

Распределенная информационная система для атмосферных наук*

К. М. Фирсов¹, В.А. Фролькис², Ю. В. Воронина³, А.В. Козодоев³, А. З. Фазлиев³

¹Волгоградский государственный университет,

²Главная геофизическая обсерватория,

³Институт оптики атмосферы СО РАН

firsov@mail.ru, VFrolkis@VF13868.spb.edu, yulia@iao.ru, kav@iao.ru, faz@iao.ru

Аннотация

Приводится описание интегрированной распределенной информационно-вычислительной системы (РИВС) для атмосферных наук, основанной на знаниях и представляющей результаты всех стадий создания данных и знаний – от измерения спектральных функций, потоков и притоков радиации и сечений химических реакций, до нахождения характеристик атмосферной радиации и учета взаимного влияния радиации и химического состава атмосферы. Принципиальное отличие данной РИВС состоит в том, что для нее разрабатывается онтология информационных источников в атмосферной радиации, атмосферной химии и спектроскопии. Эта онтология позволит пользователям получать описательную информацию о данных в этих предметных областях, опубликованную в многочисленных статьях.

Введение

Сбор, хранение, экспертная оценка и предоставление данных о фундаментальных характеристиках атомов и молекул (спектры молекул, скорости реакций, сечения поглощения, ...) является одной из базовых задач в атмосферных науках. Разнообразие задач, решаемых в них, требует от исследователей выбора соответствующих фундаментальных данных (в разных спектральных интервалах, разной точности, и т.д.).

В настоящее время в мире существуют около десятка баз данных (Hitran & HITEMP (USA), [1,2] Geisa (France) [3], VALD (Austria,Russia) [4], CHIANTI (UK) [5], EMol [6], CDMS [7], Jet Propulsion Laboratory Submillimeter Catalog [8], BASECOL [9], UMIST database for astrochemistry [10], NIST atomic database [11], которые являются наиболее употребляемыми в приложениях. Исследователи за последние десять лет столкнулись с

проблемами, обусловленными многократно возросшими объемами данных (например, расчетные спектры содержат сотни миллионов спектральных линий и сотни тысяч уровней энергии [12, 13], количество химических реакций используемых в моделях атмосферы, превышает несколько тысяч [14]). Значительное количество данных и экспертных массивов, созданных на их основе, противоречивость этих данных, ставят перед пользователем нерешаемые задачи. Он вынужден принимать решения, не исходя из автоматически проверяемых критериев, а по доверию к той или иной экспертной группе. Осознание перечисленных сложностей происходит медленно, трудности связаны с принятием коллективной формы работы над данными в распределенных информационных системах.

Решению этих проблем в атомной и молекулярной спектроскопии посвящен проект VAMDC [15] (Виртуальный центр атомных и молекулярных данных). В его рамках проведена унификация данных с помощью стандарта для схемы данных (XSAMS-schema). Работы по унификации данных, систематизации информационных ресурсов по атмосферной радиации и химии, построению информационных систем за рубежом находятся в зачаточном состоянии.

В России за последние три года в Томске, С.Петербурге, Нижнем Новгороде, Екатеринбурге и Волгограде созданы распределенные системы по молекулярной спектроскопии (грант РФФИ, № 05-07-90196) [16] и атмосферной радиации (грант РФФИ, 07-07-00269) [17]. Аналогов таким системам за рубежом нет.

Создаваемая информационная система основана на онтологиях информационных ресурсов молекулярной спектроскопии, радиации и химии, в ближайшее время не будет иметь аналогов. Она может стать прототипом развития систем по атмосферным наукам. Ключевыми ее особенностями являются наличие систематизации информационных ресурсов на основе прикладных онтологий предметных областей. Такая систематизация позволит автоматически интегрировать информационные ресурсы и организовывать семантический поиск.

Труды XV Всероссийской объединенной конференции
«Интернет и современное общество» (IMS-2012),
Санкт-Петербург, Россия, 2012.

В настоящее время на основе анализа формальных понятий создана концептуализация, используемая для создания онтологий атмосферной химии и разработаны совместимые структуры баз данных, интерфейсы пользователя и сеть потоков работ в ИВС. Структуры данных описаны с помощью XML, метаданных – с помощью RDF-схем, а онтологии атмосферной химии сформированы с помощью языка описания онтологий OWL2. Для работы с онтологиями используется машина вывода FACT++.

Цифровая библиотека частей публикаций

Основой для построения онтологии информационных ресурсов в предметной области является цифровая библиотека частей публикаций. В ИВС по атмосферной химии и радиации такая библиотека строится в рамках подхода, использованного нами при создании ИВС по молекулярной спектроскопии [16]. Подход основан на допущении, что для последовательной автоматической обработки информационных ресурсов на начальной стадии публикация представляется в виде набора фактов, относящихся к решению задач предметной области. В атмосферной химии такими задачами являются задача нахождения сечений поглощений и их температурной зависимости и задача определения квантового выхода. Каждая из этих задач может быть расчетной или измерительной. Публикации делятся на первичные и составные. Последние, как правило, содержат только опубликованные первичные данные.

В настоящее время для внутреннего пользования создана цифровая библиотека полнотекстовых оригинальных публикаций, состоящая из более чем 200 публикаций, содержащих информацию о сечениях поглощения и квантовом выходе 69 веществ, в число которых входят галогенсодержащие вещества (SF_6 , HNO_3 , ClONO_2 , CCl_4 , CFCl_3 , CClF_3 , $\text{CF}_2\text{ClCFCl}_2$, CF_3CHCl_2 , CH_3CFCl_2 , $\text{CH}_3\text{C(O)OONO}_2$, CH_3CN , C_6H_6 , COF_2 , CF_3CHO , CF_3COF , Cl_2O_3 , CH_3CCl_3 , CF_2Cl_2 , $\text{CF}_2\text{ClCF}_2\text{Cl}$, $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{Cl}$, CHCl_2F , CF_3CHFCl , CH_3CClF_2 , Cl_2O_2 , ClNO , ClONO , ClNO_2 , Cl_2 , CH_3Cl , CH_3OCl , CH_3OOH , CHF_2Cl , $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CHCl}_2$, CF_2ClCHO , CFCl_2CHO , CCl_3CHO , CF_3COCl , CH_3Br , CF_3Br , CF_2ClBr , CF_2Br_2 , CHBr_3 , $\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$, CH_2Br_2 , CH_3I , CF_3I , CH_2ClI , CH_2BrI , CH_2I_2 , BrONO , BrNO_2 , BrCl , BrONO_2 , Br_2 , BrO , HCl , HOCl , HOI , HC(O)Cl , HBr , NOBr , IO , OClO , OBrO , SF_5CF_3), O_x -вещества (O_3 , O_2), NO_x -вещества (NO_2), SO_x -вещества (SO_2).

Решения соответствующих задач, опубликованные в 280 таблицах, оцифрованы, размещены в цифровой библиотеке и частично загружены в ИВС.

Импорт данных по атмосферной химии и атмосферной радиации

Создание информационно-вычислительной системы осуществлялось на основе построения модели информационных ресурсов предметных областей (ИРПО): атмосферная спектроскопия, радиация и химия. Основу модели составляет представление предметной области в виде иерархии предметных задач (для спектроскопии в виде связанных цепей прямых и обратных задач). Для построения модели ИРПО применен онтологический подход. В рамках подхода созданы онтологии предметных областей, построенные на основе моделей данных и метаданных. На начальном этапе большое внимание уделено структурированию данных по этим предметным областям и описанию структуры метаданных, задаче организации потока работ в этих предметных областях в ИВС и интерфейсов пользователя.

Для технического обеспечения ИВС необходимо решить ряд задач:

1. Построение модели информационных ресурсов атмосферной радиации и химии.
2. Формирование системы публикации ИР в атмосферной радиации и химии (для разных предметных задач).
3. Построение XML-схем данных.
4. Построение схем метаданных.
5. Построение онтологии атмосферной радиации и химии средствами OWL DL.

Собранные данные применяются в двух группах задач.

В атмосферной радиации при вычислении потоков атмосферной радиации рассчитывается коэффициент поглощения (α) $\alpha = \sigma \cdot n$, который определяется через σ (сечение поглощения газа) и n (концентрация газа).

В атмосферной химии при решении кинетических уравнений используется формула для вычисления скорости фотохимической реакции

$$K(T) = \int (\sigma(\lambda, T) I(\lambda) \Phi(\lambda, T)) d\lambda,$$

где σ - сечение поглощения, $I(\lambda)$ - интенсивность излучения и $\Phi(\lambda, T)$ -квантовый выход.

Для импорта решений задач созданы интерфейсы, показанные на рис.1.

Радиационные модели для прогноза климата

Мониторинг атмосферы и земной поверхности, а также повышение качества предсказания погоды и климата, как в глобальном, так и региональном масштабах, требует все более сложных и высокоточных радиационных моделей. Прогностические свойства климатических моделей тесно связаны с точностью используемых радиационных расчетов. Следует отметить, что до настоящего времени наи-

более проблемной компонентой является водяной пар, который играет определяющую роль в поглощении солнечного излучения и собственного излучения Земли. Современные модели молекулярного поглощения получены на основе спектроскопической информации о тонкой структуре, когда учитываются десятки и сотни тысяч спектральных линий. Однако, наименее изученным на сегодня компонентом поглощения излучения является не селективное (т.е. обусловленное центральной частью спектральных линий), а, так называемое, континуальное (т.е., слабо зависящее от частоты) поглощение или «континуум воды», которое дает до 5% вклада в поглощение солнечной радиации в атмосфере и играет огромную роль в поглощении тепловой радиации в окне прозрачности 8-12 мкм. В частности, для летних условий умеренных широт поглощение континуумом H_2O превосходит поглощение углекислым газом. Результаты недавних исследований [16] показали, что неопределенность в потоках солнечной коротковолновой радиации, обусловленная погрешностями в моделях континуума, достигает величины 4-12 Вт/м². Данные лабораторных исследований [19] также подтверждают, что модели континуального поглощения требуют совершенствования.

Водяной пар наиболее сильно поглощает длинноволновую радиацию. Однако к парниковым газам

относят часто лишь такие газы, как CO_2 , CH_4 , O_3 , N_2O , фреоны и др. (полный список этих газов и их вклад в парниковый эффект можно найти в работе [20].) Это обусловлено тем, что вклад водяного пара в климатические изменения проявляется, главным образом, через его обратные связи. При повышении концентрации CO_2 , CH_4 , вследствие радиационных процессов возрастает температура воздуха и поверхности Земли, что приводит к увеличению концентрации паров воды в атмосфере, и как следствие, усилению парникового эффекта. Так, например, удвоение концентрации CO_2 может привести к возрастанию приземной температуры примерно на 1,2K (или примерно на 3 Вт/м² в нисходящем длинноволновом потоке), если не учитывать обратные связи, а с учетом обратных связей повышение температуры может достигнуть величины 1.5-4.5K [21]. Основными причинами такого разброса оценок температуры поверхности Земли полагают неопределенности в обратных связях и аэрозольном форсинге [18], тогда как считается, что учет молекулярного поглощения достаточно корректный. Однако согласно вышесказанному оценки влияния погрешностей континуального поглощения на климатические характеристики актуальны.

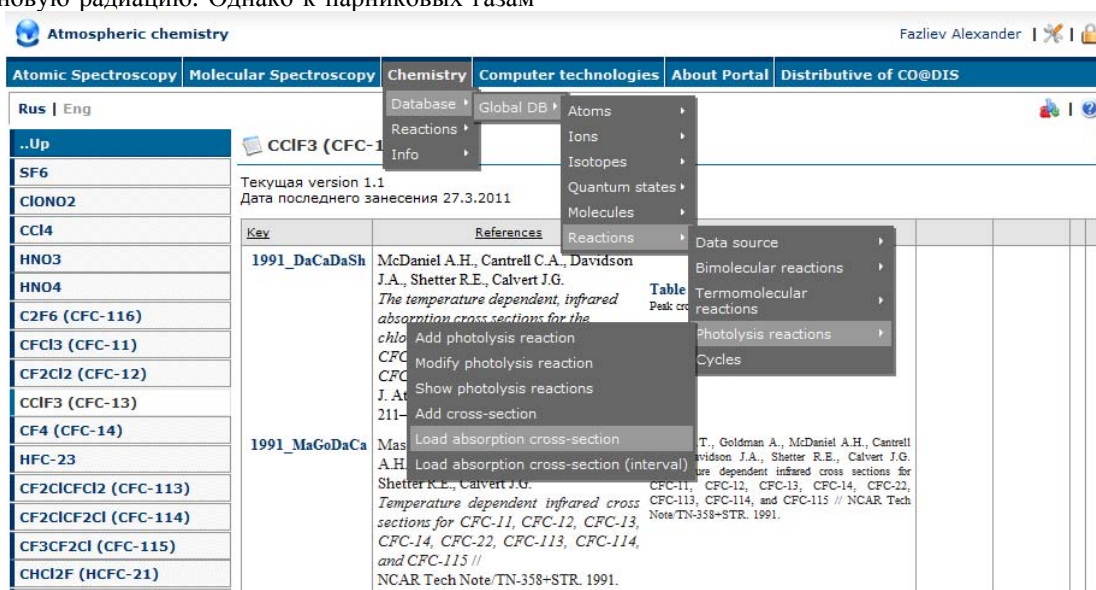


Рис.1. Интерфейс ИВС по атмосферной химии предоставляющий возможность импорта данных, извлеченных из публикаций.

В ИВС «Атмосферная радиация» возможен учет нескольких моделей континуума. Работа по совершенствованию этих моделей продолжается [22].

В настоящее время для целей прогноза погоды и климата вряд ли можно ожидать появления новых подходов для разработки радиационных кодов. Появление методов к-распределения (ряды экспонент) подвело черту на сегодняшний день. Возможны некоторые уточнения параметров, но не появление принципиально новых подходов – моделей. Тем не менее, имеется одна методическая проблема. Ряды

экспонент позволяют обеспечить быстрый пересчет параметров радиационной модели при изменении баз спектроскопических данных. Однако при учете перекрытия полос разных газов нет строгого формализованного подхода. Это приводит к тому, что успех параметризации зависит от искусства исследователя, и вследствие этого, модернизация моделей значительно отстает по времени от модернизации баз спектральных данных. Наш опыт в этой области позволяет эту проблему разрешить на другом уровне, так как задача полностью математически форма-

лизована [23], что дает возможность унифицировать входные данные и модели. Разработаны компьютерные программы, которые позволяют оперативно обновлять спектроскопическую информацию в случае появления новых спектроскопических баз данных. Входные данные в ИВС структурированы стандартным образом: спектроскопические базы данных; метеорологические модели; аэрозольные

оптические модели; оптические модели облаков, что значительно облегчает структурирование данных и описание метаданных. На рис. 2 представлена блок-схема для расчета переноса радиации в задачах прогноза климата и спутникового мониторинга.

Для обеспечения более высокой скорости счета необходимо на этих же принципах реализовать широкополосную модель.

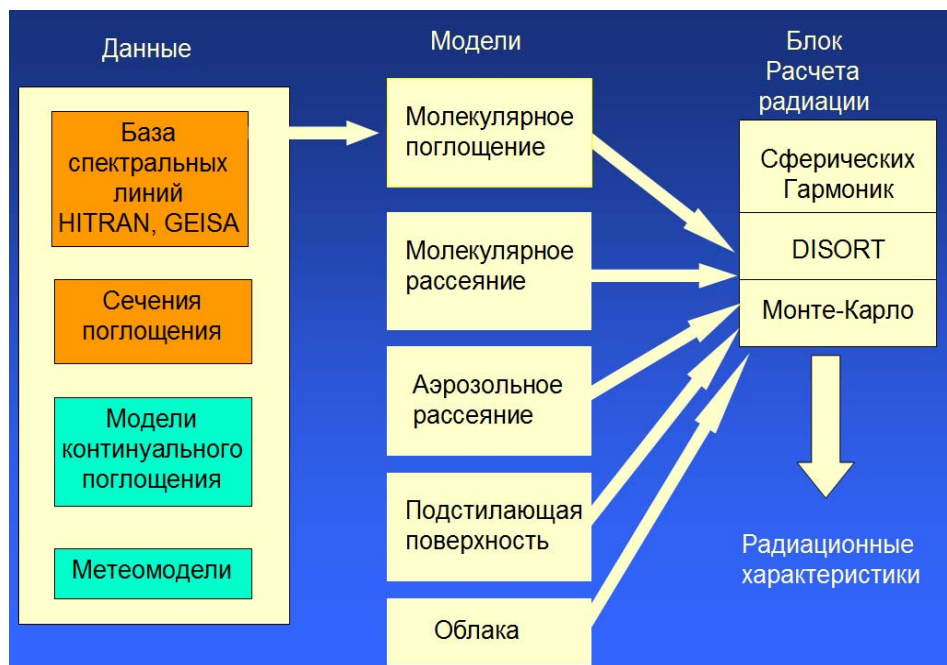


Рис.2. Радиационные модели для прогноза климата

Модель Фролькиса

ИВС "Атмосферная радиация" является частью научного портала для атмосферных наук ATMOS [24] (<http://atmos.iao.ru>), представляющего собой интегрированный набор распределенных, но координируемых предметных сайтов, содержащих типовую информацию с исследовательскими базами данных, моделями и аналитическим инструментарием для прямого использования и визуализации данных.

Новая, модифицированная, программа расчёта радиационных потоков является расширенной версией программы, уже используемой в ИВС [25-28]. По сравнению с предыдущим вариантом появилась возможность выбирать вариант расчёта с различными режимами сохранения влажности, с возможностью задания вертикального критического градиента температуры при вычислении конвективного приспособления и задавать температуру поверхности. Пользователь может выбрать вариант с вычислением лучисто-равновесной температуры и радиационно-конвективной температуры.

Для интеграции программы вычисления потоков радиации был создан раздел на сайте ИВС, позволяющий, для расчёта через веб-интерфейс вводить значения входных параметров. Также создано при-

ложение, выполняющее перевод введённых значений параметров в формат, принимаемый расчётной программой, и инициализирующее вычисления и отображение результатов расчёта в соответствующем разделе на сайте ИВС.

Для ввода значений входных параметров в разделе сайта имеется шесть форм, с помощью которых осуществляется ввод начальных условий расчёта и параметров атмосферы, создание перечня учитываемых газов и их концентраций, а также задания параметров облачности и аэрозоля.

На странице ввода начальных условий (рис.3) задаются параметры расчёта: количество слоёв, на которые разбита атмосфера; альбедо поверхности; определяется учитывается ли при расчёте облачность, аэрозоль и радиационно-активные газы; зенитный угол Солнца; вычислять или нет лучисто-равновесную температуру и радиационно-конвективную температуру; режим сохранения влажности; вертикальный критический градиент температуры; температура поверхности и абсолютная точность вычисления температуры. Следующие формы позволяют задавать значения давления и температуры, учитываемые газы и их концентрации по слоям атмосферы. Облачность описывается двумя параметрами: баллом облачности и водозапасом облака, задаваемыми для слоёв атмосферы. Для

каждого слоя атмосферы параметрами аэрозоля, учитываемыми в расчёте, являются оптическая толщина, альbedo однократного рассеяния и фактор асимметрии. Значения этих параметров аэрозоля задаются для ближнего инфракрасного, ультрафио-

летового и видимого спектральных диапазонов, а оптическая толщина аэрозольного слоя в инфракрасном спектральном диапазоне.

Начальные условия	
Число слоев, на которые разбита атмосфера (≤ 45)	26
Альbedo поверхности Земли	0.17
Учитывать при расчете радиационно-активные газы	☒
Учитывать при расчете облачность	☒
Учитывать при расчете аэрозоль	☒
Использовать косинус зенитного угла Солнца равный 0.5 (Задание интервала осреднения)	☒
Широта (°)	60
Начальная дата	День Месяц 20 10
Конечная дата	День Месяц 25 10
Вариант расчёта A - Вычисляются только радиационные потоки и притоки B - Вычисляются радиационные потоки и притоки и лучисто-равновесная температура C - Вычисляются радиационные потоки и притоки и радиационно-конвективная температура	☒ A ☐ B ☐ C
Режим сохранения влажности A - Сохраняется абсолютная влажность B - Сохраняется относительная влажность	☐ A ☒ B
Вертикальный критический градиент температуры при вычислении конвективного приспособления A - Влажно-адиабатический градиент B - Стандартный градиент (-6.5 град/км) C - Сухо-адиабатический градиент (-10 град/км) D - Градиент заданный пользователем (-10 < X < 0 град/км)	☐ A ☐ B ☐ C ☒ D
Величина градиента задаваемого пользователем	-6
Температура поверхности вычисляется (иначе задается)	☒
Температура поверхности задается (K°)	
Абсолютная точность вычисления температуры (K°) ($0.005 < \Delta T < 1$)	0.01

Рис. 3. Интерфейс для ввода начальных условий

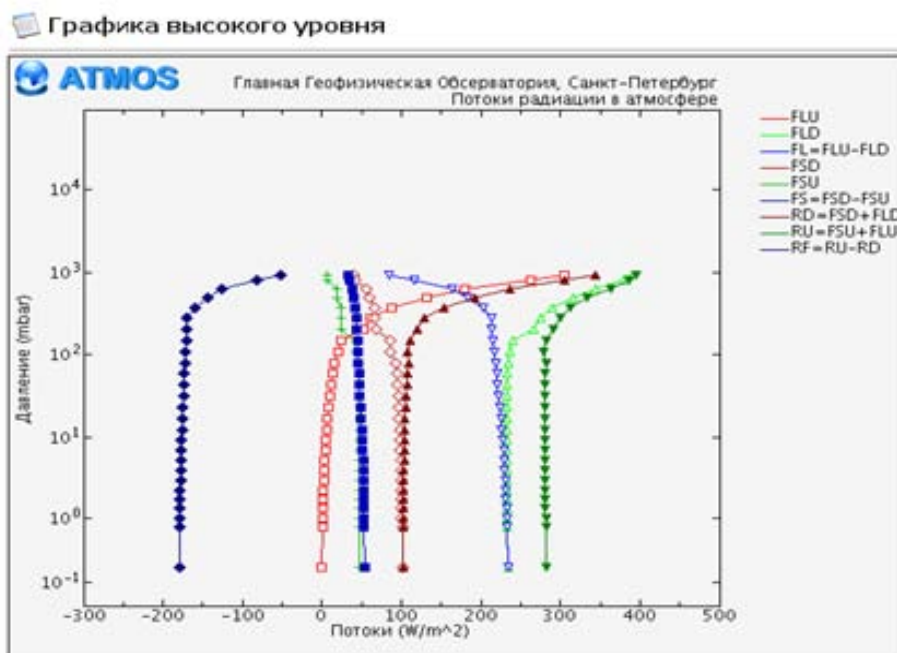


Рис. 4. Графическое представление радиационных потоков

Потоки
Потоки имеют размерность (Вт/м²)

Показать 20		строк от 0		Всего строк 27		> >>		Настройки	
Давление на поверхности и на верхней границе каждого слоя (mbar)	Поток восходящей радиации в ИК области спектра (FLU)	Поток нисходящей радиации в ИК области спектра (FLD)	Эффективный ИК поток (FL=FLU-FLD)	Интегральный поток нисходящей радиации (RD=FSD+FLD)	Интегральный потоа восходящей радиации (RU=FSU+FLU)	Интегральный эффективный поток (RF=RD-RU??)			
1013.25	304.030	388.839	84.809	344.584	395.733	-51.149			
905.00	262.388	378.939	116.550	304.270	385.980	-81.711			
707.00	179.997	344.320	164.323	236.232	363.126	-126.895			
545.00	131.986	314.843	182.857	191.062	333.954	-142.892			
415.00	86.910	288.748	201.838	152.581	312.677	-160.096			
311.00	61.205	274.305	213.099	128.397	298.692	-170.295			
230.00	51.978	265.152	213.173	120.083	289.966	-169.884			
168.00	24.861	240.266	215.405	110.445	281.308	-170.863			
123.00	20.138	236.812	216.675	106.562	278.238	-171.676			
90.00	15.981	233.886	217.904	108.854	281.250	-172.397			
66.00	13.488	232.783	219.295	107.371	280.390	-173.019			
48.00	11.460	232.186	220.726	106.304	279.951	-173.647			
35.00	9.756	231.875	222.119	105.481	279.730	-174.249			
26.00	8.312	231.759	223.447	104.828	279.651	-174.823			
19.00	6.947	231.750	224.803	104.237	279.649	-175.412			
14.00	5.779	231.833	226.054	103.748	279.723	-175.975			
10.40	4.796	231.960	227.164	103.355	279.834	-176.480			
7.80	3.981	232.115	228.134	103.035	279.973	-176.939			
5.90	3.304	232.282	228.978	102.765	280.129	-177.363			
4.50	2.754	232.447	229.693	102.544	280.287	-177.743			

Рис. 5. Представление радиационных потоков в табличном виде

В результате работы расчётного модуля пользователь получает значения потоков восходящей и нисходящей радиации в инфракрасной области спектра, эффективного инфракрасного потока, потока нисходящей радиации и восходящей радиации в коротковолновой области спектра, эффективного коротковолнового потока, интегрального потока нисходящей и восходящей радиации, интегрального эффективного потока, длинноволнового и коротковолнового притока тепла, длинноволнового выхода, интегрального притока тепла, коротковолнового и интегрального нагрева.

Со значениями выше перечисленных физических величин пользователь может ознакомиться как в табличном виде, так и в графическом виде. Примеры представления результатов показаны на рис. 4 и 5.

Вычислительная программа написана на языке Фортран в виде отдельного исполняемого модуля. Для создания веб-интерфейсов и интеграции расчётной программы созданы скрипты на языке PHP, обрабатываемые на веб-сервере Apache. Комплекс программ ИВС работает в операционной системе Linux. Графическое представление результатов, так

называемая графика высокого уровня, осуществляется с помощью интерактивного Java-апплета, работающего в браузере на компьютере пользователя.

Заключение

В докладе описаны компоненты распределенной информационно-вычислительной системы по атмосферным наукам. Основное внимание сосредоточено на построении цифровых библиотек для этих предметных областей и на приложении для вычисления потоков радиации в атмосфере с учетом некоторых наборов химических реакций.

Дальнейшее развитие работы связано с формированием фактологической части онтологии информационных ресурсов по атмосферной радиации и химии, содержащей индивиды, характеризующие парные отношения между источниками данных. Эта часть A-box онтологии направлена на решение задачи исследования качества данных, опубликованных в этих предметных областях.

Литература

- [1] Rothman L.S., Gordon I.E., Barbe A., Benner D.C., Bernath P.F., Birk M., et al. The HITRAN 2008 molecular spectroscopic database. // *J. of Quant. Spectrosc. and Radiative Transfer*. 2009. v.110. p.533–572.
- [2] Rothman L.S., Gordon I.E., Barber R.J., Dothe H., Gamache R.R., Goldman A., et al. HITEMP, the high-temperature molecular spectroscopic database. // *J. of Quant. Spectrosc. and Radiative Transfer*. 2010. V.111. p.2139–2150.
- [3] Jacquinet-Husson N., Scott N.A., Chedin A., et al. The GEISA spectroscopic database: current and future archive for Earth and planetary atmosphere studies. // *J. of Quant. Spectrosc. and Radiative Transfer*. 2008. v.109. p.1043–159.
- [4] Kupka F., Piskunov N., Ryabchikova T.A., Stempels H.C., Weiss W. VALD-2: progress of the Vienna Atomic Line Data Base // *Astron Astrophys Sup. Ser.* 1999. v.138. p.119–133.
- [5] Dere K. P. at all. CHIANTI-an atomic database for emission lines IX. Ionization rates, recombination rates, ionization equilibria for the elements hydrogen // *Astron. and Astrophys.* 2009. v.498. p.915–929.
- [6] Mason N.J. Electron induced processing; applications and data needs. // In: *Proceedings of ICAMDATA06 AIP Conference Proceedings*, 2007. v. 901. p. 74–84.
- [7] Muller H S P, Schloder F, Stutzki J, Winnewisser G. The cologne database for molecular spectroscopy, CDMS: a useful tool for astronomers and spectroscopists. // *J.Mol.Struct.* 2005. v.742. p.215–27.
- [8] Pickett H.M., Poynter R.L., Cohen E.A., Delitsky M.L., Pearson J.C., Muller H.S.P. Submillimeter, millimeter and microwave spectral line catalog. // *J. of Quant. Spectrosc. and Radiative Transfer*. 1998. v.60. P.883–90.
- [9] Dubernet M.L., Grosjean A., Daniel F., Flower D., Roueff E., Daniel F., et al. Ro-vibrational collisional excitation database BASECOL. // *J. Plasma Fusion Res. Ser.* 2006. v.7. p.356–57.
- [10] Schmitt B P, Volcke E, Quirico O, Brissaud N, Fray W, Grundy J-M, et al. GhoSST: the Grenoble astrophysics and planetology solid spectroscopy and thermodynamics database service. [Электронный ресурс] – URL: <http://ghosst.obs.ujf-grenoble.fr/>
- [11] Ralchenko Yu, Kramida, A E, Reader J, NIST ASDTeam. NIST Atomic Spectra Database (version3.1.5). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD; 2008. [Электронный ресурс] – URL: <http://physics.nist.gov/asd3S>.
- [12] R.J.Barber, J. Tennyson, G.J. Harris, R.N. Tolchenov, A high accuracy computed water line list - BT2. // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2006. v.368. p.1087–1094.
- [13] B. A. Voronin, J. Tennyson, R. N. Tolchenov, A.A. Lugovskoy, S. N. Yurchenko, A high accuracy computed line list for the HDO molecule. // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2010. v.402. p.492–496.
- [14] S. P. Sander, R. R. Friedl, A. R. Ravishankara, D. M. Golden, C. E. Kolb, M. J. Kurylo, R. E. Huie, V. L. Orkin, M. J. Molina, G. K. Moortgat, B. J.Finlayson-Pitts, Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Atmospheric Studies, Evaluation Number 14. // *JPL Publication* 02-25. 2003.
- [15] M.L. Dubernet, V. Boudon, L. Culhanec et al., Virtual Atomic and Molecular Data Centre. // *J. of Quant. Spectrosc. and Radiative Transfer*. 2010. v.111. no.15. p. 2151–2159.
- [16] Распределенная информационная система "Молекулярная спектроскопия" [Электронный ресурс]. – URL: <http://saga.iao.ru>, <http://atmos.molsp.phys.spbu.ru/>, <http://atmos.appl.sci-nnov.ru/>
- [17] Распределенная информационная система "Атмосферная радиация". [Электронный ресурс] – URL: <http://atmos.physics.usu.ru/>, <http://atmos.volsu.ru/>, <http://atmos.iao.ru>.
- [18] Ptashnik I.V. Evidence for the contribution of water dimers to the near-IR water vapour self-continuum. // *J. of Quant. Spectrosc. and Radiative Transfer*. 2008. v.109. p. 831–852.
- [19] Paynter D., Ramaswamy V. The Contribution of Various Continuum Models in the Longwave and Shortwave pp. 60–63 // *Annual Progress Report Cooperative Institute for Climate Science at Princeton University NOAA Cooperative Agreement NA08OAR4320752 Shadow Award NA08OAR4320915 p*, July 1, 2008 – March 31, 2009. p. 10.
- [20] Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [21] Held I.M., Soden B.J. Water vapor feedback and global warming. // *Annual Review of Energy and the Environment*. 2000. v. 25. p. 441–475.
- [22] Фирсов К.М., Чеснокова Т.Ю. Чувствительность нисходящих длинноволновых потоков радиации к континуальному поглощению паров воды. // *Оптика атмосферы и океана*. 2010. т.23. № 08. с.650–655.

- [23] Tvorogov S.D., Zhuravleva T.B., Rodimova O.B., Firsov K.M. Theory of series of exponents and its application for analysis of radiation processes // In: A.P. Cracknell, V.F. Krapivin, and C.A. Varotsos (eds). // Problems of Global Climatology and Ecodynamics: Anthropogenic Effects on the State of Planet Earth, Springer/Praxis, Chichester, UK, 2008. Chapter 9. p. 211-240.
- [24] E. P. Gordov, V. N. Lykov, A.Z.Fazliev. Web portal on environmental sciences "ATMOS" // Adv. Geosci. 2006. v.8 p.33-38.
Портал атмосферных наук ATMOS [Электронный ресурс] – URL: <http://atmos.iao.ru>.
- [25] Киселев А.А. Фролькис В.А. Эволюция термического режима атмосферы в условиях прогнозируемого антропогенного загрязнения. // Известия РАН. сер.ФАО. 1994. т.30. №4. с.582-587.
- [26] Кароль И.Л. Фролькис В.А. Энергобалансовая радиационно-конвективная модель глобального климата. // Метеорология и гидрология. 1984. №8. с.59-68.
- [27] Frolkis V.A., Rozanov E.V. Radiation code for climate and general circulation models. // IRS'92 Current problems in Atmospheric Radiation. ed. S.Keevallik A.DEEPAK Publ. Hampton, USA. 1993. p.176-179.
- [28] Фролькис В.А., Киселев А.А., Кароль И.Л., Диагностика антропогенных изменений климата моделированием радиационно-фотохимических процессов в атмосфере // Известия РАН. Серия Физика атмосферы и океана. 1999. т. 35. № 4. с. 444-456.

Atmospheric sciences distributed information system

K. Firsov, V.Frolkis, Y. Voronina, A. Kozodoev,
A. Fazliev

A description of a distributed information-computational system for atmospheric sciences is presented. The system is based on knowledge and presents the results of all the stages of data and knowledge creation from measuring spectral functions, radiation flows and inflows as well as chemical reactions' cross-sections to finding out the characteristics of atmospheric radiation and registering the interaction of radiation and chemical composition of the atmosphere. The major difference of the given ICS is the development of ontology of informational resources on atmospheric radiation, atmospheric chemistry and spectroscopy. This ontology would allow a user to get description information on data of these domains published in numerous articles.

* Авторы благодарны РФФИ (грант 11-07-00660) за финансирование работы.