

Информационно-вычислительная система «Атмосферная радиация». Современное состояние, перспективы развития.

© Фирсов К.М.¹, Фазлиев А.З.², Сакерин С.М.², Журавлева Т.Б.²,
Фомин Б.А.³, Захаров В.И.⁴

1. Волгоградский государственный университет, Волгоград
2. Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск
3. РНЦ Курчатовский институт, Москва
4. Уральский государственный университет, Екатеринбург
fkm@iao.ru

Аннотация

Представлено описание информационно-вычислительной системы «Атмосферная радиация». Доступ к данным и программам организован с помощью веб-интерфейса. Данная информационно-вычислительная система не только обеспечивает доступ к данным, но и позволяет проводить расчеты радиационных характеристик атмосферы Земли. Ближайшая перспектива - создание доступной по сети Интернет распределенной информационно-вычислительной системы по атмосферной радиации.

1 Введение

В настоящее время хорошо известно, что климат очень чувствителен к изменению содержания в атмосфере парниковых газов и аэрозоля. На тринадцатой сессии Международной комиссии по атмосферным наукам [1] отмечалось, что фактором, ограничивающим качество некоторых прогнозов, является наличие районов с очень бедным охватом данными о состоянии атмосферы. Совместные измерения радиации и радиационно-активных компонент атмосферы (аэрозоль, парниковые газы) проводились в России лишь в 70-80-х годах в рамках нескольких комплексных экспериментов типа КЭНЭКС [2]. Постановка новых задач и возросшие требования к качеству экспериментальных данных требует не только дальнейшего накопления и обновления эмпирического материала, но и его обобщения в форме, соответствующей современным информационно-вычислительным технологиям.

Труды 7^{ой} Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» - RCDL'2007, Переславль Залесский, Россия, 2007.

В ИОА СО РАН уже продолжительное время работает уникальный радиационный комплекс, который по своим техническим возможностям является единственным за Уралом. Данный комплекс обеспечивает оперативное получение данных по всем компонентам коротковолновой радиации в спектральном диапазоне от 0.3 до 4 мкм, а также ключевым характеристикам атмосферы (аэрозольная оптическая толща, дисперсный состав аэрозоля, общее влагосодержание и др.).

Для интеграции результатов наших исследований в базы данных международного научного сообщества и внедрения в России современных технологий спектральных радиационных наблюдений в стандартах ВМО была разработана и реализована информационно-вычислительная система (ИВС) «Атмосферная радиация». Данная ИВС обеспечивает: ввод в оборот новых расчетных и экспериментальных данных, а также прямой доступ к данным, полученным ранее и переведенным в электронную форму, организацию доступа по сети Интернет как к типовым, так и оригинальным моделям ее создателей.

2 Современное состояние информационных ресурсов по атмосферной радиации

Предметом исследования той части атмосферных наук, которую называют атмосферной радиацией, являются потоки и притоки излучения в атмосфере Земли. Эти исследования важны по той причине, что нисходящая и восходящая радиация обуславливает как термодинамические процессы в атмосфере, такие как разогрев или охлаждение, так и фотохимические процессы, например диссоциацию озона в стратосфере. Процессы поглощения и испускания радиации зависят от химического состава атмосферы, изменяющегося в

зависимости от широты и долготы, а также от высоты (в пределах от 0 до 120 км). Данные о спектральных характеристиках атмосферных молекул для описания этих процессов являются определяющими. Учет рассеяния и поглощения радиации облаками требует систематизации данных о типах облачности, их границах, химическом составе и других характеристиках.

Особенностью данных, связанных с научной деятельностью в естественных науках, в частности, в атмосферной радиации, является их разделение на данные измерений и расчетов. Экспериментальные данные отражает прямую связь с реальностью и их количество не очень велико, но затраты на их получение значительны. Расчетные данные существенно дешевле, а главное представляют моделируемые ситуации в атмосфере в больших деталях. Это различие данных порождает у создателей иллюзию о необходимости представления в сети Интернет только данных экспериментов и их обработку. Такой подход типичен для большинства информационных систем, развиваемых в США и Европе. Проведение вычислений сторонними пользователями может быть достаточно затратным. Поэтому значительная часть расчетных программ доступна пользователям в виде программного кода, используемого ими на индивидуальных вычислительных ресурсах. Появление в последнее время технологий веб-сервисов было призвано решить эту задачу, но эта технология оказалась эффективной только для автономных или слабо связанных между собой научных задач.

Стоит также отметить, что количество моделей для расчетов атмосферной радиации достаточно значительно, и вдобавок количество и качество входных данных для них стремительно растет. Теория фундаментальных процессов переноса радиации в атмосфере Земли хорошо изучена, имеется обширная литература на эту тему, разработано огромное число методов расчета, и сделать правильный выбор зачастую сложно даже для специалистов. Увеличивается сложность программного обеспечения, его структура и связи с программным обеспечением смежных научных дисциплин. Такая ситуация создает ряд трудностей для конечного пользователя в использовании как информационных, так и вычислительных ресурсов в его непосредственной работе. В настоящее время созданы пакеты программ для расчета радиационных характеристик (профили поля яркости, потоков излучения), такие как DISORT [3], FASCODE, LBLRTM [4] и др. Следующим шагом в развитии программного обеспечения для радиационных расчетов явилось создание библиотек программ LIBRADTRAN [5], которые на основе отдельных программ позволяют создавать новые компьютерные коды для расчетов по радиации. Однако, чтобы произвести расчеты переноса радиации, необходимы большие

трудозатраты. Это обусловлено тем, что для этих программ необходимо достаточно большое количество сервисных программ, необходима обширная априорная информация. Все это приводит к тому, что расчеты с использованием этих программ способен осуществить достаточно узкий круг квалифицированных специалистов.

В рамках подхода *semantic web* информационная система представляется состоящей из трех слоев [6]: слоя данных и вычислений, информационного слоя и слоя знаний. Современное состояние развития информационных ресурсов таково, что в большей части существующих реализаций ИВС основное внимание уделено уровню данных и вычислений с основным акцентом на хранение данных. Именно этот акцент определяет политику формирования метаданных, ориентированную на учет только двух типов отношений между данными и метаданными: метаданные представляют данные как абстрактный ресурс (например, Дублинское ядро) и представляют интенционалы данных. Метаданные и средства работы с ними формируют информационный слой ИВС.

В России целенаправленная работа по систематизации информационных и вычислительных ресурсов проводится в ИОА СО РАН. В результате трехлетней работы, при поддержке РФФИ (грант 04-07-90123) была создана ИВС «Атмосферная радиация», содержащая информацию о расчетных и экспериментально измеренных потоках солнечной радиации, аэрозольных и метеорологических характеристиках атмосферы. Разработаны базы данных:

- полей яркости нисходящего диффузного солнечного излучения в безоблачной атмосфере в спектральном диапазоне 0.34–4 мкм для типичных метеорологических и оптических ситуаций (на основе расчетов методом Монте-Карло);
- аэрозольных статистических моделей Крекова-Рахимова;
- результатов экспериментальных измерений на радиационном комплексе ИОА СО РАН;
- данных по самолетным измерениям спектральных радиационных характеристик атмосферы и поверхности.

Создано информационное обеспечение для сети фотометров.

Важной составной частью ИВС «Атмосферная радиация» является блок расчета потоков радиации в безоблачной и облачной атмосфере.

Процедурная компонента ИВС позволяет проводить расчеты радиационных характеристик атмосферы. Для этих целей создан веб-интерфейс для расчета радиационных характеристик атмосферы на основе моделей ИОА СО РАН [7], ИВМ РАН [8] и модели В.А.Фролькиса [9]. Пользователь проводя расчеты формирует собственные информационные ресурсы по

атмосферной радиации.

Для решения задач переноса радиации к разрабатываемому программному обеспечению предъявляются по сути дела взаимоисключающие требования: высокая точность при высокой скорости счета. При использовании готовых программных модулей нет гарантии выполнения этого требования. В нашей ИВС используются оригинальные программы, оптимизированные по времени счета и точности, основывающиеся на современных численных методах. В частности, для обеспечения высокой скорости расчета широкополосных спектров разработан подход на основе преобразований Лапласа. Точная математическая формулировка этой проблемы позволяет получить малопараметрическое описание и простую программную реализацию.

Разработана новая методика восстановления общего содержания газов из данных измерений солнечного фотометра, входящего в радиационный комплекс ИОА. Данная методика выгодно отличается от методик используемых в сети AERONET (AErosol RObotic NETwork - Глобальная сеть для наблюдений за аэрозольной

оптической толщей и общим содержанием воды [10], т.к. позволяет автоматизировать процедуру калибровки фотометра.

Все модели, представленные на сайте радиационных характеристик атмосферы, проверены на основе независимых расчетов и на основе литературных данных. Была проведена интеркалибровка радиационной модели ИОА с пакетом программ, основывающимся на методе Монте-Карло. Расхождения между расчетами не превышали 1-3%. Эффективные коэффициенты молекулярного поглощения для вышеуказанных программ рассчитывались единообразно на основе созданного программного обеспечения, представленного в портале ATMOS [11].

Проведена систематизация информационных ресурсов и построена онтология задач предметной области по атмосферной радиации, ориентированная на описание ключевых физических характеристик, используемых в расчетах, методов вычислений, измерительной аппаратуры и способов измерений.

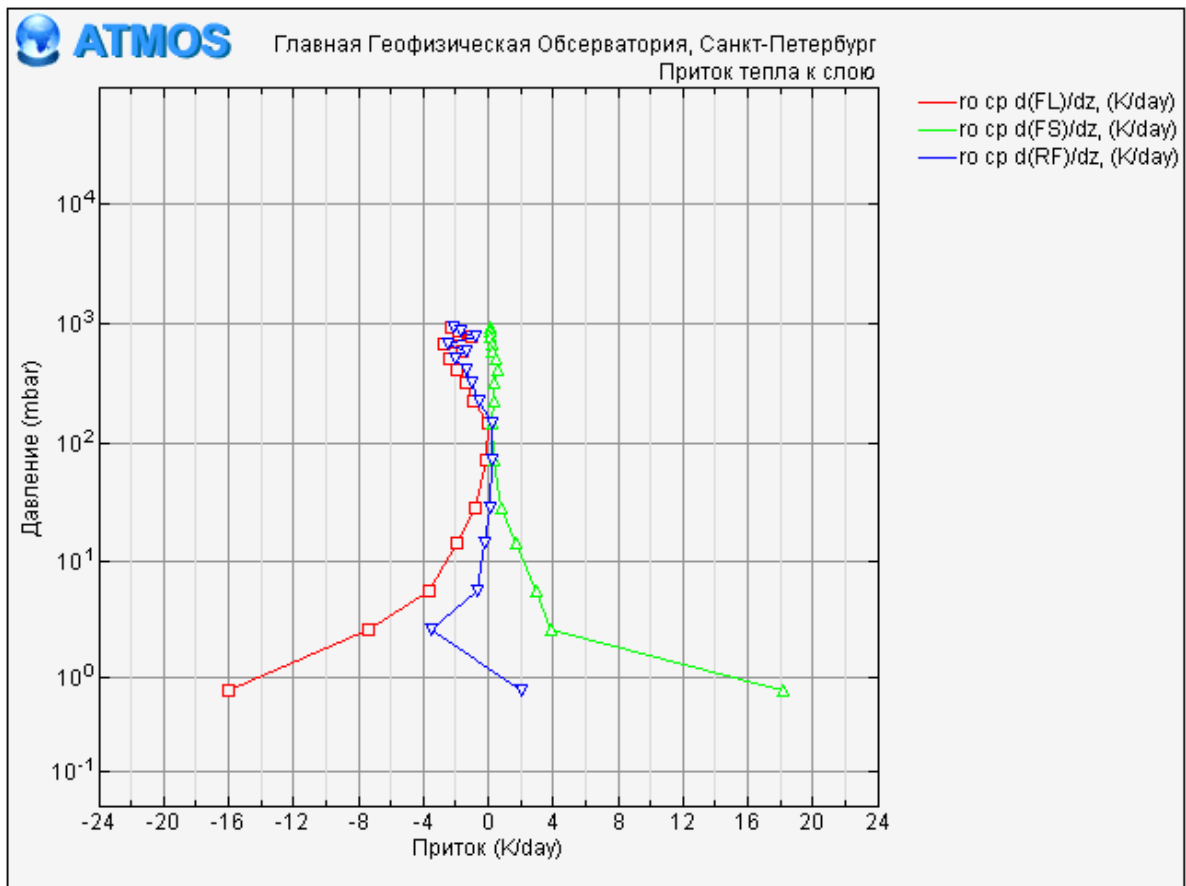


Рис.1. Графическое представление притоков в модели Фролькиса.

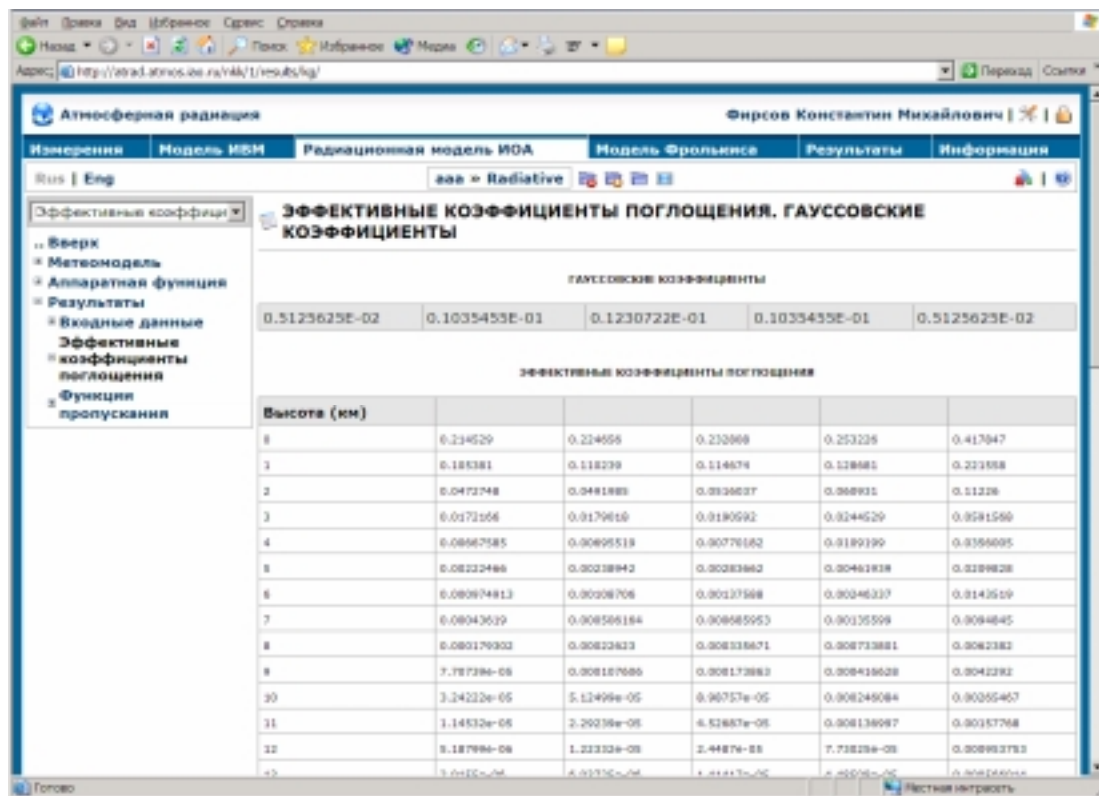


Рис.2. Табличное представление параметров модели ИОА

Построение ИВС предусматривает создание онтологий по атмосферной радиации, в том числе онтологии задач, с которыми связаны приложения РИВС. Подобная работа с информационными ресурсами по молекулярной спектроскопии проведена в [14].

Основным назначением онтологий является организация семантического поиска в рамках классов решений задач, расположенных на серверах РИВС, и проектирования РИВС на основе ссылочной онтологии по атмосферной радиации. Создание базы знаний этих решений организуется на основе экспертного подхода, поддержанного соответствующим программным обеспечением. Ввод данных пользователем осуществляется с помощью файлов, которые преобразуются в XML-документы и проверяются на соответствие ограничениям и форматам данных, а затем заносятся в БД. Ввод метаданных осуществляется либо пользователем при задании входных данных задач или загрузки данных, либо автоматически при решении задач интегрированных в РИВС. Метаданные формируются с помощью языков разметки RDF или OWL.

3. Перспективы развития

В этом году мы начали работы по созданию доступной по сети Интернет распределенной информационно-вычислительной системы по атмосферной радиации, серверы которой будут расположены в Уральском Госуниверситете

(Екатеринбург), РИЦ Курчатовском институте (Москва) и Институте оптики атмосферы СО РАН (Томск) и Волгоградском госуниверситете. Целью проекта является введение в общий доступ приложений для моделирования переноса радиации в атмосфере Земли, включая прямые и обратные задачи спутникового и наземного зондирования газового состава атмосферы с использованием приборов среднего и высокого спектрального разрешения. Информационной основой распределенной системы является ИВС «Атмосферная радиация» [10]. Создаваемая система будет явным образом использовать данные РИВС «Молекулярная спектроскопия» [12] и осуществлять подготовку данных для ИС «Атмосферная химия» [13], функционирующих в рамках портала ИОА СО РАН.

Основной акцент при разработке распределенной ИВС сделан на создание математического обеспечения по расчету радиации, в котором реализованы современные методы расчета характеристик молекулярного поглощения. Предполагается дать систематическое описание вышеуказанных методов и методов решения обратных задач по восстановлению газового состава атмосферы из данных спутникового и наземного зондирования, а также возможность проведения типовых расчетов в режиме on line. Разрабатываемая РИВС ориентирована на использование спутниковых продуктов уровней L1 и L2, таких сенсоров как: AIRS на спутнике AQUA (NASA, США), TES на спутнике AURA (NASA,

США), IMG на спутнике ADEOS (JAXA, Япония), FTS на спутнике GOSAT (JAXA, Япония), IASI на спутнике METOP (ESA, Евросоюз) и других, с возможностью обработки данных на кластере Томского государственного университета в рамках сотрудничества между ИОА СО РАН и ТГУ.

4. Заключение

Представлено описание информационно-вычислительной системы «Атмосферная радиация». Доступ к данным и программам организован с помощью веб-интерфейса (<http://atrad.atmos.iao.ru>). Данная информационная вычислительная система не только обеспечивает доступ к данным, но и позволяет проводить расчеты радиационных характеристик атмосферы Земли. Ближайшая перспектива - создание доступной по сети Интернет распределенной информационно-вычислительной системы по атмосферной радиации.

Авторы благодарны РФФИ за финансовую поддержку работы (грант №07-07-00269-а)

Литература

- 1] Заявление ВМО о научной основе и об ограничениях для прогнозирования погоды и перспективных оценок климата. 2002г. <http://hmc.hydromet.ru>
- 2] Полный радиационный эксперимент/ под ред. К.Я. Кондратьева и Н.Е. Тер-Маркарянц. Л. Гидрометеиздат, 1976, 240 с.
- 3] DISORD program, ftp://climate.gsfc.nasa.gov/pub/wiscombe/Multiple_Scatt
- 4] FASCODE, <http://rtweb.aer.com/>
- 5] B. Mayer and A. Kylling The LibRadtran software package for radiative transfer calculations - description and examples of use//Atmos. Chem. Phys., 5, pp. 1855-1877, 2005.
- 6] De Roure D., Jennings N., Shadbolt N., A Future e-Science Infrastructure, Report commissioned for EPSRC/DTI Core e-Science Programme, 2001, 78p.
- 7] Привезенцев А.И., Фирсов К.М., Сакерин С.М., Журавлева Т.Б., Козодоева Е.М., Козодоев А.В., Насретдинов И.М. Развитие доступной по сети Интернет информационно - вычислительной системы "Атмосферная радиация" // Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды. 2006. р. 50-54.
- 8] В.А.Алексеев, Е.М.Володин, В.Я.Галин, В.П.Дымников, В.Н. Лыкосов, Моделирование современного климата с помощью атмосферной модели ИВМ РАН. Описание модели A5421 версии 1997 года и результатов эксперимента по программе АМIP II, Москва, Винити, 1998 <http://climate.atmos.iao.ru/serv/mono/mod/>
- 9] Frolkis V.A., Rozanov E.V., Radiation Code for Climate and General Circulation Models // In : IRS'92 Current problems in Atmospheric Radiation. / Ed. S.Keevallik. A.DEEPAC Publishing., Hampton, VA 23666, U.S.A., 1993, С. 176-179.
- 10] AERONET, http://aeronet.gsfc.nasa.gov/nasa_menu.html
- 11] Информационная система «Атмосферная радиация», <http://atrad.atmos.iao.ru>, <http://sibrad.iao.ru>
- 12] ATMOS – atmospheric portal, <http://atmos.iao.ru>
- 13] ИВС «Молекулярная спектроскопия», <http://saga.atmos.iao.ru>
- 14] ИВС «Атмосферная спектроскопия», <http://atchem.atmos.iao.ru>
- 15] A.D. Bykov, A.Z.Fazliev, A.V. Kozodoev, A.I. Privezentsev, L.N.Sinitza, M.V.Tonkov, N.N.Filippov, and M.Yu. Tretyakov, Distributed information system on molecular spectroscopy, Proc. of SPIE, International Symposium on High Resolution Molecular Spectroscopy, 2006, v. 6580 pp. 65800W

Information-computational system “Atmospheric radiation”. State of the art.

Firsov K.M., Fazliev A.Z., Sakerin S.M.,
Zuravleva T.B., Fomin B.A., Zakharov V.I.

The description of the information-computational system “Atmospheric radiation” is presented. An access to the data and programs is organized by web-interface (<http://atrad.atmos.iao.ru>). The information-computational system not only provides access to data but also enables to calculate radiative characteristic of atmosphere of Earth. The aim of our team is the creation of the Internet access distributed information-computational system.