

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ\*

Е. М. КОЗОДОЕВА

*Институт мониторинга климатических и  
экологических систем СО РАН, Томск, Россия*

e-mail: klen@iao.ru

Н. А. ЛАВРЕНТЬЕВ, А. З. ФАЗЛИЕВ

*Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск, Россия*

e-mail: lnick@iao.ru, faz@iao.ru

The information-computational systems (ICS) “Atmospheric Aerosol” (<http://aerosol.atmos.iao.ru>) and “Atmospheric Radiation over Siberia” (<http://sibrad.iao.ru>) are described. Data storage structure for the currently being developed network for monitoring radiationally important atmospheric components is presented. Computational part of the resources involves a version of aerosol calculator created for algebraic calculations of aerosol physical characteristics; the Andreev — Ivlev model for calculating aerosol optical characteristics of the atmospheric boundary layer in horizontal paths, and the program for calculating the extinction and absorption coefficients and elements of the scattering matrix for radiation scattering at a spherical one- and two-layer particle and ensemble of particles.

## Введение

Исследование атмосферных аэрозолей играет особую роль при анализе физических и химических процессов в воздушной среде. Концентрация аэрозолей является критическим параметром, делающим возможным направленное их использование для изменения оптических свойств воздушной среды и влияния на термодинамические процессы. Важное значение имеет воздействие аэрозоля на облако- и осадкообразование. Поскольку мониторинг состояния и поведения аэрозоля ведется, в первую очередь, оптическими методами, то, естественно, наиболее актуальным является знание оптических свойств и характеристик аэрозоля в разных агрегатных состояниях при разном химическом составе [1].

Исследования атмосферного аэрозоля, требующие использования информационно-вычислительных систем (ИВС), проводятся в двух направлениях: создание аэрозольной мо-

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке INTAS (грант № 00-189), Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 04-07-90123) и школы чл.-корр. РАН С.Д. Творогова (грант № НШ-373.2003.5).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2005.

дели атмосферы Земли и описание свойств аэрозолей во всем их многообразии. Первое направление требует создания сети измерителей и реализуется в NASA. Второе направление ориентировано на построение системы знаний об атмосферном аэрозоле и требует значительных коллективных усилий и системного подхода.

Эти направления полностью определяют конструктивные особенности создаваемых ИВС. Прежде всего разрабатываются информационные системы для поддержки сети измерителей аэрозольных характеристик атмосферы и для представления этих данных в Интернете. Развитие сетей мониторинга на основе приборов, передача информации от которых в центры обработки данных происходят в автоматическом режиме, существенным образом укорачивают путь от измерения до расчета на их основе. Данная ситуация хорошо вписывается в такое понятие, как Grid [2]: создается сеть приборов, в данном случае фотометров, подключенных к компьютерам, данные с которых собираются на сервере и обрабатываются некоторым программным обеспечением, а затем помещаются в информационное хранилище и становятся доступными научному сообществу.

На данный момент времени лучшим и, пожалуй, единственным примером действительно автоматической информационной системы мониторинга является сеть AERONET [3], насчитывающая около 130 станций на всех континентах. Однако в России размещено всего восемь станций.

Предоставление доступа к данным сети AERONET производится через Интернет-сайт [4]. Все данные этого сайта разделены на три уровня по степени обработки: полный набор исходных данных, данные, отфильтрованные по отсутствию облачности, и данные, проверенные на отсутствие облачности и достоверность значений. На сайте имеются средства графического просмотра информации, а также возможно скачивание данных в виде файла-архива, содержащего данные за выбранный промежуток времени и с заданной измерительной станции. В графическом виде на сайте доступны такие физические параметры, как аэрозольная оптическая толщина, параметр Ангстрема и влагосодержание. Дополнительно предоставляется информация о дате последней калибровки приборов и их физических характеристиках.

Среди российских информационных систем, ориентированных на работу с экспериментальными данными, можно отметить системы, созданные в Новосибирске [5] и Томске [6]. Эти ИВС содержат средства для выполнения запроса на выбор интересующих пользователя подмножеств данных, извлечение их из баз данных и отображение на сайте.

Наиболее популярным вычислительным ресурсом для решения задач, связанных с аэрозольными измерениями, является аэрозольный калькулятор [7], существующий в сети Интернет в виде файла в формате Excel (при полном отсутствии комментариев и описания областей применимости и т.п.).

Современные информационные системы имеют трехуровневую структуру: уровень данных и вычислений, информационный уровень и уровень знаний. В нашей работе описывается уровень данных и вычислений информационных систем “Атмосферный аэрозоль” и “Атмосферная радиация над Сибирью”. В частности, описано информационное обеспечение сети мониторинга радиационно-значимых компонентов атмосферы. Структурными компонентами сети являются аппаратная часть, программное и информационное обеспечение [6]. В состав аппаратуры входят: а) солнечные фотометры типа SP-6 в трех районах Сибири; б) автоматизированный радиационный комплекс в Томске для измерения компонентов приходящей радиации.

Промежуточное программное обеспечение, на основе которого созданы рассматриваемые ниже ИВС, описано в работе [8]. Использование стандарта Института оптики ат-

мосферы СО РАН [10] и дало технологическую основу для построения более сложной информационной структуры для обслуживания региональной сети солнечных фотометров [11]. Общий подход, примененный нами для описания данных и информационных ресурсов, ориентированных на использование в атмосферных науках, описан в [12].

## 1. Организация данных и вычислений

В этом разделе описана организация данных и вычислений, преимущественно относящихся к предметной области рассматриваемых ИВС.

Для организации данных сайтов выбраны три модели данных:

- структурная модель для хранения данных о первичных сигналах фотометров, их паспортах и физических характеристиках, получаемых из сигналов;
- слабоструктурированная модель для данных терминологического глоссария и коллекции ссылок на Интернет-ресурсы;
- неструктурированная модель для хранения материалов конференций по атмосферному аэрозолю и монографий.

Заметим, что используемое нами промежуточное программное обеспечение [8] основано на структурированной модели данных. Детали организации данных, относящихся к предметной области, описаны ниже.

Наиболее значительное ограничение на технологию вычислений в ИВС накладывает архитектура клиент-сервер. В рамках этой архитектуры важным является то, где проводятся вычисления: на стороне клиента или сервера.

В Интернет-доступных системах для проведения вычислений только на стороне клиента, как правило, используются Java-script или Java-applet. Однако возможности такого подхода ограничены задачами, не требующими высокопроизводительных вычислительных ресурсов или использующими небольшой по объему пересылаемый клиенту код.

Инструментальные средства для организации вычислений на серверной стороне значительно богаче. Более того, на стороне сервера используются более мощные вычислительные ресурсы и более эффективно по времени их выполнения решение задач, требующих регулярного обращения к базам данных. С точки зрения гибкости интерфейса пользователя при организации вычислений на стороне сервера для решения задачи ключевым моментом является то, как организована работа с данными пользователя. Наиболее распространен подход, при котором для решения задач данные пользователя не хранятся на сервере, а только доставляются клиенту после проведения вычислений. Связано это с тем фактом, что такая организация вычислений не требует создания системы управления данными пользователя (СУДП) на стороне сервера.

В ИВС, описанных ниже, используется СУДП, созданная для портала ATMOS [8]. Она позволяет организовать хранение данных пользователя, обеспечить целостность его данных, переименовывать и удалять структуры данных пользователя и организовывать сравнение результатов решенных однотипных задач.

Стоит отметить, что наша практика работы с вычислительными ресурсами в области атмосферных наук указывает на то, что большинство задач, решаемых в Интернет-доступных ИВС, требует многократного обращения к серверам, а значит, и создания СУДП. Это означает, что создание СУДП является актуальной задачей.

Комплексный подход, в рамках которого одна часть вычислений проводится на стороне клиента, а другая — на стороне сервера, практически не распространен в Интернете.

Тем не менее, на наш взгляд, его использование перспективно в задачах графической обработки предметных данных.

## 2. Сеть мониторинга радиационно-значимых компонентов атмосферы

Основным измерительным устройством создаваемой на территории Сибири сети мониторинга радиационно-значимых компонентов атмосферы является фотометр SP-6 [13]. Он предназначен для автоматизированных (без участия операторов) круглогодичных измерений спектральной прозрачности атмосферы, производимых с целью последующего восстановления общего содержания аэрозоля (аэрозольная оптическая толща), водяного пара и озона.

Фотометр включает в себя три оптико-электронных канала, каждый из которых состоит из входного окна, линзы и фотоприемника. Оптико-электронный канал и один фильтр образуют измерительный канал. Количество измерительных каналов в фотометре совпадает с числом фильтров.

### 2.1. Циклы обработки измеряемых данных

В течение светлого времени суток проводятся два типа измерений. Каждую минуту в восемнадцати частотных диапазонах измеряется падающее солнечное излучение в единицах 12-разрядного аналого-цифрового преобразователя. Каждый час проводится диагностическое измерение работы самого фотометра и метеодатчиков. Число измерений в сутки определяется продолжительностью светового дня (критерий продолжительности: по высоте Солнца — от  $\approx 10$  град. на востоке до  $\approx 10$  град. на западе). Данные последовательных суточных измерений располагаются в виде очереди.

Формируемые за сутки два файла передаются на сервер в Институт оптики атмосферы СО РАН, где программа-анализатор разбирает эти файлы и заносит в базу данных. В этих файлах находятся сигналы, требующие обработки, и диагностические данные, характеризующие состояние устройства при измерениях [14].

*Организация транспортировки первичных данных.* Поток данных поступает с нескольких фотометров, находящихся в разных географических точках и обслуживаемых разными группами исследователей. Значения исходных сигналов зависят от отдельных элементов фотометра, через которые они получены. Каждый элемент измерительного канала обладает собственными характеристиками, которые в совокупности определяют функцию спектрального пропускания всего измерительного канала. На основе параметров функции пропускания происходит обработка исходных сигналов. Характеристики элементов с течением времени могут изменяться, кроме того, эти элементы могут переставляться из одного фотометра в другой. В таких ситуациях требуется установить однозначную связь между значениями исходных сигналов, записанных в файл, и измерительными каналами фотометра. Для решения этой задачи файл организуется в виде XML-документа. В XML-схеме указывается связь между сигналами и измерительными каналами. На стороне сервера XML-документы проверяются на соответствие XML-схеме, разбираются, и данные из них заносятся в базу данных исходных сигналов.

*Перевод сигналов в физические характеристики.* Для расчета физических характеристик атмосферы на базе измеренных сигналов необходимо получить информацию о фото-

метре: параметры функций пропускания и калибровочные константы для измерительных каналов, а также его географические координаты. Для выбора алгоритма обработки сигналов определяющим является спектральный интервал, в котором произведено измерение. Далее проверка рассчитанных параметров атмосферы на допустимость значений проводится в автоматическом режиме расчетным модулем, но под контролем администратора, который в случае необходимости в диалоговом режиме может внести необходимые изменения. Обработанные таким образом характеристики заносятся в базу данных физических характеристик.

Следующий этап — формирование HTML-документов и представление рассчитанных данных в Интернет. Этот этап будет описан ниже.

*Обновление параметров приборов.* Раз в год проводится обновление значений физических характеристик элементов измерительного канала, используемых в расчетах. Этот этап включает в себя поверки элементов фотометров. После поверок проводятся пересчет характеристик устройств и обновление информации в паспортах устройств. Данные о физических характеристиках устройств являются основой для работы расчетного модуля из ежесуточной технологической цепочки.

## 2.2. Информационное хранилище

При работе с экспериментальными данными в ИВС необходима возможность восстановления конфигурации эксперимента, условий проведения, данных обработки для произвольно заданного момента времени. Другими словами, такое требование приводит к задаче формирования некой виртуальной модели солнечной фотометрии атмосферы. База данных играет роль информационного хранилища виртуальной модели и используется на всех этапах мониторинга: настройки и калибровки оборудования, регистрации данных наблюдений, обработки данных и формирования представления пользователю [15].

Структура базы данных включает в себя три смежные части.

1. *Паспорта фотометров и их элементов.* Поскольку все приборы и их элементы имеют собственные характеристики, изменяющиеся во времени, а элементы могут быть переставлены из одного прибора в другой или заменены на новые, разработан механизм паспортизации приборов, их элементов и измерительных каналов. Паспорта делятся на две категории: действующие (не задан срок окончания действия паспорта) и закрытые (заданы сроки начала и окончания действия паспорта). С помощью действующих паспортов в базе данных отображается текущее состояние сети солнечных фотометров, а при помощи закрытых паспортов возможно восстановление как конфигурации всей сети фотометров, так и отдельных фотометров в заданный промежуток времени. Все паспорта, кроме паспортов измерительных каналов, содержат характеристики объектов и дополнительные комментарии. Связующим звеном между паспортами приборов и паспортами их элементов являются паспорта измерительных каналов, в которых кроме параметров канала хранятся идентификаторы паспортов элементов, в него входящих, и идентификатор паспорта прибора, в котором физически установлены данные элементы.

2. *Данные измерений.* В этой части базы данных хранятся ежеминутные исходные сигналы, характеризующие падающее солнечное излучение и почасовые диагностические данные, описывающие работу самих приборов и метеорологическое состояние окружающей среды в местах замеров. В диагностические данные входят технические параметры (сигналы внутреннего, внешнего и входного термостатов, сигнал датчика Солнца, напряжение питания, сигнал центрального фотодиода, частота модуляции, состояние парковки)

и метеорологические данные (температура и влажность воздуха, атмосферное давление).

3. *Рассчитанные физические характеристики атмосферы.* Здесь хранятся рассчитанные физические характеристики (аэрозольная оптическая толщина, параметр Ангстрема, влагосодержание и др.), усредненные за час и за сутки. При вычислении осредненных значений параметров используется сложный алгоритм, обрабатывающий большой объем данных, поэтому было принято решение хранить осредненные значения физических характеристик в базе данных, а не вычислять по запросу пользователя.

### 3. Сайт “Атмосферная радиация над Сибирью”

Для отображения физических характеристик атмосферы, хранящихся в базе данных, создан сайт “Атмосферная радиация над Сибирью” [16]. На нем представлены описание сети мониторинга и приборов, в нее входящих, а также архив измерений, проведенных с 1992 по 2002 год в Томске и на полигоне вблизи п. Киреевск (Томская область). Этот архив включает в себя следующие физические характеристики: временная изменчивость и спектральная зависимость аэрозольной оптической толщи, параметр Ангстрема и влагосодержание. Пользователь может выбрать измерительное устройство, задать интервал времени измерений и спектральный диапазон и получить одну из указанных выше физических характеристик. Поскольку данные в архиве имеют некоторую скважность, т.е. они не непрерывны по времени, для удобства выбора интервала времени измерений предложено использовать графическое отображение наполненности базы данных.

Пользователи сайта разбиты на группы, которым доступны разные категории ресурсов. Для пользователей с минимальными правами доступен архив данных.

На рис. 1 показано наличие измерений по годам для разных значений длин волн. Анализ графического представления темпоральных данных (рис. 1) позволяет выбрать диапазоны длин волн и период времени, наиболее подходящий для исследователя. Для

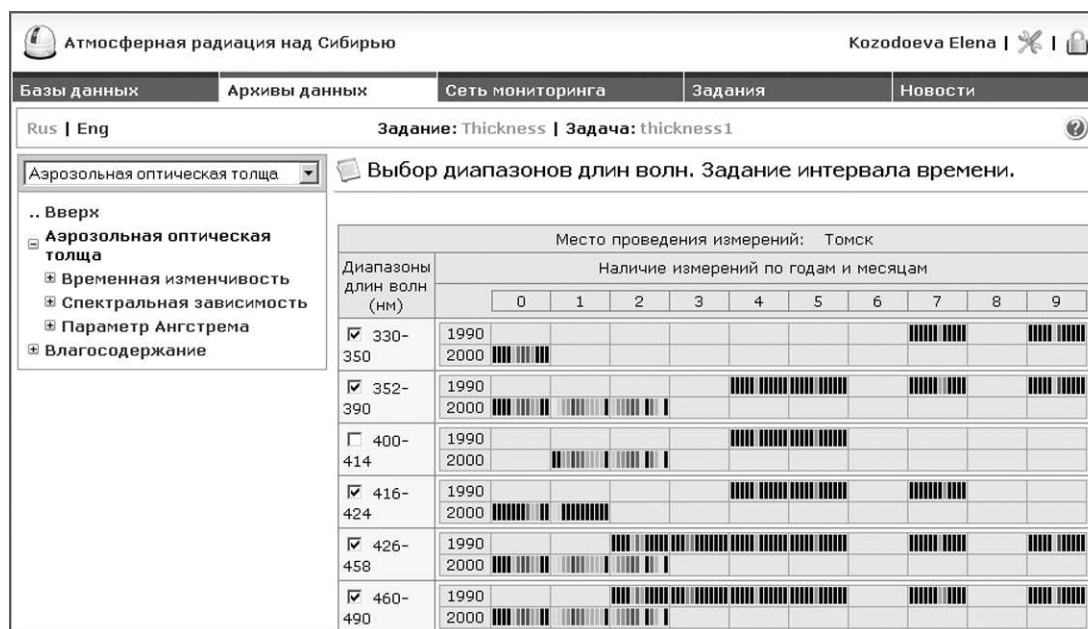


Рис. 1. Графическое представление наличия данных для аэрозольной оптической толщи по годам и спектральным интервалам.

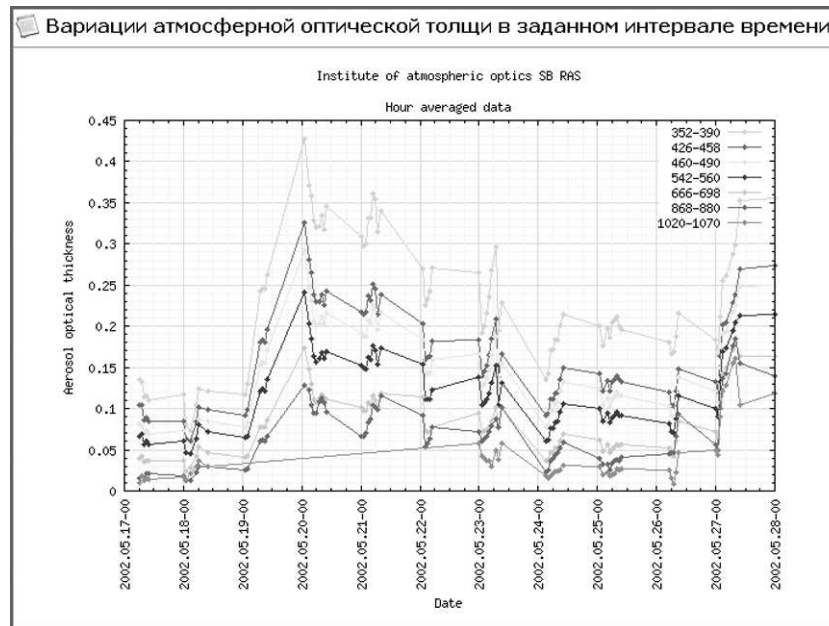


Рис. 2. Графическое представление аэрозольной оптической толщины.

заданного интервала времени доступно построение временной изменчивости оптической толщины атмосферы, ее спектральной зависимости от длины волны излучения и параметра Ангстрема (рис. 2). Другой значимой физической характеристикой, имеющейся в архиве данных, является влагосодержание.

Работа с данными на низком уровне требует административных прав доступа. Можно выделить два типа администраторов. Одни работают с данными измерений, и для них создан раздел базы данных, в рамках которого доступны исходные сигналы и паспорта устройств. Вторая группа администраторов занимается поддержкой информационной системы, основой которой является ядро промежуточного программного обеспечения (ППО). Созданное на основе Интернет-технологии ППО позволяет администрировать данные администраторам, находящимся в разных географических точках.

Технические характеристики приборов радиационного комплекса и фотометров описаны на сайте в разделе “Сеть мониторинга”.

Базы данных создаваемой информационной системы будут дополнены данными сибирского сегмента сети AERONET и данными радиационных измерений, проведенных в ИОА СО РАН.

## 4. Сайт “Атмосферный аэрозоль”

Основное назначение сайта — решение ряда типовых задач, ориентированных на вычисление оптических характеристик аэрозоля, а также около ста тридцати небольших задач, решение которых необходимо при разных аэрозольных измерениях [7]. Вычисления в задачах первого типа организованы на сервере с использованием СУДП. Вычисления в рамках аэрозольного калькулятора проводятся на стороне клиента и запрограммированы на Java-script.

#### 4.1. Оптические свойства сферических частиц

На сайте представлено решение четырех задач: рассеяние на однородной частице и на двухслойной частице (обводненный аэрозоль), а также рассеяние на ансамбле однородных и двухслойных частиц. Алгоритмы вычислений и используемые физические модели описаны в работах [17, 18]. Искомыми физическими характеристиками во всех этих задачах являются факторы ослабления ( $Q_{ext}$ ), рассеяния ( $Q_{scat}$ ), поглощения ( $Q_{abs}$ ) и обратного рассеяния ( $Q_{back}$ ), а также элементы матрицы рассеяния  $S_{11}$ ,  $S_{33}$ ,  $S_{34}$  и степень поляризации  $P_{01} = S_{11}/S_{12}$ .

Входными параметрами для всех типов задач являются радиус частицы (для двухслойной частицы — радиус ядра), коэффициент преломления вещества, из которого состоит частица, длина волны рассеиваемого излучения и угол наблюдения. В многочастичных задачах дополнительным параметром служит распределение частиц по размерам. Возможно использование шести типов распределений:

- 1) логнормальное распределение;
- 2) обобщенное логнормальное распределение;
- 3) усеченное распределение Юнге;
- 4) гамма-распределение;
- 5) модифицированное гамма-распределение;
- 6) усеченное обратное гамма-распределение.

$Q_{ext}$	$Q_{scat}$	$Q_{abs}$	$Q_{back}$	$r / a_l$
2.090302	1.122632	0.967670	11074.986397	16.006098

**Показать на графике**

$S_{11}$    
  Pol   
   $S_{33}$    
   $S_{34}$

Set

##### Компоненты матрицы рассеяния

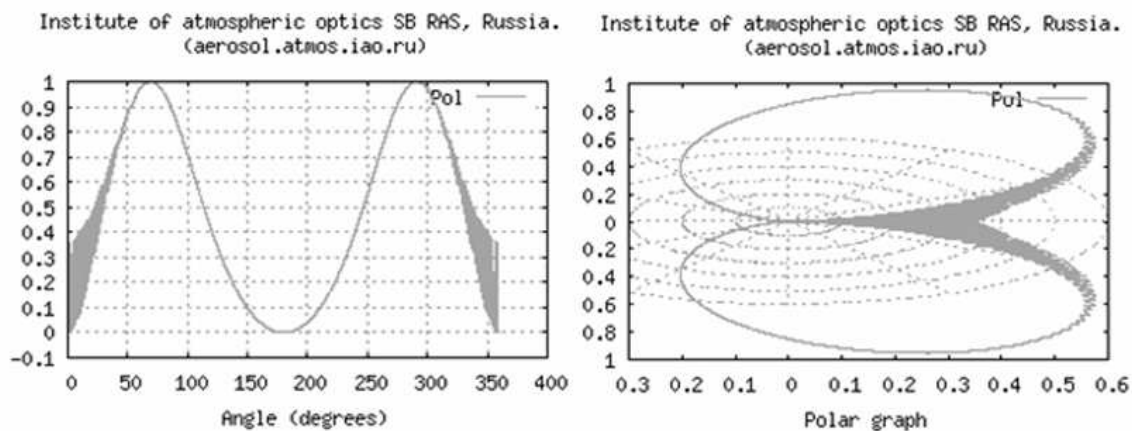


Рис. 3. Расчет факторов и элементов матрицы рассеяния для однородной частицы для разных углов.



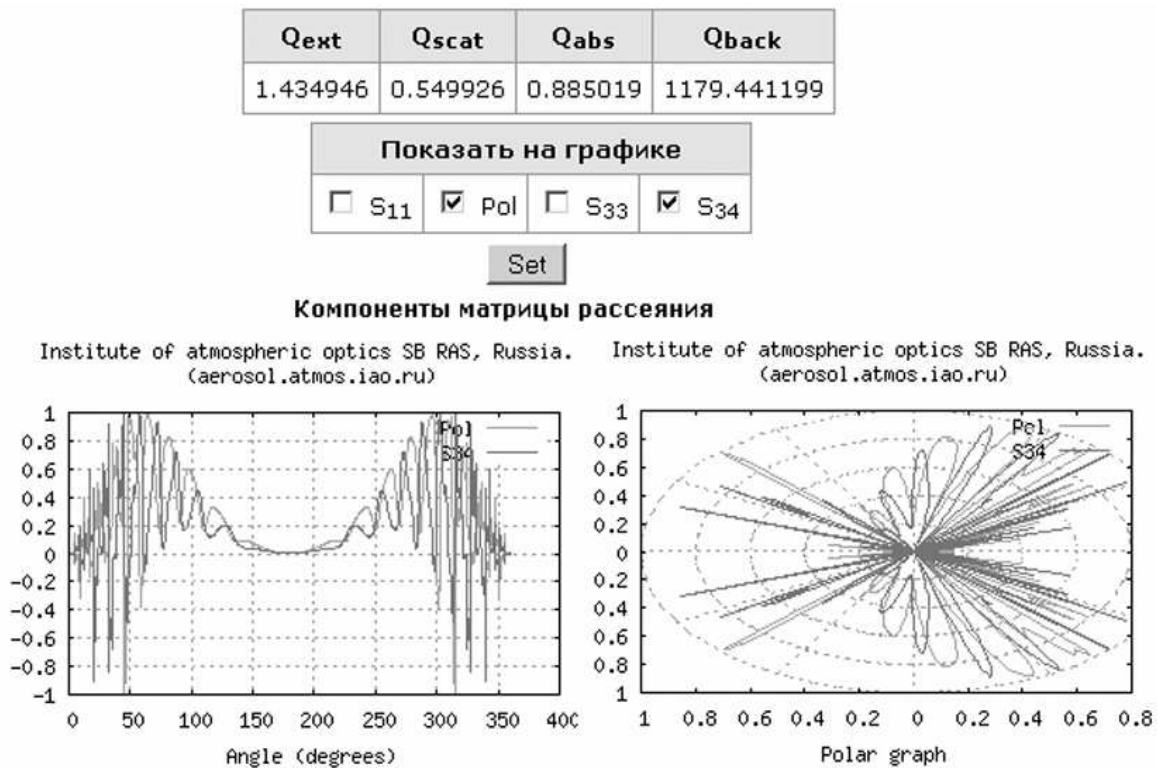


Рис. 4. Расчет факторов и элементов матрицы рассеяния для двухслойной частицы.

На рис. 3 и 4 приведены графики, содержащие результаты вычислений факторов и элементов матрицы рассеяния для однослойной и двухслойной частиц.

## 4.2. Модель оптических характеристик аэрозоля приземного слоя

Модель оптических характеристик аэрозоля приземного слоя предназначена для моделирования объемных коэффициентов аэрозольного ослабления и поглощения в приземном слое в спектральном диапазоне 0.3...15 мкм. Детальное описание модели и ее область применимости даны в работе [19], где также приведены результаты сравнения объемных коэффициентов ослабления, выдаваемых моделью, с результатами экспериментальных измерений и показано хорошее их совпадение (с точностью до 20–30%). Причем важно, что совпадение имеет место для измерений, проведенных в различных местах, что говорит о достаточной универсальности модели.

Входными физическими параметрами являются степень влажности, дальность видимости и спектральный интервал, для которого проводится расчет. Моделируемые характеристики — объемные коэффициенты аэрозольного ослабления, поглощения и рассеяния.

## 4.3. Монографии, материалы конференций и глоссарий

Информационная составляющая сайта включает в себя коллекцию текстовых документов, представленных в виде html- и pdf-файлов. В число документов входят трехтомная монография [20–22], введение в предметную область, тезисы рабочих совещаний “Аэрозоли Сибири” за последние девять лет и тезисы конференции “Естественные и антропогенные аэрозоли — 1999”.

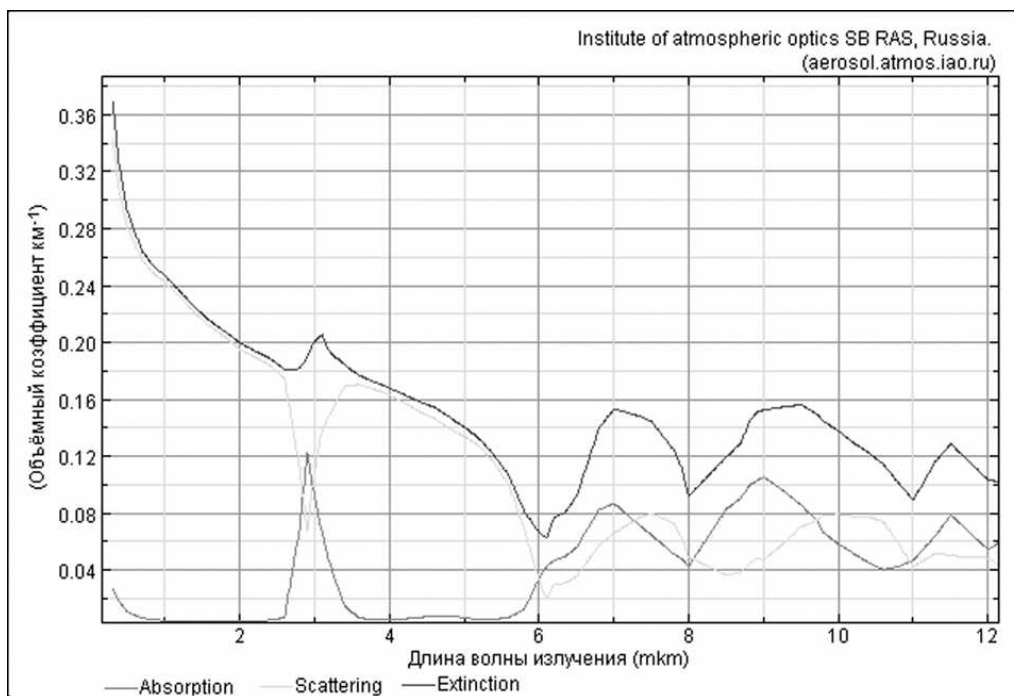


Рис. 5. Рассеяние для приземного аэрозоля при влажности 70 % и дальности видимости 10 км.

Глоссарий, содержащий термины предметной области, построен как отдельное приложение, имеющее интерфейс для занесения терминов, классификатор и редактор для описания и иллюстрирования термина. В глоссарий вносятся термин на русском и английском языках и его варианты для организации поиска, указываются разделы классификатора, к которым он относится, и заносится словесное описание термина, которое может иллюстрироваться мультимедийными ресурсами. В ИВС допускаются два способа работы со словарем: автономный способ, при котором просматривается словарь по имеющемуся классификатору или организуется поиск по термину или доступ к словарю с текущей страницы сайта. Другой способ предполагает прямой переход к определенному администратором сайта разделу словаря, связанному с текущим узлом сайта. Отображение слов в разделах классификатора глоссария при навигации организовано по следующему принципу: при обращении к текущему узлу классификатора в нем отображаются все термины, содержащиеся в его узлах-потомках.

## Заключение

Дано описание структуры информационного обеспечения сети солнечных фотометров, созданного для обработки, хранения и представления данных измерений сети мониторинга радиационно-значимых компонентов атмосферы и ИВС для поддержки исследований свойств атмосферного аэрозоля.

В рамках ИВС пользователь может решить более 120 задач, связанных с разными аспектами аэрозольных измерений, рассчитать объемные коэффициенты аэрозольного ослабления, рассеяния и поглощения в приземном слое, факторы ослабления, рассеяния и поглощения, а также элементы матрицы рассеяния для сферических частиц. Информационный компонент системы включает в себя материалы конференций, монографии и терминологический словарь.

Информационные системы построены средствами Интернет-технологий и предназначены для специалистов в области оптики атмосферы, атмосферной радиации и климата. Для разработки ИВС использовано программное обеспечение: Web-сервер Apache, скриптовый язык PHP, СУБД MySQL и пакет программ для построения графиков GNUPlot.

Авторы благодарят чл.-корр. РАН М.В. Кабанова, проф. Л.С. Ивлева, А.В. Васильева, С.А. Терпугову, С.М. Сакерина, Д.М. Кабанова, М.Ю. Аршинова и В.Б. Ильина за сотрудничество.

## Список литературы

- [1] ИВЛЕВ Л.С., ДОВГАЛЮК Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. 258 с.
- [2] DE ROURE D., JENNINGS N., SHADBOLT N. A Future e-Science Infrastructure, Report commissioned for EPSRC/DTI Core e-Science Programme, 2001. 78 p.
- [3] HOLBEN B.N., ЕСК T.F., SLUTSKER I. ET AL. AERONET — A federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Remote Sens. Environ. 1998. Vol. 66, N 1. P. 1–16.
- [4] <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/index.html>
- [5] МОЛОРОДОВ Ю.И., КУЦЕНОГИЙ П.К. Содержательное наполнение атласа “Атмосферные аэрозоли Сибири” // Тез. докл. Междунар. конф. по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: ENVIROMIS-2004. Томск, 2004. С. 53.
- [6] САКЕРИН С.М., ФАЗЛИЕВ А.З. Концепция автоматизированной сети мониторинга радиационно-значимых компонентов атмосферы. // Современные достижения в исследованиях окружающей среды и экологии. Томск: STT, 2004. С. 45–48.
- [7] Aerosol Measurement. Principle, Techniques, and Applications / Ed. by P.A. Baron, K. Willeke. 2-ed. N.Y.: J. Wiley, 2001. 1132 p.
- [8] АХЛЕСТИН А.Ю., ГОРДОВ Е.П., ДЕ РУДДЕР А.И ДР. Интернет портал о свойствах атмосферы. Структура и технологии. // Тр. Всерос. конф. “Математические и информационные технологии в энергетике, экономике и экологии”. Иркутск, 2003. Т. 2. С. 247–254.
- [9] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Third Edition), W3C Proposed Edited Recommendation, <http://www.w3.org/TR/2003/PER-xml-20031030>
- [10] KOZODOEVA E.M., LAVRENT'EV N.A., FAZLIEV A.Z., SHMARGUNOV V.P. Online internet representation for XML data of the routine measurements // Abstracts of X Symp. on Atmospheric and Ocean Optics. 2003. P. 62.
- [11] ДОРОФЕЕВ Ф.В., КАБАНОВ Д.М., КОЗОДОЕВА Е.М. и др. Организация данных сети мониторинга радиационной обстановки в Сибири // Программа и тезисы Междунар. конф. и школы молодых ученых “Вычислительные-информационные технологии для наук об окружающей среде”. Томск, 2003. С. 22.
- [12] АХЛЕСТИН А.Ю., ГОРДОВ Е.П., КОЗОДОЕВА Е.М. и др. Информационная поддержка моделирования атмосферных процессов // Тр. Междунар. конф. “Математические методы геофизики”. Ч. 2. Новосибирск: Из-во ИВМиГМ СО РАН, 2003. С. 432–437.

- [13] САКЕРИН С.М., КАБАНОВ Д.М., РОСТОВ А.П. и др. Система сетевого мониторинга радиационно-активных компонентов атмосферы. Ч. I: Солнечные фотометры // Оптика атмосферы и океана. 2004. Т. 17, № 4. С. 354–360.
- [14] КАБАНОВ Д.М., КОЗОДОЕВА Е.М., САКЕРИН С.М., ФАЗЛИЕВ А.З. Сайт “Атмосферная радиация над Сибирью” // Тр. Байкальской Всерос. конф. “Информационные и математические технологии”. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2004. С. 102–106.
- [15] КОРОТЧЕНКО Р.А., ЯРОЦУК И.О., БЕЗДУШНЫЙ А.Н. Версия схемы мета-данных экспериментальных исследований с приложением в гидроакустике <<http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part1/KYB>>, Электронные библиотеки, Т. 2, вып. 2, 2004. (<http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part2/KYB>)
- [16] <http://sibrad.iao.ru>
- [17] ВАСИЛЬЕВ. А.В. Универсальный алгоритм расчета оптических характеристик однородных сферических аэрозольных частиц // Вест. С.-Петербург. ун-та. Сер. 4: Физика, химия. I. Одиночные частицы. 1996. Вып. 4, № 25. С. 3–11. II. Ансамбли частиц. 1997. Вып. 1, № 4. С. 14–24.
- [18] ВАСИЛЬЕВ А.В., ИВЛЕВ. Л.С. Универсальный алгоритм расчета оптических характеристик двухслойных сферических частиц с однородными ядром и оболочкой // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9, № 12, С. 1552–1561.
- [19] АНДРЕЕВ Д., ИВЛЕВ. Л.С. Моделирование оптических характеристик аэрозолей приземного слоя атмосферы в области спектра 0.3...15 мкм // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. Ч. 1: Принципы построения модели. № 5. С. 788–795; Ч. 2: Модель состава и структуры аэрозолей. № 8. С. 1227–1235; Ч. 3: Результаты моделирования. № 8. С. 1236–1243.
- [20] КАБАНОВ М.В. Рассеяние оптических волн дисперсными средами. Ч. I: Отдельные частицы. Томск: ТФ СО РАН, 1983. 135 с.
- [21] ДОНЧЕНКО В.А., КАБАНОВ М.В. Рассеяние оптических волн дисперсными средами. Ч. II: Система частиц. Томск: ТФ СО РАН, 1983. 185 с.
- [22] КАБАНОВ М.В., ПАНЧЕНКО М.В. Рассеяние оптических волн дисперсными средами. Ч. III: Атмосферный аэрозоль. Томск: ТФ СО РАН, 1984. 189 с.

*Поступила в редакцию 2 июня 2005 г.*