

**ОТЧЕТ ПО ПРОЕКТУ  
«КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СИБИРИ»  
РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ «СИБИРЬ» (1995 г.)**

Координатор член-кор. РАН М.В. Кабанов  
Ученый секретарь канд. физ.-мат. наук. С.Л. Одинцов

**МОНИТОРИНГ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО (ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО)  
СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ**

Проведенные исследования позволили установить, что на территории юго-востока Западной Сибири в последние 30 лет отмечается повсеместное потепление в среднем на 0,03 °С в год. Это в три раза выше, чем за последнее столетие. Потепление осуществляется за счет зимних месяцев. Только за счет трех месяцев (декабря, января и февраля) средняя годовая температура увеличивается в год на 0,02 °С. Поля температуры характеризуются высокой пространственной связностью с радиусом корреляции 1500 км. Расчеты по разработанной методике разложения временных рядов температуры на составляющие по признаку временного масштаба показали, что 95% дисперсии обусловлено внутригодовыми изменениями, 4% изменений вносят циркуляционные процессы и 1% изменений приходится на долговременный тренд и местные особенности. Для оценки пространственно-временных характеристик полей осадков на юго-востоке Западной Сибири была предложена методика выявления региональных и локальных составляющих. Проведенные расчеты показали, что региональная составляющая полей осадков за последние 30 лет не претерпела изменений. Долгопериодный тренд региональной составляющей имеет нулевое значение.

Основным механизмом, приводящим к колебаниям месячных сумм осадков, является циркуляция, определяющая 42% дисперсии, внутригодовая составляющая определяет 30%, и 28% изменчивости обусловлено местными особенностями. В режиме осадков велика роль локальной составляющей, которая формирует даже долговременные тренды, которые для отдельных пунктов значительно отличаются от регионального тренда и имеют широкий диапазон значений, как положительных, так и отрицательных. Из-за большого значения локальной составляющей в режиме осадков пространственная связность полей осадков значительно ниже, чем полей температуры, радиус корреляции составляет всего 300 км. Высокое значение локальной составляющей можно объяснить антропогенным влиянием. Так, число дней с осадками за месяц в Томске в среднем на 2 дня больше, чем на окружающей территории.

*Томский государственный университет*

**МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ АТМОСФЕРЫ**

Выполнены работы по развитию концепции информационно-моделирующей системы для решения экспертно-прогностических задач, связанных с оценками экологической перспективы промышленных регионов. Созданы экспериментальные варианты комплекса моделей и базы данных для исследования изменений в климатической системе и процессов переноса загрязняющих примесей, обусловленных совместным влиянием естественных и антропогенных факторов. Системная организация моделей ориентируется на задачи атмосферно-экологического мониторинга и на выявление предпосылок возникновения экологически неблагоприятных ситуаций. Базовые модели организованы на принципах согласования и вложения пространственно-временных масштабов от локального до мезорегионального. Отработка моделей и методики их практического применения осуществляется на примере Новосибирского промышленно-го региона, г. Новосибирска и его частей.

Для конкретизации концепции экспертных оценок выполнен анализ экологических аспектов различных вариантов энерго- и теплоснабжения на территории Сибири и Дальнего Востока с учетом специфики климатических условий и характерных масштабов областей влияния различных источников загрязнения на качество атмосферы регионов, рассчитанных на базе математических моделей. В качестве первичных энергоносителей рассматривались уголь, жидкое и газовое топливо, атомная энергия и др. Проанализированы общие тенденции и сформулированы рекомендации для практического применения результатов этой разработки при решении взаимосвязанных проблем энергетики и экологии. Разработана методика районирования территорий региона по степени влияния различных источников антропогенных воздействий. При этом рассмотрены различные аспекты: организация наблюдений, управление качеством атмосферы, долгосрочное экологическое прогнозирование с использованием сценарного подхода. На базе комплекса моделей проведены серии сценариев моделирования при различных вариантах антропогенных нагрузок на регион.

*Вычислительный центр СО РАН*

### **МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ, ОБЛАЧНОСТИ И ОСАДКОВ**

Исследования, проводившиеся в рамках данного мониторинга в течение 1993–1995 гг., в основном были направлены на измерения и анализ различных параметров атмосферного аэрозоля. За отчетный период с привлечением средств наземного, самолетного и дистанционного лидарного контроля изучены закономерности поведения аэрозоля в приземном слое, слое перемешивания и его интегральное содержание в вертикальном столбе воздуха. В приземном слое, если не считать вторичных максимумов в июле и ноябре, максимум концентрации аэрозоля приходится на холодное время года, минимум – на теплый период. Слой перемешивания имеет противоположный ход с максимумом в июле и минимумом в декабре – январе. Интегральное содержание аэрозоля имеет средний ход, аналогичный слою перемешивания.

Наибольшее содержание наблюдается в мае – июне, в 2–4 раза превышающее таковое для холодного времени года. Отмеченные черты годового поведения аэрозоля являются общими для основных регионов Сибири. Аэрозоль также проявляет суточный ход, который более выражен в летние месяцы. Для него характерны два максимума – в утренние часы (9–11) и в период захода Солнца (21–24). В зимнее время сохраняется только утренний максимум (10–12 ч местного времени). Анализ химического состава аэрозоля показал наличие веществ естественного (террагенные) и антропогенного происхождения. В среднем отношение суммарных концентраций обеих групп почти одинаково для территории Западной Сибири. В 1994 г. проведены сравнительные исследования аэрозоля контактными (нефелометры) и бесконтактными (лидары) средствами. Эти испытания явились своеобразной аттестацией лидаров для мониторинга аэрозоля. Нефелометр был установлен на самолете, который пролетал на различных эшелонах над местом нахождения лидаров «ЛОЗА», «Макрель» и «ЛИСА». Одновременные исследования показали схожесть результатов до высоты 2,5 км (высота действия лидаров) в пределах общего разброса 30–50%. У лидаров обнаружено наличие систематических погрешностей, которые связаны с алгоритмами обработки и могут быть учтены.

Проведенные самолетно-лидарные эксперименты обосновывают применение лидаров для мониторинга аэрозоля. Налажены периодические лидарные эксперименты по изучению аэрозоля в нижней стратосфере и облаков верхнего яруса (перистые облака). Выявлена связь концентрации аэрозоля в стратосфере с вулканической деятельностью, которая объясняет происхождение слоя Юнге. Результаты зондирования перистых облаков показали, что в течение 20–30% времени своего существования они представляют собой кристаллические, упорядоченно ориентированные частицы.

*Институт оптики атмосферы СО РАН*

### **МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНЫХ ГАЗОВ**

Все газовые компоненты атмосферы по своему влиянию на климато-экологическую ситуацию подразделяются по приоритетам проекта КЭМС на следующие группы: основные биосферные газы ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$  и др.); газы, определяющие развитие парникового эффекта ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2O$  и др.); газы, участвующие в озонном цикле ( $O_3$ ,  $NO_x$ , фреоны и др.); опасные для здоровья челове-

ка молекулярные и атомарные газовые составляющие природного и антропогенного происхождения (пары тяжелых металлов, радон, окислы серы и азота, фтор- и хлорсодержащие соединения).

В прогнозировании тенденций изменения климата особую роль играют долговременные наблюдения трендов фоновых концентраций  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ ; существенную опасность представляет загрязнение атмосферы парами тяжелых металлов, окислами азота и серы. Привлеченные к мониторингу газов научно-технические коллективы сконцентрировали свои усилия на разработке недорогих и мобильных измерителей концентрации паров ртути, фоновых концентраций  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ . В настоящем разделе отчета приводятся основные итоги исследований.

1. *Исследования ореолов концентрации ртути вокруг антропогенных источников применительно к задачам мониторинга окружающей среды (КТИ «Оптика» СО РАН).* Для обеспечения потребности служб экологического мониторинга, а также технологического контроля в производстве хлора и каустика, люминесцентных осветительных ламп, чистых цветных металлов и целого ряда других отраслей в 1993–1995 гг. проводилась разработка портативных высокочувствительных анализаторов для оперативного и текущего контроля содержания ртути в средах от фоновых до предельно допустимых концентраций. В КТИ «Оптика» разработаны и переданы в Госстандарт для аттестации методики определения ртути и ее соединений в воздухе, воде и в почве. Методики определения ртути в биообъектах аттестованы Госстандартом (свидетельство N 08-47/010 о метрологической аттестации методики количественного анализа мышечных тканей рыб, органов человека и животных на содержание микроколичеств ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии в варианте холодного пара). Чувствительность атомно-абсорбционного анализатора ртути с зеемановской коррекцией фона типа РГА-11, предназначенного для измерений концентрации ртути в атмосфере, обеспечивает измерения концентраций от 30 до 10000 нг/м за 5 с. Она достаточна, чтобы следить за динамикой фоновой концентрации (~300 нг/м).

2. *Подготовка и испытания аппаратуры для измерения фоновых концентраций  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в атмосфере (ИОА СО РАН).* Разработаны модифицированные образцы нелазерных оптико-акустических газоанализаторов на основе коммерческого прибора ГИАМ для измерения фоновых концентраций  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  в воздухе. В модифицированных образцах предусмотрена автоматическая калибровка и проверка линейности шкалы и сопряжения с ПЭВМ для проведения обработки результатов в реальном масштабе времени. В 1995 г. были проведены циклы измерений фоновой концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере над акваторией Атлантического океана во время рейса научно-исследовательского судна «Академик Келдыш» и вариаций концентрации  $\text{CO}_2$  в воздухе на территории Академгородка г. Томска.

3. *Разработка и испытания пленочных полупроводниковых измерителей концентрации  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  (СФТИ при ТГУ).* Разработаны образцы сенсорных датчиков для анализа концентрацией  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  в воздухе и технологических газах. Работа датчиков основана на изменении проводимости полупроводниковой пленки при ее контакте с анализируемой компонентой газовой среды. Образцы сенсорных датчиков-газоанализаторов позволяют измерять концентрации  $\text{CO}$  в диапазоне от 0 до 1000 ppm с погрешностью ~15% и концентрации метана до 3% объема с погрешностью измерений ~15%. Датчики совмещены с системой пробоотбора и электронным блоком индикации. Калибровка датчиков осуществляется по паспортизованным газовым смесям. Полный цикл метрологической аттестации может быть выполнен при наличии дополнительного финансирования.

4. *Исследование реакции растений на загрязнения воздуха методами лазерного газоанализа (ИОА СО РАН, НИИББ при ТГУ).* Методами оптико-акустической спектроскопии и биотестирования получены экспериментальные данные по изменению динамики выделения  $\text{CO}_2$  при воздействии на исследуемые растения повышенных концентраций этилена. Определены значения концентраций этилена, при которых реакция растений максимальна. Показано, что возрастание концентрации этилена усиливает процесс разрушения пигментов растительной ткани, тормозит рост растений.

*Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Конструкторско-технологический институт «Оптика» СО РАН,  
Сибирский физико-технический институт при ТГУ,  
НИИ биологии и биофизики при ТГУ*

## МОНИТОРИНГ ОЗОНА И КОМПОНЕНТОВ ОЗОННОГО ЦИКЛА

К настоящему времени комплексные исследования озона в ИОА СО РАН включают: лидарные исследования динамики вертикального распределения озона и аэрозоля в стратосфере и тропосфере; спектрофотометрические измерения общего содержания озона (ОСО), общего содержания  $\text{NO}_2$  и его вертикального распределения; контактные измерения приземного озона и концентраций малых газовых составляющих (МГС), таких как  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ; разработана методика и аппаратура для прямых измерений концентрации озона с борта самолета и с помощью шаров-зондов. Измерения ведутся в основном в режиме регулярного мониторинга, кроме самолетных и шар-зондовых, которые требуют больших материальных затрат и носят эпизодический характер.

В 1995 г. продолжался мониторинг концентрации озона в приземном слое на TOR-станции. Обобщались данные за период с 1989 по 1994 г. Выявлено, что концентрация озона в приземном слое воздуха регулярно превышает 2–3 ПДК, начиная с 1991 г. 1995 г. не стал исключением. Основным отличием годового хода озона в 1995 г. от предыдущих является позднее наступление максимума, которое наблюдалось в июле. Превышение ПДК в 1995 г. фиксировалось с февраля по октябрь. Лидарные измерения показали, что после аномального загрязнения стратосферы вулканическим аэрозолем в результате извержения вулкана Пинатубо в 1991 г. стратосфера вышла на фоновое аэрозольное состояние к лету 1995 г. В условиях фонового аэрозольного состояния стратосферы корреляционных связей в динамике озона и аэрозоля не зафиксировано.

Наблюдения за общим содержанием озона в Томске в 1995 г. показали значительные отрицательные отклонения среднедневных значений (до 20–30%) от среднего месячного в течение продолжительных периодов в январе (три недели), в первой декаде февраля (максимум отклонения) и во второй половине марта и первой декаде апреля. Поведение озонового слоя в теплый период 1995 г. также имеет некоторые особенности. По сравнению с предыдущими годами в июне наблюдалось повышенное содержание озона, а в июле и августе – пониженное. Отклонения среднемесячных значений ОСО в период с марта по октябрь в 1995 г. были отрицательными: в марте (–1%), мае (–3), июле (–2), августе (–4%). В целом наблюдения за ОСО с 1993 по 1995 г. показывают постепенное снижение ОСО, которое к концу 1995 г. уменьшилось по сравнению с 1993 г. на 4,5%.

*Институт оптики атмосферы СО РАН*

## МОНИТОРИНГ ПОТОКОВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО, ВИДИМОГО И ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Сложное влияние комплекса астрономических и геофизических факторов определяет наличие в вариациях потоков солнечного излучения широкого спектра колебаний – от мезометеорологических до вековых и более. Поэтому программа работ в 1993–1995 гг. по мониторингу потоков приходящей оптической радиации включала получение и анализ продолжительных непрерывных рядов наблюдений. Для определения короткопериодной изменчивости компонент радиации измерения проводились в отдельные сезоны в г. Томске, а для оценки долгопериодных колебаний собирались данные многолетних наблюдений на ближайших станциях актинометрической сети. С учетом этих обстоятельств за трехлетний период проделана следующая работа.

1. Освоены методики измерения интегральных потоков радиации (суммарной, прямой, рассеянной); проведена автоматизация актинометрических приборов с использованием персонального компьютера.

2. Создан экспериментальный образец автоматизированного измерителя продолжительности солнечного сияния.

3. Получены первичные ряды наблюдений компонент радиации общей продолжительностью более 2000 ч.

4. По данным мониторинга суммарной радиации получены статистические характеристики ее межсуточной изменчивости (коэффициент вариации в пределах 30%), оценен дневной ход, проведено сопоставление с многолетними данными ближайших актинометрических стан-

ций. В частности, было показано, что два года подряд месячные суммы радиации в июне превышают многолетние данные в пределах 10%.

5. По результатам совместных измерений суммарной радиации и продолжительности солнечного сияния оценена их связь (коэффициент корреляции – 0,95) и получено регрессионное уравнение.

6. На основе мониторинга спектральной прямой радиации оценено изменение средних значений и коэффициентов вариаций в различных участках спектра под воздействием содержания водяного пара и аэрозоля. Оценки дневного хода показали наличие его асимметрии относительно полудня из-за повышения аэрозольного замутнения во второй половине дня.

7. Определены характеристики изменчивости рассеянной солнечной радиации в различное время дня, показано, что коэффициенты вариаций находятся на уровне 40–50% и в несколько раз превышают относительную изменчивость прямой радиации. Средний вклад рассеянной радиации в суммарную составил 20–24%.

8. Проанализированы корреляционные связи компонент радиации с содержанием в атмосфере аэрозоля и влаги. Значимой корреляция оказалась только для спектральной прямой радиации: в видимом диапазоне спектра с аэрозольной прозрачностью, а в ИК-диапазоне – с влажностью содержания атмосферы и аэрозольной прозрачностью.

9. Завершена работа по формированию банка многолетних данных радиационных характеристик атмосферы для Западно-Сибирского региона.

Самостоятельным разделом в проблеме анализа солнечного излучения являлось исследование ультрафиолетового (УФ) диапазона в общем потоке солнечной радиации. На территории Сибири и Дальнего Востока такие измерения до последнего времени не проводились ввиду отсутствия соответствующих приборов. Сотрудниками Томского государственного университета и Сибирского физико-технического института изготовлен фильтровый УФ-спектрофотометр и начаты регулярные измерения УФ-облученности поверхности Земли от Солнца и неба.

Спектральная часть прибора реализована в виде блока, содержащего три светофильтра с максимумами пропускания при 353, 281 и 260 нм. Ультрафиолетовое излучение Солнца на поверхности Земли является величиной, подверженной случайным флуктуациям, связанным с нестабильностью атмосферы, поэтому извлечение информации из данных наблюдений требует накопления большого материала и статистических методов обработки. С целью накопления, хранения и обработки данных об облученности поверхности Земли УФ-излучением создана компьютерная база данных. Таблица экспериментальных данных состоит из двух частей: запись условий эксперимента и результаты наблюдений.

К условиям эксперимента относятся: время эксперимента, высота стояния Солнца, облачность (визуальная облачность по 10-балльной системе, облачность по ярусам, формы облаков), температура, атмосферное давление, ветер, показания экспонометра, влажность воздуха. Результаты наблюдений в трех спектральных областях записываются в 3–8 режимах. Данные разных режимов усредняются. Как правило, измерения УФ-облученности проводятся примерно один раз в полчаса. Эпизодические серии измерений через 1–3 мин показали, что существует некоторая квазипериодичность, налагающаяся на колоколообразную зависимость УФ-облученности от времени дня. Исследования, проведенные в облачные дни, показали, что период квазипериодичности определяется типом облачности и скоростью ветра. Наблюдалась квазипериодичность в различные дни с периодами от нескольких секунд до десятков минут. При этом размах колебаний был совершенно разным и мог достигать до 0,9 от величины облученности. Исследования в безоблачные безветренные дни никакой квазипериодичности не выявили. В ветренную, но безоблачную погоду иногда наблюдалась квазипериодичность с периодами 5–15 мин, при этом размах флуктуаций был от 1 до 10%.

*Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете*

## **МОНИТОРИНГ ПОТОКОВ РАДИОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

За отчетный период проведена разработка концепции радиоволнового мониторинга; создан измерительно-вычислительный комплекс, позволяющий проводить мониторинг электромагнитного загрязнения окружающей среды в диапазоне от 0,1 Гц до 32 МГц; накоплен и про-

анализирован экспериментальный материал, полученный в режиме мониторинга на интервале 1993–1995 гг. Основные результаты заключаются в следующем.

1. Исследованы суточная и межсуточная зависимости уровня поля в полосах частот, занимаемых резонансами, и обнаружено, что частотный спектр в полосе шумановских резонансов имеет тонкую структуру, изменяющуюся со временем суток. Установлено группирование составляющих вблизи частот шумановских резонансов. Основными причинами вариаций формы спектра являются периодические изменения параметров нижней ионосферы, изменение расстояния от источника излучения, а также техногенное воздействие, т.к. вблизи резонансных полос зарегистрированы сигналы радиопередающих устройств с монохроматическим и псевдошумовым излучением. Зарегистрированы квазипериодические вариации резонансной частоты и амплитуды первого и последующих шумановских резонансов, период которых составляет около трех часов. Аналогичные по периодам флуктуации известны по измерениям фазы сигналов (10 – 20 кГц) в спокойных и возмущенных дневных условиях, связанных с повышением уровня радиации на участках радиотрасс, а также с изменением проводимости нижней атмосферы в период подготовки землетрясений. В возмущенных условиях квазипериодичность сигналов проявляется ярче. Предложены возможные механизмы, приводящие к квазипериодическому изменению электродинамических свойств среды распространения: вариации светимости Солнца; собственные колебания Земли; техногенные эффекты.

2. Проведена оценка вклада в электромагнитный фон СНЧ-диапазона полей промышленной частоты 50 Гц и ее гармоник до 20-й включительно. Выявлены основные закономерности перераспределения энергии по составляющим, связанные, видимо, с суточным перераспределением потребляемой энергии в городе.

3. Установлено, что в огибающей сигналов регулярно наблюдаемых радиостанций эпизодически присутствуют четкие спектральные составляющие КНЧ-диапазона. Выявлено, что спектральные составляющие КНЧ-диапазона могут регистрироваться одновременно во всех частотных диапазонах: на одной и той же преобладающей частоте с приблизительно одинаковой шириной спектра появляются сигналы в КНЧ-диапазоне и в огибающих сигналов НЧ- и КВ-диапазонов. В этом случае КНЧ-модуляция определяется изменением электродинамических параметров того участка среды распространения, который является общим для всех указанных диапазонов и лежит в области  $D$ ,  $E$  ионосферы.

*Сибирский физико-технический институт при Томском государственном университете*

## МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

За отчетный период создана первичная аппаратная группа для мониторинга атмосферного электричества. Это автоматизированный комплекс для измерения ионной проводимости и напряженности электрического поля атмосферы. Он включает в себя следующие компоненты: струнный датчик измерения напряженности поля до 500 В/м, датчик грозовой активности, регистрирующий поле до 5,1 В/м на удалении 25 км, ионный датчик проводимости воздуха, микроЭВМ, накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД), устройство управления НГМД, аналого-цифровой преобразователь и интерфейс для его связи с микроЭВМ, устройство индикации, блок питания. Для регистрации напряженностей полей в различных районах города и вблизи промышленных предприятий создан передвижной (автомобильный) вариант комплекса. Проведенный цикл измерений в международные геофизические дни в 1993–1995 гг. позволил получить следующие основные результаты:

1. Измерения проводимости воздуха показали, что ионная проводимость в условиях «хорошей» погоды для летних периодов составляла  $5 \div 25 \cdot 10^{-15}$  См/м, в зимнее время  $5 \div 15 \cdot 10^{-15}$  См/м. В условиях «нарушенной» погоды проводимость воздуха достигала  $175 \cdot 10^{-15}$  См/м и выше.

2. Измерения напряженности  $E$  электрического поля для условий «хорошей» погоды позволили сделать следующие выводы.

а) Суточные изменения напряженности поля представляют гладкую кривую с двумя максимумами, приходящимися на утренние и ночные часы. Величина  $E$  имеет диапазон изменений от 50 до 130 В/м.

б) Период вариации поля в ночное время составляет 10 мин, в дневное – 1–5 мин.

в) Напряженность поля  $E$  в зимние месяцы выше, чем в летние, примерно на 20%.

г) В большинстве случаев возрастание вариаций поля начиналось летом и зимой в утренние часы (примерно с 7 ч) и уменьшалось после 16 ч.

3. Для условий «нарушенной» погоды можно выделить следующие результаты.

а) Изменение напряженности электрического поля перед грозами и во время грозы имеет сложный характер, причем направление поля часто меняет знак. Диапазон изменения  $E$  составляет от  $-3500$  до  $+2800$  В/м. При молниевых разрядах  $E$  достигало более  $8500$  В/м.

б) Облака, дающие осадки, вызывают нерегулярное резкое изменение поля с переменной знака направления. Облака, не дающие осадков, вызывают некоторое уменьшение поля «хорошей» погоды.

в) Снежные бури вызывают, как правило, резкое увеличение значений поля и имеют также нерегулярный ход изменения.

г) Во всех случаях нарушенной погоды вариации поля составляют более 60%.

д) Загрязнение атмосферы однозначно приводит к увеличению напряженности поля и имеет сложный характер изменений. Так, измерения, проведенные в районе промышленного предприятия, при устойчивом ветре со стороны предприятия в условиях «хорошей» погоды показали: по местному времени с  $t = 00$  ч до  $t = 8$  ч 45 мин величина  $E = 110-120$  В/м при вариации  $dE = 10-15$  В/м. С началом работы предприятия с  $t = 8$  ч 45 мин до  $t = 18$  ч изменения значения поля имели резкий характер с переменной знака направления  $E = -250$  В/м до  $+360$  В/м с периодом изменения от 2 до 10 мин, при этом  $dE$  доходила до 60%. После 18 ч величина поля вернулась к первоначальному состоянию и в дальнейшем не изменялась.

*Конструкторско-технологический институт «Оптика» СО РАН,  
Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете*

## **МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Программой «Климато-экологический мониторинг Сибири» по данному разделу в период 1993–1995 гг. предусмотрена следующая цель: «Составление первой версии атласа Сибири по электрофизическим свойствам почвогрунтов и альbedo подстилающей поверхности в различные сезоны года». Для достижения поставленной цели проведены исследования и получены следующие результаты.

1. Теоретически и экспериментально изучено влияние факторов естественного генезиса, сезонных и годовых изменений, в том числе связанных с изменением климата и с антропогенными воздействиями, определяющими электрофизические свойства почвогрунтов в диапазоне частот от 10 Гц до 10 ГГц. В результате проведенных исследований получены физико-математическая модель радиоволновых параметров почвогрунтов и интегрированный пакет программ для ЭВМ, позволяющие прогнозировать электрофизические свойства почвогрунтов для различных состояний, обусловленных вышеперечисленными факторами.

2. Проведен анализ возможности использования косвенных разнородных долговременных данных наблюдений, характеризующих динамику физического состояния почвогрунтов. Показано, что первая версия атласа Сибири по электрофизическим свойствам почвогрунтов и альbedo подстилающей поверхности может быть реализована на основе вышеуказанной модели с использованием разнородных почвенно-гидрологических и метеорологических долговременных наблюдений стационарных наземных постов.

3. Проведен анализ возможности повышения точности прогноза электрофизических свойств почвогрунтов на основе данных разнородных наблюдений стационарных постов. Предложены принципы кластеризации территории Западной Сибири по совокупности почвенно-грунтовых, климатических, гидрологических и антропогенных признаков, определяющих физическое и экологическое состояние подстилающей поверхности.

*Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете*

## **МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ**

Институтом солнечно-земной физики СО РАН (г. Иркутск) в соответствии с планом работ были развернуты или усовершенствованы экспериментальные наблюдения за параметрами

верхней и средней атмосферы, прямо или косвенно связанными с проблемой климатического и экологического мониторинга. Показаны возможности экспериментальной базы ИСЗФ РАН, включающие наземное зондирование ионосферы и космический мониторинг параметров нижней атмосферы.

Проведена работа по созданию базы данных критических частот ионосферы и индексов солнечной и геомагнитной активности, позволяющей проводить поиск нужной информации, осуществлять сортировку данных по запросу пользователя и выводить отобранные данные в текстовый файл для дальнейшей обработки и анализа. На настоящее время база данных содержит результаты съемки с 25 ионосферных станций СНГ примерно с конца 50-х по конец 80-х гг., а также станций Fort Stanley, South Uist, Argentina Island. Индексы солнечной активности  $F_{10.7}$  и геомагнитной активности  $K_p$  ( $K_p1-K_p7$ ) и  $A_p$  ( $A_p1-A_p8$ ) представлены в базе за период 1964–1987 гг., а числа Вольфа (солнечных пятен) – с 1932 г.

Исследования солнечно-земных связей показали существенное значение для процессов, протекающих в околоземном пространстве, нестационарных явлений на Солнце и в особенности солнечных вспышек. В зависимости от агента, который служит непосредственной причиной, вызывающей то или другое геофизическое явление, последние могут быть разделены на группы и исследованы в отдельности. Проведен анализ связи между микроволновыми рентгеновскими излучениями, и на этой основе появилась возможность количественной диагностики протонных вспышек по радиоданным и, следовательно, заблаговременной оценки обстановки в атмосфере. На основе комплекса инструментов Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ получены данные о динамике отдельных активных областей, что позволяет решать задачу краткосрочного прогноза и количественной диагностики электромагнитного, корпускулярного излучений солнечных вспышек и связанных с ними возмущений околоземного космического пространства на качественно новом уровне. Совместное использование данных с космических аппаратов и наземного зондирования позволяет конкретизировать воздействие отдельного события на Солнце на приземные слои атмосферы. Разработка и создание аппаратно-программных средств приема и обработки данных дистанционного спутникового зондирования со спутников серии «NOAA» (США), осуществление мониторинга состояния окружающей среды Байкальского региона являлись одной из основных задач данного раздела выполняемой программы. Проведено дальнейшее усовершенствование обработки информации, получаемой с метеорологических спутников. Здесь имеется возможность наблюдения температуры, облачности, содержания озона и ряда других параметров нижней атмосферы. Кроме того, развернута работа по распознаванию больших очагов пожаров. Перечисленные возможности распространяются на всю Сибирь и Дальний Восток.

Ионосферной лабораторией Сибирского физико-технического института при Томском государственном университете за отчетный период выполнена следующая работа. Методом вертикального зондирования проведены регулярные круглосуточные измерения параметров ионосферы (с тактом 15 мин). Результаты зондирования обработаны по методике УРСИ и представлены в виде таблиц и графиков. По данным зондирования за период 1936–1994 гг. изучена реакция ионосферы на изменение солнечной активности. Установлена высокая корреляция (около 0,9) среднегодовых значений критических частот слоя  $F_2$  ( $f_0F_2$ ) и числа солнечных пятен ( $W$ ), что подтверждает определяющую роль солнечного излучения в образовании ионосферы. Спектральный анализ данных показал, что в спектрах как  $f_0F_2$ , так и  $W$  имеет место линия максимальной интенсивности при квазипериоде  $T$  около 10,67 года. Данное значение  $T$  близко к средней длине солнечного цикла за период 1936–1994 гг. При поддержке Российского фонда фундаментальных исследований заключен договор на поставку в 1996 г. цифровой ионосферной станции нового поколения «Парус», что позволит модернизировать аппаратуру Томской ионосферной станции на основе сверхточного способа измерения  $f_0F_2$  и производить тем самым регулярный круглосуточный автоматизированный мониторинг физического состояния ионосферы на новом качественном уровне.

*Институт солнечно-земной физики СО РАН,  
Сибирский физико-технический институт при Томском государственном университете*

## **МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ**

В последние годы активно обсуждаются возможности применения импульсных радиолокаторов СВЧ-диапазона для дистанционного контроля загрязнения воздушной среды над объ-



ектами атомной энергетики и ядерно-химических производств. Такие радиолокаторы регистрируют отраженные сигналы от облаков, дождя, дыма над электростанциями, пара над градирнями и других атмосферных образований. Из этого делается вывод о том, что можно рассчитывать на успешную регистрацию ионизированных воздушных областей, образующихся под действием процессов распада радионуклидов.

В 1993–1995 гг. ученые НИИ ядерной физики при ТПУ, Томской академии систем управления и радиоэлектроники и кафедры «Атомные электростанции» ТПУ провели большой объем теоретических и экспериментальных исследований по выяснению возможностей использования радиолокационных средств противовоздушной обороны, аэропортов и метеослужб для радиационного мониторинга. Полученные результаты позволили сделать обоснованный вывод о том, что обычные радиолокаторы СВЧ-диапазона на больших расстояниях (десятки километров) не могут регистрировать отраженные радиосигналы от плазменных образований, возникающих под действием штатных выбросов промышленных объектов с ядерными технологиями. На фоне отражений от сопутствующих процессов, связанных с выбросом теплого воздуха, с атмосферными явлениями и др., влияние радиационных процессов на отражение радиоволны незначительно и начинает проявляться только на близких расстояниях от объектов радиации (меньше 1 км) или при аварийных выбросах.

Исследованная проблема может быть решена только на основе последних достижений СВЧ-электроники и новых высокоинформативных методов радиолокации. В частности, возможно использование сверхмощных релятивистских источников СВЧ-излучения для построения радиолокаторов, которые будут способны получать не только информацию о структуре и геометрии плазменных образований, но и активно воздействовать на электронную компоненту плазмы. Для физического обоснования возможности применения новых сверхмощных источников СВЧ-излучения для радиолокационного мониторинга необходимы новые экспериментальные и теоретические данные о взаимодействии мощного СВЧ-излучения со слабоионизированной плазмой, образующейся при радиоактивном распаде в воздухе при атмосферном давлении. Основной ожидаемый результат планируемых в дальнейшем лабораторных работ будет заключаться в получении данных об эффективной площади рассеяния электромагнитных волн СВЧ-диапазона от воздушной плазмы, образующейся под действием ионизирующего излучения. Это основной параметр, который позволит определить технические требования и возможности радиолокационных систем на основе СВЧ-генераторов и сформулировать необходимые и достаточные требования к устройствам радиолокационного мониторинга окружающей среды с точки зрения диагностики радиационной загрязненности.

*НИИ ядерной физики при Томском политехническом университете*

## **МОНИТОРИНГ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

За отчетный период были проведены работы по внедрению новой информационной технологии исследования окружающей среды, основанной на методах дистанционного спутникового зондирования. К настоящему времени реализован прием пяти информационных каналов прибора «Advanced Very High Resolution Radiometer», и двадцати каналов прибора «High Resolution Infrared Sounder», установленных на спутниках серии «NOAA» США. В 1995 г. проводились работы по созданию специального математического обеспечения функционирования станции космомониторинга окружающей среды в режиме приема информации. Были созданы программы расчета траекторий спутников, программы распаковки и визуализации данных, а также тематической обработки – температурное картографирование земной поверхности. Второе направление работ за отчетный период связано с прогнозом солнечной активности и ее геоэффективных проявлений на основе измерений интенсивности собственного радиоизлучения Солнца. На основе данных радиопросвечивания околосолнечного пространства с использованием космических аппаратов «Венера–15, –16», а также данных вертикального зондирования ионосферы и данных о среднесуточных значениях индекса солнечной активности показано, что солнечная активность, отображаясь в вариациях электронной концентрации сверхкороны Солнца, переносится к Земле со скоростью солнечного ветра, а ее геоэффективные проявления могут быть спрогнозированы на 7–11 суток вперед.

Проведенный анализ влияния различных астрофизических и геофизических факторов на климат, экологию и биологические процессы показывает, что наиболее значимыми среди них и доступными для мониторинга являются солнечно- и лунно-земные связи с циклическими колебаниями разной длительности (от суток до десятков лет). Проявление этих связей (особенно лунно-земных) имеет свои особенности в разных регионах Земли. За период 1993–1995 гг. были получены следующие результаты:

1. Разработаны методика и программное обеспечение поиска эмпирических связей между приземными значениями температуры и давления на конкретных метеостанциях с индексами солнечной активности и ее циклами на основе многолетних рядов измерений, с учетом квазидвухлетних вариаций. Начат сбор метеорологической информации в виде рядов среднесуточных значений температуры и осадков. Получены ряды по пяти станциям длительностью от 19 до 112 лет.

2. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для расчета координат и фазового угла Луны – характеристик взаимного расположения Луны и Солнца относительно Земли.

*Конструкторско-технологический институт «Оптика» СО РАН,  
Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете*

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Основное содержание работ по данному разделу заключалось в организации комплексного регионального мониторинга основных процессов в атмосфере. Для этого в 1994 г. была введена в строй действующих базовая метеорологическая станция (включенная в систему гидрометсети как станция II разряда). С 26 октября 1994 г. проводятся регулярные измерения следующих метеовеличин: температуры воздуха и почвы на различных уровнях; скорости и направления ветра; количества осадков; высоты и типа облачности; кроме этого определялись (с большой дискретностью) радиоактивность и электрические характеристики атмосферного воздуха, толщина снежного покрова, актинометрические характеристики. Определено расположение фоновых полигонов: Киреевское, Казанка и Батурино (Томская область), Ломачевка (Кемеровская область). Для формирования организационной структуры проекта был проведен ряд совещаний, а также создана климато-экологическая обсерватория, основными задачами которой являются научно-методическое и техническое обеспечение на базовом комплексе и фоновых полигонах. Обсерваторией в апреле 1995 г. было проведено Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу, на котором было заслушано около 70 докладов по различным направлениям мониторинга физического состояния атмосферы, подстилающей поверхности, газового состава, аэрозоля, потоков электромагнитного излучения. Опубликованы тезисы докладов этого совещания. Многие из намеченных работ и исследований не были выполнены в полном объеме в связи с недостаточным финансированием.

*Конструкторско-технологический институт «Оптика» СО РАН*

## **МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

В рамках выполняемого проекта основное внимание в 1995 г. было уделено анализу многолетних наблюдений за таежным клещом, переносчиком опасных заболеваний человека – клещевого энцефалита и лаймы. Систематизированы результаты мониторинга численности клеща на двух полигонах вблизи г. Томска. На одном полигоне период наблюдений составил 30 лет (1963–1992 гг.), на другом – 11 (1983–1993 гг.). Сбор клещей проводился по стандартной методике (на белый материал один раз в 10 дней в течение часа с первой декады апреля до конца августа). Кроме того, подготовлена статистика по активности клещей в 1983–1995 гг. на основе учета количества обращений жителей г. Томска и Томского района в пункты серо-профилактики с присосавшимися клещами. По датам обращения определены периоды активности клещей. Результаты анализа позволили сделать вывод, что пик численности клещей на обоих полигонах приходился на период с 15 мая до конца июня. В разные сезоны он значительно отличался по величине, но практически не смещался во времени. На полигоне с 30-

летним периодом наблюдений самая высокая численность зафиксирована в 1981–1982 гг., а наиболее заметные ее спады приходится на 1970–1975 и 1984–1987 гг. На другом полигоне с 1983 по 1985 г. среднечасовая численность клеща медленно падала с 20 до 12 особей в час на одного человека с ловушкой, а с 1986 до 1992 г. поднималась по экспоненте до 84 особей. В 1993 г. среднечасовая численность особей снизилась до 55 особей в час на человека с ловушкой. Судя по числу обратившихся в пункты серопротифилактики людей, показатель активности клещей в 1985–1988 гг. оставался на относительно низком уровне (в пределах 5300 случаев нападения клеща на человека). С 1989 г. начался рост числа обратившихся с укусами клеща людей, достигший максимума в 1992 г. (23443). К 1994 г. активность клещей существенно снизилась (до уровня 13054 человек, обратившихся в пункты серопротифилактики). На основании результатов анализа можно сделать вывод, что продолжительность активного периода, прослеженная за последние 16 лет, постепенно увеличивается. В 1980 г. она составляла 136 дней, а к 1995 г. возросла до 190. В начале 80-х гг. первые клещи появлялись в третьей декаде апреля – в начале мая, в середине 80-х гг. начало активности клещей сместилось к середине апреля, с 90-х гг. клещи просыпались от зимней спячки в первой декаде апреля. В 1995 г. первые несколько обращений с укусами клещей зафиксированы 25 марта. Явное удлинение сроков активности таежного клеща говорит о плавном изменении какого-то лимитирующего фактора, возможно, температуры.

Подводя итог работам по некоторым биологическим аспектам проблемы климато-экологического мониторинга за период 1993–1995 гг., проводившимся в рамках проекта КЭМС НТП «Сибирь», следует отметить основной результат – систематизацию многолетних полевых наблюдений за динамикой различных компонентов биоты (таежных клещей и пауков-кругопрядов, птиц-дуплогнездииков и герпетобионтов) и поиск ее взаимосвязи с изменениями антропогенной нагрузки и трендами климатических факторов.

Самостоятельным разделом в рамках данного мониторинга является исследование реакции основных функциональных систем человека на изменение внешних физических факторов, контролируемых в том числе различными мониторингами проекта КЭМС. Для выполнения такой работы подготовлено методологическое и методическое обеспечение исследований, суть которого свелась к анализу известных положений о действии электромагнитных полей на организм человека, к выявлению ключевых моментов этого влияния на нервную систему, к анализу ритмических явлений головного мозга и построению качественной модели биоритмической организации функциональных процессов различного иерархического уровня. Это позволило, с одной стороны, сформировать рабочую гипотезу о влиянии естественного электромагнитного фона на психосоматические процессы организма человека и сделать предположения о корректирующей роли этого фона на сбалансированность биоритмов организма, а с другой стороны, провести обоснованный отбор психофизиологических показателей, отражающих динамику процессов основных функциональных систем (центральной нервной, сердечно-сосудистой, респираторной, терморегуляции, сенсомоторной) и психического состояния человека. Экспериментальные исследования позволили оценить динамику существенных переменных и функциональных состояний основных подсистем человека на интервалах наблюдений 1993–1995 гг. в международных геофизические дни. В условиях параллельного мониторинга параметров системы «человек – электромагнитный фон» выявлена фундаментальная характеристика этой системы – сопряженность изменения во флуктуациях параметров кардиоинтервалов и электромагнитного фона в частотном диапазоне 0,8–2,5 Гц. При этом изменение уровня функционирования сердечно-сосудистой системы вызвало соответствующие сдвиги в динамике состояний ряда других функциональных систем организма человека. Согласованный характер изменения параметров электрокардиограммы человека и электромагнитного фона позволил отнести электромагнитные поля крайне низкочастотного диапазона к значимым экологическим факторам даже в магнитоспокойные дни.

*НИИ биологии и биофизики при Томском госуниверситете,  
Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете*