

ИНФОРМАЦИЯ

Редколлегия журнала <Оптика атмосферы и океана> приняла решение опубликовать аннотированный отчет по проекту <Климато-экологический мониторинг Сибири> за 1994 г., направленный в исполнительную дирекцию научно-технической программы <Сибирь>, составной частью которой данный проект является.

Выполнение проекта началось в 1993 г. Его цель – координация работ различных научно-исследовательских, проектно-конструкторских и других заинтересованных организаций при решении проблем региональных изменений климата с оценкой степени влияния на эти изменения антропогенных факторов. В настоящее время в проекте принимают участие восемь организаций из различных городов Сибири.

Проект охватывает исследования широкого круга атмосферно-физических и ряда медико-биологических факторов, связанных с климатическими и экологическими проблемами Сибирского региона. Более подробная информация о стратегических направлениях работы, методах и технических средствах, привлекаемых для выполнения проекта, представлена в статье координатора проекта, члена-корреспондента РАН, директора КТИ <Оптика> СО РАН (г. Томск) М.В. Кабанова <Климато-экологический мониторинг Сибири (КЭМС): программа физических исследований по локальным, региональным и глобальным изменениям в атмосфере>, опубликованной во втором номере нашего журнала за 1993 г.

Редакция надеется, что публикация таких отчетов в тематических выпусках журнала станет традиционной.

ОТЧЕТ ПРО ПРОЕКТУ

КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СИБИРИ РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ <СИБИРЬ> (1994 г.)

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

Мониторинг метеорологического (термодинамического) состояния атмосферы

С целью решения задач, поставленных в данном разделе проекта, за отчетный период проведены работы как по созданию материально-технической базы мониторинга основных физических параметров атмосферы, так и по анализу колебаний климата Сибири в масштабах от сезона до десятилетия.

В качестве основной экспериментальной базы в октябре 1994 г. открыта климато-экологическая обсерватория, включающая в себя:

– стандартную метеорологическую станцию (метеостанция создана при непосредственном материально-техническом и методическом содействии Западно-Сибирского управления Роскомгидромета);

– актинометрическую станцию;

– станцию наблюдений за атмосферным электричеством, а также ряд постов наблюдений за аэрозольным и газовым составом воздуха, атмосферной радиоактивностью и т. д. Данная обсерватория является единственной в России как по составу средств наблюдений, так и по набору измеряемых характеристик.

На основе проведенных теоретических исследований с привлечением базы данных по измерениям температуры в 28 пунктах на территории Томской области (за период с 1952 по 1992 гг.) получены оценки изменений среднемесячных и среднегодовых температур различных районов. Установлен, в частности, положительный тренд температуры на всей территории области. Его величина варьирует от 0,84 до 5,15 град / 100 лет в зависимости от конкретного района наблюдений. Отмечено, что на значительных территориях распределение величины тренда носит очаговый характер. Кроме того, по оценке за последние сорок лет скорость потепления в г. Томске стала значительно выше (3,26 град / 100 лет) по сравнению с оценкой для периода 1875–1992 гг. (1 град / 100 лет).

Конструкторско-технологический институт <Оптика> СО РАН, Томск,
Томский государственный университет

Мониторинг динамики атмосферы

Проведены работы по развитию базовых математических моделей для исследования изменений в климатической системе промышленных регионов и процессов переноса и трансформации примесей в атмосфере, 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 по принципу вложения пространственно-временных масштабов, от локального до мезорегионального. Отработка моделей и методики их применений осуществляется на примере Новосибирского промышленного региона, включающего г. Новосибирск.

Проведена адаптация моделей к условиям этого региона. Предусмотрены три модификации модели – для отдельного района, всего города и региона. Модели могут работать в режиме <текущих ситуаций> и в режиме прогнозно-экспертных сценариев моделирования. Чтобы объединить задачи мониторинга и прогнозирования реализуются методы прямого и <обратного> моделирования. В частности, реализован метод районирования территорий по степени антропогенных воздействий и оценок областей влияния для конкретных <охраняемых> зон и для наблюдателей, проводящих в них измерения концентраций примесей. Эти расчеты позволяют спланировать наблюдательные эксперименты с использованием функции чувствительности функционалов, моделирующих режимы наблюдений.

В части совершенствования технических средств мониторинга термодинамического состояния атмосферы проведена модернизация трехкомпонентного ультразвукового анемометра-термометра, обеспечившая измерение как средних, так и турбулентных характеристик температуры и ветра, потоков тепла, количества движения воздуха.

Вычислительный центр СО РАН, Новосибирск
Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Мониторинг атмосферного аэрозоля, облачности и осадков

Наряду с текущим мониторингом контролируемых параметров проведены полномасштабная обработка и анализ результатов мониторинга в 1993 г. Исследованы суточные и ежемесячные вариации счетной концентрации и дисперсного состава аэрозоля как в фоновых условиях сельского района, так и вблизи крупного города (Томск). Установлено, что максимум счетной концентрации аэрозоля в приземном слое атмосферы приходится на зимние месяцы из-за наименьшей среди всех сезонов высоты слоя перемешивания. Отмечено, что изменения грубодисперсной фракции аэрозоля при переходе от весны к лету в определенной степени связаны с фотохимическими процессами его генерации.

Большое внимание в 1994 г. было уделено интеркалибровке контактных и бесконтактных (дистанционных) средств контроля параметров атмосферного аэрозоля в приземном слое и тропосфере. Были задействованы следующие системы: самолетный нефелометр, измеритель спектральной прозрачности, измеритель спектральной аэрозольной толщи всей атмосферы, аэрозольный лидар <ЛЮЗА-3>, аэрозольный ветровой лидар <ЛИСА>, самолетный лидар <Макрель> и поляризационный лидар <Стратосфера>. Измерения проводились в летний период на территории Климато-экологической обсерватории (Томск) и с борта самолета-лаборатории <Оптик-Э>. Результаты сравнения показали удовлетворительное согласие измеренных значений оптических параметров аэрозоля в диапазоне высот до 4,5 км. Выявлены некоторые систематические отклонения профилей, определяемых лидарами, связанные с несовершенством использованных алгоритмов обработки лидарных сигналов. Общий диапазон невязки значений, измеренных различными приборами, не превышал в среднем 30–50%.

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Мониторинг атмосферных газов

В соответствии с ранее выбранными приоритетами по мониторингу газовых компонентов атмосферы на данном этапе проводились работы по методологическому и материально-техническому обеспечению наблюдений текущих концентраций основных биосферных (O_2 , N_2 и др.), парниковых (CO_2 , CH_4 , H_2O , O_3 и др.) и опасных для здоровья человека газов природно-

го и антропогенного происхождения (пары ртути, тяжелые углеводороды, фтор и хлорсодержащие соединения, окиси серы и азота и др.).

Разработаны и переданы для аттестации в Госстандарт методики определения ртути и ее соединений в воде и в почве. Методики определения ртути в биообъектах аттестованы Госстандартом. Проведены исследования ореолов рассеяния ртути вокруг антропогенных источников. При параллельном анализе партии биообъектов анализатором РГА-11, использованным при мониторинге паров ртути, и на аппаратуре фирмы Perkin Elmer разница в результатах не превышала 5%.

Для паспортизации оптико-акустических газоанализаторов в 1994 г. совместно с Институтом физической химии Академии наук Чехии сформирована международная программа развития средств оптико-акустического газоанализа. В соответствии с этой программой в 1994 г. проведены исследования порога чувствительности оптико-акустического детектора при одновременной диагностике C_2H_4 и CO_2 в воздухе на оптимальных длинах волн генерации CO_2 -лазера (10,591 и 10,532 мкм). Эти исследования были выполнены на стенде Института физической химии Академии наук Чехии в Праге с одновременным использованием стандартных аналитических методов.

На экспериментальной базе Климато-экологической обсерватории введен в состав газоизмерительной аппаратуры оптико-акустический измеритель концентрации CO в воздухе. В 1995 г. планируется усовершенствование этой аппаратуры и проведение ее международной интеркалибровки в Институте физической химии АН Чехии.

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск
Конструкторско-технологический институт <Оптика> СО РАН, Томск
Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете

Мониторинг озона и компонентов озонового цикла

В течение 1994 г. проводились регулярные лидарные наблюдения вертикального распределения стратосферного озона и аэрозоля. Анализ лидарных данных показал уменьшение загрязнения стратосферы аэрозолем вулканического происхождения. Величина максимума отношения рассеяния снизилась с 2-х в начале до 1,2 к концу года, что лишь немного превышает фоновое значение (1,15). Это говорит о том, что влияние на озоновый слой вулканического аэрозоля после извержения вулкана Пинатубо, которое еще сказывалось в 1993 г., практически закончилось.

Проводились регулярные наблюдения за общим содержанием озона (ОСО) и приземным озоном. В июле 1994 г. озонметр М-124 был откалиброван в ГГО им. Воейкова (г. С.-Петербург), после чего была проведена корректировка измеренных ранее данных по ОСО. Наблюдения за ОСО показали высокую корреляцию изменчивости атмосферного озона с изменчивостью синоптических атмосферных процессов. Установлено, что общее содержание озона возросло на 7–8% по сравнению с 1993 г.

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Мониторинг потоков ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения

В соответствии с планом работ по мониторингу потоков оптического излучения проведена автоматизация измерений потоков суммарного и рассеянного излучения, прямой солнечной радиации и продолжительности солнечного сияния (ПСС). Разработанный в ИОА СО РАН автоматизированный радиационный комплекс включает стандартный пиранометр М80-м, электромеханическую приставку затенения пиранометра, датчик ПСС, многоволновой фотометр и персональный компьютер типа АВМ РС АТ 386 / 387 с аналого-цифровым преобразователем. Данный комплекс испытан в режиме непрерывных измерений. Проведен двухмесячный (весенне-летний) цикл радиационных наблюдений (непосредственно в г. Томске и на научной базе ИОА СО РАН в сельской местности). Кроме того, по результатам мониторинга в 1993 г. завершены обработка и интерпретация результатов исследований вариаций потоков видимого и ИК-излучения в районе г. Томска.

Заложены основы для создания электронной базы данных по потокам ультрафиолетового излучения Солнца, доходящего до земной поверхности, в соответствии с алгоритмом которой результаты наблюдений записываются для трех спектральных областей в 3–8 различных режимах. Серии измерений, проводившихся через 1 или 3 мин, показали, что существует неко-

торая квазипериодичность, налагающаяся на колоколообразную зависимость УФ-облученности Земли от времени дня. Квазипериодичность (характерный период 20–30 мин) не всегда связана с облачностью, так как она наблюдается иногда в ясную погоду.

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

Мониторинг потоков радиоволнового излучения

Для решения задач оценки уровня напряженности электромагнитного поля (ЭМП) в различных регионах земной поверхности и в ионосфере построена математическая модель пространственно-временного распределения плотности ЭМП от источников искусственного и естественного происхождения в околоземном пространстве. В соответствии с разработанной моделью проведена серия численных экспериментов по оценке влияния взаимного расположения источников радиоизлучения, состояния ионосферной плазмы, характеристик отражения и поглощения радиоизлучения подстилающей поверхностью Земли, а также других факторов на пространственно-временное распределение плотности электромагнитного излучения в приземном слое и околоземном пространстве.

В соответствии с разработанной концепцией мониторинга электро-магнитных потоков разработан и введен в регулярные экспериментальные исследования приемный измерительно-вычислительный комплекс. Комплекс позволяет накапливать информацию по измеренным спектрам мощности сигналов в диапазоне частот 1 – 30, 90 – 1000 Гц и спектрам мощности в диапазоне частот 1 – 40 Гц огибающих сигналов НЧ радио-диапазона 1 – 300 кГц и аналогичным спектрам огибающих сигналов КВ радиодиапазона 1 – 30 МГц на выбранных частотах. Велась измерения спектров огибающих четырех регулярно работающих радиостанций. Электромагнитный мониторинг потоков радиоизлучений в диапазоне частот 1 – 30 МГц велся по регулярным дням Международного геофизического календаря.

Изучены закономерности и аномалии в вариациях уровней электромагнитного фона окружающей среды. В радиодиапазоне 1 – 30 Гц аппаратурой фиксируются глобальные резонансы резонатора Земля–ионосфера, так называемые шумановские резонансы. К аномалиям можно отнести зафиксированные изменения резонансных частот и добротностей резонансов, связанные, по-видимому, с локальным изменением параметров стенок резонатора при техногенном воздействии. В области частот шумановских резонансов наблюдается присутствие спектральных линий сигналов явно техногенного происхождения.

Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете

Мониторинг атмосферного электричества

Для регистрации напряженности и картирования электрических полей в городе и вблизи промышленных предприятий создан передвижной комплекс, включающий в себя струнные датчики. На основе анализа имеющихся технических и программных средств, а также международного опыта создания и эксплуатации региональных и картографических компьютерных банков данных (геоинформационных систем) рассмотрены возможности построения компьютерных карт напряженности электрического поля. Выбраны функции, структура организации, принципы проектирования и определения необходимых для построения искомого карт аппаратно-программных средств.

Известно, что основное влияние электрических полей на биосистемы происходит только при изменениях этих полей, начиная с вариаций порядка 1–2 В / м. Проведенные в 1994 г. измерения напряженности электрического поля в условиях <хорошей погоды> показали, что всегда существуют флуктуации, которые усиливаются в дневные часы и при устойчивом ветре со стороны промышленного предприятия. В реальных условиях при совокупном естественном (ветер, Солнце и т. п.) и антропогенном воздействии на атмосферу наблюдаются изменения напряженности 260 В / м с частотой 5 Гц. При грозе электрические поля достигают 2000–3000 В / м за 0,1 с.

Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете

Мониторинг физического состояния подстилающей поверхности

В 1994 г. внимание было сосредоточено на подготовке данных и разработке алгоритмов их использования для составления первой версии атласа электрических характеристик почвогрун-

тов Томской области и смежных с нею регионов. Исследования проводились в двух направлениях. Первое направление – сбор данных о почвогрунтах и многолетних наблюдениях сезонных изменений их состояния: температуры, влажности, состава и т. д. Второе направление связано с разработкой алгоритмов электрического картирования территорий, основанного на результатах наблюдений неэлектрических характеристик почвогрунтов. Для этого потребовалось разработать физико-математическую модель, позволяющую с приемлемой точностью описывать поведение электрических характеристик почвогрунтов различного состава и в различных условиях.

В основу этой модели положены уравнения тепло- и влагопереноса в почвогрунтах и закономерности связи их электрических и почвоведческих характеристик. Проверка работоспособности предложенной модели на основе экспериментов на опорной площадке (с. Казанка Томского района), а также по имеющимся в литературе данным показала адекватность реальным условиям. Практическим результатом работ является создание базы исходных данных для первой версии атласа электрических характеристик почвогрунтов Томской области.

Еще одним итогом работ по данному мониторингу служит подготовленная к наполнению конкретными данными схема каталогизации спектрального альbedo подстилающей поверхности контролируемой территории Сибири. Подразумевается использование совокупности наземных, самолетных и космических средств наблюдения. Оценен диапазон вариаций альbedo основных ландшафтов Сибирского региона в различные сезоны. Например, альbedo болот зимой может составлять 65–80%, а летом только 11–23%. Причем в зависимости от масштабов осреднения альbedo по площади его контрасты могут достигать десятков процентов.

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

Мониторинг физического состояния верхней атмосферы

Работы в рамках данного мониторинга проводились силами двух институтов: Институтом солнечно-земной физики (ИСЗФ) СО РАН (г. Иркутск) и Сибирским физико-техническим институтом при Томском госуниверситете. В ИСЗФ СО РАН станция вертикального зондирования ионосферы кроме стандартного канала наблюдения высотно-частотных характеристик дополнена усовершенствованной антенной системой, которая позволяет с помощью специальной математической обработки смещенной квадратурной компоненты наблюдать движение ионосферных неоднородностей, их структуру и масштаб.

Наблюдения в длинноволновой области радиочастот позволяют измерять ветровую структуру в верхней части средней атмосферы или в нижней термосфере. Здесь накоплен значительный ряд наблюдений, позволяющий сделать выводы о взаимосвязи атмосферных движений с различными гелио- и геофизическими параметрами. Проводятся исследования связи этих движений с параметрами вышележащей атмосферы, в частности, найдена связь с высотой спорадических образований в ионосфере. 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. В настоящее время база данных содержит результаты съемки с 25 ионосферных станций СНГ с конца 50-х по конец 80-х годов, а также ряда зарубежных станций.

Проведено усовершенствование обработки информации, получаемой с метеорологических спутников. Планируется реализовать возможность наблюдений температуры, облачности, содержания озона и ряда других параметров атмосферы.

Сибирским физико-техническим институтом с помощью комплексов вертикального и наклонного доплеровского зондирования были проведены измерения свойств ионосферы по регулярным дням Международного геофизического календаря. Проанализированы среднегодовые значения медианных критических частот слоя F2 в 12 ч местного времени и среднегодовые значения чисел Вульфа, характеризующих солнечную активность, за период с 1936 по 1993 гг. Установлена их высокая взаимная корреляция, что подтверждает определяющую роль солнечного излучения в образовании ионосферы Земли. По данным зондирования установлены параметры волновых возмущений в верхней атмосфере, возникающих над Западно-Сибирским регионом при антропогенных воздействиях, связанных с выводом на орбиту или маневрами космических аппаратов. Показано, что время существования этих волновых воз-

мушений составляет несколько часов. Установлено, что вывод космических аппаратов на орбиту приводит к возбуждению верхнего атмосферного волновода.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск
Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете

Мониторинг атмосферной радиоактивности

В 1994 г. проведены теоретические и экспериментальные исследования радиолокационного метода дистанционного обнаружения и измерения отличающейся от фоновой радиоактивности локальных областей атмосферы, связанной с выбросами атомных станций и ядерно-химических производств в штатных и отличающихся от них режимах. По справочным данным рассчитан изотопный состав выбросов, пространственно-временные параметры радиоактивного облака, численно исследованы процессы термализации пространственно распределенных потоков излучения различного вида, взаимодействия бета-частиц и гамма-квантов распада с воздухом, как многокомпонентной средой. Все это послужило базисом для оценок эффективной площади рассеяния при радиолокационном зондировании радиоактивных областей атмосферы. Проведенные с помощью трех пространственно разнесенных локационных станций эксперименты по диагностике промплощадок Сибирского химического комбината и Томского нефтехимического комбината, а также штатных выбросов ядерного реактора НИИЯФ ТПУ, подтвердили теоретические предпосылки и позволили построить схематическую карту участков с повышенным по отношению к фону радиационным загрязнением.

В конце июля – начале августа 1994 г. были проведены экспедиционные работы по измерению экспозиционных доз гамма- и бета- излучений в отдельных точках вблизи автотрассы Томск–Семипалатинск. Применялся дозиметр <Габета>, разработанный и изготовленный в КТИ <Оптика> СО РАН. В результате измерений установлено, что вдоль обследованной трассы мощности экспозиционной дозы излучения не превышали 20 мкР / ч, причем имеет место очаговое распределение доз с контрастностью порядка 1,5 раза.

НИИ ядерной физики при Томском политехническом университете,
Конструкторско-технологический институт <Оптика> СО РАН, Томск

Мониторинг астрофизических и геофизических факторов

С целью контроля гелиогеофизических факторов подготовлен пункт ежедневного наблюдения (в 12 ч местного времени) за индексом солнечной активности, имеющий в своей основе радиотелескоп на длине волны 10,7 см с эффективной площадью 25 м² и шириной диаграммы направленности по половинной мощности в перпендикулярных плоскостях 0,7 и 3° соответственно. Кроме того, в мониторинговом режиме (в соответствии с Международным геофизическим календарем) проведены измерения вариаций *H* и *Z* компонентов геомагнитного поля Земли в спектральном диапазоне от 0 до 10 Гц.

В рамках работ, предусмотренных проектом, запущена в режим предварительных измерений сейсмометрическая станция, состоящая из трех сейсмографов <ВЭГИК>. Проведены предварительные измерения и спектральная обработка, показавшие работоспособность как самих датчиков, так и цифрового канала передачи данных. Ведется монтаж станции в стационарном режиме, после чего будут проведены работы по калибровке и запуску сейсмометрической станции в мониторинговом режиме.

Завершен первый этап по созданию Центра космического мониторинга контролируемых параметров и процессов. В данное время Центр освоил прием информации от радиометров, расположенных на борту спутников серии NOAA, в двух спектральных окнах – 0,58–0,68 мкм и 11,5–12,5 мкм. Ширина скана составляет 2 800 км с разрешением 4 км. Идет наработка алгоритмической базы для использования всего потенциала принимаемой со спутников информации.

Сибирский физико-технический институт при Томском госуниверситете

Медико-биологические последствия климато-экологических изменений окружающей среды

На Ломачевском стационаре (Кемеровская обл.) НИИ биологии и биофизики в 1994 г. продолжены работы по экологическому мониторингу с целью определения влияния климатических и антропогенных факторов на функционирование биологических систем. Для решения поставленных задач были использованы биологические методики, в частности, методом денд-

рохроноиндикации собран экспериментальный материал для ретроспективной оценки климатических условий в данном регионе за период 100 ± 10 лет. Данный материал может быть использован также для построения хронологической карты содержания радионуклеотидов и некоторых других вредных веществ за период примерно 50 лет.

Продолжены работы по изучению структуры ловчих сетей пауков-кругопрядов и их аномалий по сезонам и районам с различной степенью техногенных нагрузок. Установлено: 1) повышение процента аномальных сетей в зонах с повышенной техногенной нагрузкой (ареал г. Томска) по сравнению с контролем (Ломачевский полигон), 2) изменение соотношения различных типов аномалий и появление новых.

При определении влияния сезонных и погодных условий на почвенных насекомых и пауков проводились наблюдения за изменением герпетобионтов (членистоногие, обитающие в припочвенном слое) и динамикой их численности. Собран фондовый материал и начат его анализ.

На модельных видах птиц-дуплогнездниках велись наблюдения за их экологией размножения. По имеющемуся многолетнему ряду наблюдений за скворцом обыкновенным был проведен факторный анализ по определению влияния годовых, биотопических и антропогенных (переменные электрические поля, создаваемые ЛЭП-500) факторов на его репродуктивные показатели. На примере развития птенцов скворца отработана методика по определению влияния ряда факторов среды обитания на растущий организм птиц.

Продолжены работы по исследованию экологических аспектов динамики психофизиологических состояний человека в структуре мониторинга физических факторов окружающей среды. На основе анализа полной структуры электрокардиограмм операторов, зафиксированных в 1993–1994 гг. (с привязкой к Международному геофизическому календарю), получены суточные и годовые зависимости средних значений выборочных статистик кардиоинтервалов. Выявлено существование ряда максимумов как в суточных, так и в годовых циклах. Для тестирования реакций операторов в условиях фонового электромагнитного поля (как одного из гелиогеофизических факторов) запущен в эксплуатацию программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий полисенсорную стимуляцию, управляемую или одним из ведущих биоритмов организма, или сигналами с частотным диапазоном 1–40 Гц. Обработка полученных результатов позволила выделить оптимальные психологические тесты, адекватно отражающие текущие психофизиологические кондиции испытуемых.

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