions for polarizability calculations of van der Waals complexes. In book “Atomic and molecular nonlinear optics: Theory, experiment and computation”, Editors G. Maroulis, T. Bancewicz, B. Champagne and A.D. Buckingham, Amsterdam: IOS Press, 2011. 544 p.; 1,7 усл.-печ. л.
10. **Бех И.А., Кривец С.А., Бисирова Э.М.** Кедр – жемчужина Сибири. 2-е издание. – Томск: Изд-во “Печатная мануфактура”, 2011. 54 с.; 18,4 усл.-печ. л.

СТАТЬИ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЖУРНАЛАХ

1. Пхалагов Ю.А., Ужегов В.Н., Польшкин В.В., Козлов В.С., Ипполитов И.И., Нагорский П.М. Исследования изменчивости и взаимосвязи оптических и электрических характеристик приземной атмосферы в зимних условиях // *Оптика атмосферы и океана.*- 2011.- Т. 24.- № 4.- С. 269-274.
2. Золотов С.Ю., Ипполитов И.И., Логинов С.В., Лучицкая И.О., Белая Н.И. Сравнение данных реанализа NCEP/NCAR профилей температуры почвы с данными измерений сети станций на территории Западной Сибири // *Криосфера Земли.*- 2011.- т.15.- № 2.- с. 14–20.
3. Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А. Сезонная и суточная динамика эмиссии CO₂ с поверхности олиготрофной торфяной почвы//*Метеорология и гидрология.* - 2011.- №6.- с.84-93.
4. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Логинов С.В., Поднебесных Н.В., Харюткина Е.В. Роль циркуляционных факторов в потеплении климата Сибири // *Вестник Томского государственного университета.*- 2011.- №346. - С. 174-180.
5. Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Поднебесных Н.В., Харюткина Е.В. Влияние атмосферной циркуляции на температурный режим //*Оптика атмосферы и океана.*- 2011.- Т.24.- № 1.- с.15-21.

6. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Соколов К.И., Харюткина Е.В. Изменчивость составляющих теплового баланса поверхности азиатской территории России в период современного глобального потепления // Оптика атмосферы и океана. -2011.-Т.24.- № 1.- С.22-29.
7. Дубровская Л.И., Дроздова Д.В., Логинов С.В. Закономерности циклических колебаний водного стока рек Западной Сибири // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Водные ресурсы.- 2011.- Т.13.- № 1(6). - С. 1425-1429.
8. Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Смирнов С. В. Концепция сетевого мониторинга природно-климатических процессов в Сибири // Оптика атмосферы и океана.- 2011.- Т. 24.- № 1.- С. 7–14.
9. Трошкин Д.Н., Кабанов М.В., Павлов В.Е., Романов А.Н. Функция распределения оптических толщ облаков над Западно-Сибирской низменностью // Доклады Академии Наук.- 2011. - Т.436.- №2.- С.258-261.
10. Кабанов М.В., Тихомиров А.А. Предисловие редакторов к спецвыпуску журнала // Оптика атмосферы и океана. - 2011.- Т.24. - №1. - С.5-6.
11. Белов В.В., Буркатовская Ю.Б., Красненко Н.П., Тарасенков М.В., Шаманаева Л.Г. Статистические оценки вклада многократного рассеяния при распространении акустического излучения в плоско-стратифицированной движущейся турбулентной атмосфере// Известия вузов. Физика. – 2011. - № 11. – С. 100 – 105.
12. Белов В.В., Буркатовская Ю.Б., Красненко Н.П., Шаманаева Л.Г. Применение метода Монте-Карло в атмосферной акустике // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. - № 12. – С. 1072 – 1077.
13. Зуев В.В., Нагорский П.М. Метод оценки состояния области D ионосферы радиосредствами космического базирования // Исследование земли из космоса. – 2011. – № 4. – С.33–40
14. Зуев В.В., Зуева Н.Е., Зотикова А.П., Бендер О.Г., Правдин В.Л. Комплексные исследования отклика фотосинтетического аппарата ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) на воздействие УФ-В-радиации. //Журнал Сибирского федерального университета Серия «Биология». – 2010.- Т. 3.- № 4.- с. 391-406
15. Бондаренко С.Л. Использование метода «Гусеница» для оценки влияния вариаций климатических параметров на ширину годовых колец.// Научная перспектива. -2011.- № 12.- С. 58-61.
16. Ю.М. Андреев, В.В. Зуев, А.А. Ионин, И.О. Киняевский, Ю.М. Климачёв, А.Ю. Козлов, А.А. Котков, Г.В. Ланский, А.В. Шайдуко Удвоение и смещение частот излучения лазеров на монооксиде углерода в нелинейных кристаллах $ZnGeP_2$ и $GaSe$ // Оптический журнал.- 2011.- Т. 78.- № 2.- С. 26-29.
17. В.А. Герасимов, В.В. Герасимов. Двухуровневые лазеры, генерирующие на переходах в основное состояние.// Изв. Вузов. Физика. - 2011- №3.-. С. 62-71.
18. В.А.Герасимов, В.В.Герасимов, А.В.Павлинский Оптимальные частоты следования импульсов возбуждения в лазере на парах тулия. // Квантовая электроника. – 2011. – Т. 41.- №1.- С. 8-12.
19. В.А.Герасимов, В.В.Герасимов. Исследование лазера на парах меди при накачке цугами затухающих синусоидальных импульсов возбуждения. //ЖТФ.- 2011. - № 81(1).- С. 153-156.
20. П.О. Казинский, М.А. Шипуля Асимптотическое разложение однопетлевого Ω -потенциала квантовых полей с квадратичным законом. //Изв. ВУЗов. Физика.- 2011. - №54(5).- С.27-36.
21. Е.П. Гордов, В.Ю. Богомолов, Е.Ю. Генина, Т.М. Шульгина. Анализ региональных климатических процессов Сибири: подход, данные и некоторые результаты // Вестник НГУ. Серия информационные технологии. – 2011. – Т. 9. – Вып. 1. – С. 56-66.
22. Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г. Использование Веб-ГИС технологий для разработки информационно-вычислительных систем для анализа пространственно-привязанных данных // Вестник НГУ, Серия: Информационные технологии. 2011.– Т.9.– вып. 4. с. 94-102.

23. Максимов В.Г., Симонова Г.В., Тартаковский В.А. Восстановление волнового фронта с малыми деформациями из выборки интерферограмм с различным числом и ориентацией интерференционных полос. // Оптика атмосферы и океана.- 2011. – Т. 24.- №8.- с. 691-697
24. Максимов В.Г., Тартаковский В.А., Полещук А.Г., Маточкин А.Е., Насыров Р.К., Метод повышения точности восстановления волнового фронта по набору интерферограмм // Автоматрия.- 2011.- Т. 47.- № 6.- с. 82-91
25. Волков Ю.В., Тартаковский В.А. Алгоритм анализа площадей годичных слоев деревьев. // Известия ТПУ.- 2010.- Т. 319.- №5. – с. 112-117.
26. Тартаковский В.А., Кусков А.И. О признаках согласованности природно-климатических процессов. // Оптика атмосферы и океана.- 2011.- 24.- №1.- с. 35-39.
27. Крутиков В.А., Полищук В.Ю., Полищук Ю.М. Информационно-моделирующая система для исследований динамики климатических и геокриологических процессов на территории многолетней мерзлоты // Оптика атмосферы и океана. – 2011. - Т. 24. - № 1. - С. 40-46.
28. Полищук Ю.М., Полищук В.Ю. Имитационное моделирование полей термокарстовых озер на территории многолетней мерзлоты. // Информационные системы и технологии. - 2011. - № 1 (63). - С. 53 - 60.
29. Полищук Ю.М., Полищук В.Ю. Моделирование пространственно-временной динамики термокарста в зонах многолетней мерзлоты // Информационные системы и технологии. - 2011. - № 3.- С. 25-31
30. Булдаков М.А., Королев Б.В., Матросов И.И., Тихомиров А.А. Портативный оптический анализатор паров ртути в атмосферном воздухе ДОГ-05 // Безопасность в техносфере.- 2011.- № 1.- С. 11–15.
31. Кальчихин В.В., Кобзев А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А. Оптико-электронный двухканальный измеритель осадков // Оптика атмосферы и океана.- 2011.- Т. 24.- № 11. - С. 990-996.
32. Богомоллов В.Ю., Богусевич А.Я., Гордов Е.П., Корольков В.А., Крупчатников В.Н., Тихомиров А.А. Информационно-измерительная система для регионального мониторинга и прогноза опасных метеорологических явлений. // Оптика атмосферы и океана.- 2011.- Т. 24.- № 1.- С. 52-59.
33. Демидова М.Г., Васильева И.Г., Верозубова Г.А. Определение состава $ZrCeP_2$ методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой // Журнал аналитической химии - 2011.- Т. 66.- № 4.- с. 625-629.
34. Филиппов М.М., Кочегуров В.А., Бабушкин Ю.В., Грибенюков А.И., Гинсар В.Е., Верозубова Г.А. Стабилизация скорости движения фронта кристаллизации при выращивании кристаллов в многозонной термической установке методом Бриджмена // Известия Томского политехнического университета.- 2011.- Т. 318.- № 2.- С. 89-92.
35. Филиппов М.М., Грибенюков А.И., Кочегуров В.А., Бабушкин Ю.В. Оптимальная стабилизация температурного поля распределенного объекта // Известия Томского политехнического университета. - 2011. -Т. 319. - № 4. - С. 21-26.
36. Филиппов М.М., Грибенюков А.И., Бабушкин Ю.В., Кочегуров В.А. Модальное управление температурным полем распределенного объекта // Известия Томского политехнического университета. - 2011. - Т. 319. - № 4. - С. 26-28.
37. Гейко П.П., Бобровников С.М. Обнаружение отравляющих веществ лидаром дифференциального поглощения // Безопасность в техносфере.- 2011. - № 4.- С. 42-48.
38. Агеев Б.Г., Зотикова А.П., Падалко Н.Л., Пономарев Ю.Н., Савчук Д.А., Сапожникова В.А., Черников Е.В. Вариации содержания воды, CO_2 и изотопного состава углерода CO_2 в годичных кольцах кедров сибирского // Оптика атмосферы и океана.- 2011.- Т. 24.- № 2.- С. 149-154.
39. Астафурова Т.П., Моргалев Ю.Н., Зотикова А.П., Верхотурова Г.С., Михайлова С.И., Буренина А.А., Зайцева Т.А., Постовалова В.М., Цыцарева Л.К., Боровикова Г.В. Влияние наночастиц диоксида титана и оксида алюминия на морфофизиологические параметры растений // Вестник Томского государственного университета. Биология.- 2011.- № 1 (13).- С.113-122.

40. Баранчиков Ю.Н., Астапенко С.А., Акулов Е.Н., Кривец С.А. Уссурийский полиграф – новый агрессивный вредитель пихты в Сибири // Известия Московского государственного университета леса. Лесной вестник. - 2011.- Вып. 4.- С. 78-81.
41. Велисевич С.Н., Бендер О.Г., Зотикова А.П. Семенная продуктивность *Pinus sibirica* (*Pinaceae*) в заболоченных и суходольных экотопах юга Западной Сибири // Растительные ресурсы. - 2011.- Т.47.- Вып.2.- С. 1-14.
42. Велисевич С.Н., Горошкевич С.Н. Возрастная изменчивость морфогенеза генеративных побегов кедра сибирского // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. - 2011. - Т. 4.- №1.- С. 23-35.
43. Волкова Е.С., Невидимова О.Г., Мельник М.А. «Комплексный риск-анализ природопользования на территории Томской области» // География и природные ресурсы. - 2011. - № 2 - с. 39-46.
44. Демидко Д.А. Состояние кедровых древостоев Северо-Восточного Алтая и методы его оценки // Лесоведение. - 2011.- № 1.- С. 19-27.
45. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Почвы Васюганской равнины со сложным органом профилем // Почвоведение – 2011.- 5.- С. 525 – 538.
46. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Почвы Обь-Томского междуречья // Вестник Томского государственного университета.- 2011.- № 3 (15).- С. - 16-38.
47. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Состояние природной среды в зоне действия Томского водозабора // Сибирский экологический журнал.- 2011.- №1.- С. 123-135.
48. Ильиных А.В., Кривец С.А. Результаты феромонного мониторинга непарного шелкопряда на юго-востоке Западной Сибири // Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии. СПб.: ЛТА.- 2011.- Вып. 196.- С. 46-53.
49. Кравец А.В., Бобровская Д.Л., Касимова Л.В., Зотикова А.П. Влияние комплексного применения препаратов из помета на урожайность и качество зерна пшеницы // Достижения науки и техника АПК.- 2011. - № 12.- С.45-47.
50. Кравец А.В., Бобровская Д.Л., Касимова Л.В., Зотикова А.П. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы гуминовым препаратом из торфа // Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- 2011. - № 4 (78).- С. 22-24.
51. Кривец С.А., Высотина С.В. Эколого-фаунистический обзор стволовых жесткокрылых (*Insecta, Coleoptera*)- дендрофагов хвойных лесов Прикетья (Томская область) // Вестник Томского государственного университета. Серия Биология. - 2011.- № 3 (15).- С. 88-103.
52. Невидимова О. Г. , Янкович Е. П. Оценка рисков водопользования на территории Томской области // Известия Томского политехнического университета.- 2011.- Т. 318.- № 1.- С. 154-158.
53. Николаева С.А., Велисевич С.Н., Савчук Д.А. Онтогенез *Pinus sibirica* на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // Журнал Сибирского федерального университета. Биология.- 2011.- Т. 4.- № 1.- С. 3-22.
54. Тимошок Е.Е., Скороходов С.Н., Тимошок Е.Н. Флора высокогорных лесов верховий р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. - 2010.- Т. 4.- №. 3.- С 351-371.
55. Ямбуров М.С., Горошкевич С.Н., Третьякова И.Н., Хихлова О.В., Лукина А.В. «Ведьмины метлы» мутационного типа как перспективный источник для получения новых декоративных форм хвойных растений // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии.- 2011.- Вып. 44.- С. 153-160.
56. Дубровская Л.И., Дроздова Д.В., Кураков С.А. Оценка элементов водного баланса и их динамика на заболоченных водосборах Васюганского болота // Вестник ТГПУ.- 2011.- вып. 5 (107).- С. 112-116.
57. Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г. разработка Веб-ГИС системы для статистического анализа больших архивов пространственно распределенных данных при проведении комплексных геофизических исследований. //Электронные библиотеки. - 2009.- Т.12. - вып. 1.- с. 1-10.

58. Курьина И.В. Экология раковинных амеб олиготрофных болот южной тайги Западной Сибири. // Известия ПГПУ им. В.Г.Белинского.- 2011. - № 25. – с. 364-371.
59. Кусков А.И., Чередыко Н.Н. Динамика поля температуры над Алтаем. //География и природные ресурсы. – 2011. - № 1. – с. 73-79.
60. Прейс Ю.И., Курьина И.В. Ризоподный анализ в реконструкции водного режима болотных экотопов (выбор оптимального методического подхода). // Известия ПГПУ им. В.Г.Белинского. 2011. - № 25.- с. 408-416.
61. Яковлева В.С., Вуколов А.В., Нагорский П.М., Гвай И.А., Нейман Д.А. Исследование сдвига радиоактивного равновесия между изотопами радона и продуктами их распада. // АНРИ. – 2011. - № 3 (66). – с.43-51.
62. Тихомиров А.А., Татур В.В., Ляпунов В.М., Омаролинова О.Н. Лазерная система контроля за отклонением стен камеры Усть-Каменогорского шлюза. // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. - № 5. – с. 432-436.
63. Балин И.С., Тихомиров А.А. История создания и работы в составе орбитальной станции «Мир» первого российского космического лидара БАЛКАН. // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. - № 12. – с. 1078-1087.
64. Мутницкий Н.Г., Татур В.В. Генератор с инверсией напряжения и удвоением амплитуды выходных импульсов. // ПТЭ. – 2011. - № 6. – с. 34-36.
65. Бочаров А.Ю. Структура и динамика высокогорных лесов Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) в условиях изменений климата. // Вестник ТГУ. Биология. – 2011. - № 352. – с. 203-206.
66. Андреев Ю.М., Вайтулевич Е.А., Зуев В.В., Изаак Т.И., Ланский Г.В., Орлов С.Н., Поливанов Ю.Н., Светличный В.А., Шайдуко А.В. Углы фазового синхронизма для генерации второй гармоники в кристаллах GaSe и GaSe_{0.866}S_{0.134} //Известия ВУЗов. Физика. – 2011. – Т.54. - № 9/2. – с. 124-134.
67. Зуев В.В., Зуева Н.Е. Вулканогенные возмущения стратосферы – главный регулятор долговременного поведения озоносферы в период с 1979 по 2008 г. // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т.24. - № 1. – с. 30-34.
68. Читоркин В.В., Читоркина О.Ю. Восстановление и направленное формирование кедровых лесов Западной Сибири. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т.13 (39). - № 1 (4). – с.1024-1027.
69. Чернова Н.А. Трансформация растительного покрова топяных местообитаний болот при обсыхании территории Обь-Томского междуречья. // Вестник ТГУ. Серия биология. – 2011. - № 1. – с. 61-74.
70. Копысов С.Г. Параметры экологически допустимой разработки Бакчарского железорудного месторождения. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2011. - № 5. – с. 420-425.

СТАТЬИ В ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛАХ

1. Dyukarev E.A., Pologova N.N., Dyukarev A.G., Golovatskaya E.A. Forest cover disturbances in the South Taiga of Western Siberia // Environmental Research Letters.- 2011. - v.6. - №3.- 035203 (9pp).
2. Pflugmacher, D., Krankina, O., Cohen, W.B., Friedl, M.A., Sulla-Menashe, D., Kennedy, R.E., Nelson, P., Loboda, T.V., Kuemmerle, T., Dyukarev, E., Elsakov, V., Kharuk, V.I. Comparison and assessment of coarse resolution land cover maps for Northern Eurasia // Remote Sensing of Environment.- 2011.- v. 115. - P. 3539-3553.
3. Golovatskaya E.A. Biological productivity of oligotrophic and eutrophic peatlands in southern taiga in Western Siberia // Environmental Dynamics and Global Climate Change (Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата) 2010, 2
http://www.ugrasu.ru/uploads/files/Golovatskaya_bio.pdf

4. Golovatskaya E.A. Dyukarev E.A. CO₂ emission from the surface of oligotrophic mire in southern taiga in Western Siberia // *Environmental Dynamics and Global Climate Change (Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата)* 2010, 2
http://www.ugrasu.ru/uploads/files/Golovatskaya_Dyukarev_.pdf
5. Z.-W. Luo, X.-A. Gu, W.-C. Zhu, W.-C. Tang, Yu. Andreev, G. Lanskii, A. Morozov, V. Zuev Optical properties of GaSe:S crystals in terahertz frequency range // *Opt. Precision Eng.* - 2011.- V. 19. - No. 2. - P. 354-359. <http://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=144897&tip=sid>
6. Yu. M. Andreev, A. A. Ionin, I. O. Kinyaevskii, V. V. Zuev, G. V. Lanskii, Yu. M. Klimachev, A. Yu. Kozlov, A. V. Shaiduko, A. A. Kotkov Frequency doubling and mixing of the radiation of carbon monoxide lasers in nonlinear ZnGeP₂ and GaSe crystals // *J. Opt. Tech.* 2011. - V. 78. - No. 2. - P. 102-104. <http://www.bioxbio.com/if/html/J-OPT-TECHNOL.html>
7. A.A. Ionin, J. Guo, L.-M. Zhang, J.-J. Xie, Yu.M. Andreev, I.O. Kinyaevsky, Yu.M. Klimachev, A.Yu. Kozlov, A.A. Kotkov, G.V. Lanskii, A.N. Morozov, V.V. Zuev, A.Yu. Gerasimov, S.M. Grigoryants Mode-locked CO laser frequency doubling in ZnGeP₂ with 25% efficiency // *Laser Phys. Lett.* - 2011. - V. 8. - No. 10. - P. 723-728. <http://www.lasphys.com/lasphyslett.htm>
8. V.V. Atuchin, Y.M. Andreev, G.V. Lanskii, V.V. Zuev Potentials of solid solutions CdSi_{1-x}Ge_xP₂ for optical frequency conversion in IR spectral range // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения.* - 2011. - Т. 8. - № 3. - С. 72-77.
9. Yu.M. Andreev, K.A. Kokh, G.V. Lanskii, A.N. Morozov Structural characterization of pure and doped GaSe by nonlinear optical method // *J. Cryst. Growth.* - 2011. - V. 318. - No. 1. - P. 1164-1166. <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-crystal-growth/>
10. Y.-F. Zhang, R. Wang, Z.-H. Kang, L.-L. Qu, Y. Jiang, J.-Y. Gao, Yu.M. Andreev, G.V. Lanskii, K.A. Kokh, A.N. Morozov, A.V. Shaiduko, V.V. Zuev AgGaS₂- and Al-doped GaSe Crystals for IR Applications // *Opt. Commun.* - 2011. - V. 284. - P. 1677-1681. <http://www.journals.elsevier.com/optics-communications/>
11. K.A. Kokh, Yu.M. Andreev, V.A. Svetlichnyi, G.V. Lanskii, A.E. Kokh Growth of GaSe and GaS single crystals // *Cryst. Res. Technol.* - 2011. - V. 46. - No. 4. - P. 327-330.
[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1521-4079](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1521-4079).
12. E.S. Vasiliev, V.D. Knyazev, E.S. Savelieva, I.I. Morozov. Kinetics and mechanism of the reaction of fluorine atoms with trifluoroacetic acid // *Chemical Physics Letters.* – 2011. – № 512. – P. 172-177P.
13. O. Kazinski, M.A. Shipulya. One-loop omega-potential of quantum fields with ellipsoid constant-energy surface dispersion law. // *Ann. Phys.* – 2011. – N 326 (10) pp. 2658-2693.
14. P. O. Kazinski and M. A. Shipulya. Asymptotics of physical solutions to the Lorentz-Dirac equation for planar motion in constant electromagnetic fields. // *Phys. Rev.E* – 2011. – V. 83(6) 066606.-pp.1-12. 2011.
15. V.A. Gerasimov and V V Gerasimov Cross sections of collisional excitation transfer in collisions of rare-earth metal atoms in screened excited states with atoms of inert gases. // *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* – 2011. – V.44. - N 19.- p. 5201-5205
16. T.M. Shulgina, E.Yu. Genina and E.P. Gordov. Dynamics of climatic characteristics influencing vegetation in Siberia // *Environmental Research Letters.* – 2011.– V.6. – 045210 (7pp).
doi:10.1088/1748-9326/6/4/045210
17. Buldakov M.A., Cherepanov V.N. Asymptotic model of exchange interactions for polarizability calculations of van der Waals complexes // *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering.* - 2010. - V. 10. - No. 3-6. - P. 165–181.
18. Kalugina Yu.N., Cherepanov V.N., Buldakov M.A., Zvereva-Loëte N., Boudon V. Theoretical investigation of the ethylene dimer: Interaction energy and dipole moment // *J. Compt. Chem.*- 2011. DOI: 10.1002/jcc.21981.
19. Geiko P.P., Tikhomirov A.A. Remote measurement of chemical warfare agents by differential absorption CO₂ lidar // *Optical Memory and Neural Networks* - 2011. - V. 20. - №. 1. - P. 71-75.

20. Ku S.-A., Chu W.-C., Luo C.-W., Andreev Y.M., Lanskii G.V., shaiduko A.V., Isaak T.I., Svetlichnyi v.A., Vaytulevich E.A., Zuev V.V. Optical properties of Te-doped GaSe crystal// Chinese Opt. – 2011. – V.4. - № 6. – p. 606-612.
21. Leshchinskiy S.V., Blyakharchuk T.A., Vvedenskaya I.A., Orlova L.A. The first terrace above Ob' floodplain near Kolpashevo: the age and formation conditions. // Russian geology and geophysics. – 2011. - № 52. – pp. 641-649.
22. Tchebakova N.M., Blyakharchuk T.A., Parfenova E.A. Reconstruction and prediction of climate and vegetation change in the Holocene in the Altai-Sayan mountains, Central Altai. // Environmental Research Letters. – 4 (2009). – pp.1-11.