

РАЗВИТИЕ ДОСТУПНОЙ ПО СЕТИ ИНТЕРНЕТ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ «АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ»

Привезенцев А.И., Фирсов К.М., Сакерин С.М., Журавлева Т.Б., Козодоева Е.М., Козодоев А.В., Насретдинов И.М.

*Институт Оптики Атмосферы СО РАН,
634055, г. Томск, пр. Академический, д.1, (fkmsms/ztb/klen/kav/wizard/remake@iao.ru)*

В статье представлены результаты работ по созданию информационных и вычислительных ресурсов в области атмосферной радиации, доступные для коллективного использования. Доступ к ресурсам организован с помощью веб-интерфейса (<http://atrad.atmos.iao.ru>).

This paper summarizes the work on creation of shared information and computational resources on atmospheric radiation. The access to the resources is arranged via web-interface (<http://atrad.atmos.iao.ru>).

Введение.

Целью данного проекта является развитие доступной по сети интернет информационно-вычислительной системы (ИВС) «Атмосферная радиация», которая предоставляет информацию о радиационных процессах происходящих в атмосфере. Доступ к данным и программам организован с помощью веб-интерфейса (<http://atrad.atmos.iao.ru>). На данном сайте содержится информация о экспериментальных измерениях, имеется доступ к ряду баз данных (метеорологических, спектроскопических и т.п.), а также имеется возможность проводить расчеты радиационных характеристик атмосферы.

Информация, предлагаемая для доступа через Интернет, включает в себя данные об экспериментальных измерениях радиационно-значимых компонент солнечного излучения, проводимых на радиационном комплексе ИОА СО РАН, данные о полях яркости солнечной радиации, оптические модели Крекова-Рахимова [1] для аэрозоля и зональные модели профилей температуры, давления и концентраций атмосферных газов [2].

Идеология, реализованная в нашем подходе к расчету полей интенсивностей, выгодно отличается от общепринятых. Это обусловлено не только тем, что расчеты проводятся непосредственно на нашем сайте, где есть дружественный интерфейс, но также и тем, что применение современных подходов к параметризации молекулярного поглощения позволяет использовать разные версии спектроскопических баз данных, в том числе и последнюю версию HITRAN-2005.

Разработан интерфейс для расчета восходящих и нисходящих спектральных потоков и интенсивности коротковолнового излучения на верхней и нижней границе атмосферы. Для расчета уравнения переноса излучения используется пакет программ DISORT. Молекулярное поглощение учитывается на основе рядов экспонент, параметры которых рассчитываются прямым методом line-by-line. Кроме того, характеристики молекулярного поглощения (параметры разложения в ряд экспонент), рассчитанные для заданных спектральных интервалов пользователь может использовать в своих программах расчета переноса радиации.

Разработан интерфейс для расчета интегральных потоков радиации для моделей ИВМ РАН и модели В.А.Фролькиса. Данные радиационные блоки дают возможность рассчитать восходящие и нисходящие интегральные потоки радиации, а также скорость радиационного выхолаживания атмосферы. Детальное описание радиационного блока ИВМ РАН дано в монографии, которая располагается в разделе КЛИМАТ на сайте: <http://atrad.atmos.iao.ru>.

Радиационная модель ИОА

Для учета молекулярного поглощения при расчете радиационных характеристик атмосферы мы использовали модификацию метода рядов экспонент, описанную в работе [5]. Широкополосная функция пропускания обусловленная молекулярным поглощением солнечного излучения в спектральном интервале $\Delta\lambda=(\lambda_1,\lambda_2)$, может быть представлена в виде

$$T_{\Delta l}(m) = \int_{l_1}^{l_2} F(l) I_0(l) \exp\left(-m \int_0^{H_{atm}} k_{mol}(l, h) dh\right) dl / I_{0,\Delta l}, \quad I_{0,\Delta l} = \int_{l_1}^{l_2} F(l) I_0(l) dl, \quad (1)$$

где $F(\lambda)$ – аппаратная функция регистрирующего прибора; $I_0(\lambda)$ – спектральная солнечная постоянная; – монохроматическая функция пропускания атмосферы Земли, $k_{mol}(\lambda, h)$ – коэффициент молекулярного поглощения на длине волны λ и высоте h над поверхностью Земли, m – оптическая масса атмосферы (в направлении на Солнце). H_{atm} – верхняя граница атмосферы. В предположении о том, что атмосфера Земли является плоско-параллельной, $m=1/\cos\xi_{\odot}$; $\xi_{\odot}$ – зенитный угол Солнца.

Аппроксимация функции пропускания рядом экспонент позволяет эффективно рассчитывать интегральные по спектру радиационные характеристики. Этот метод основывается на том, что осуществляется интегральное преобразование

$$T = \frac{1}{\Delta l} \int_{\Delta l} \exp\{-\tau_{mol}(l)\} dl = \int_0^1 \exp\{-\tau_{mol}(g)\} dg, \quad (2)$$

где $\tau(\lambda)$ – оптическая толщина на длине волны λ , $\tau(g)$ – можно интерпретировать как оптическая толщина в пространстве кумулятивных волновых чисел [5]. Данное преобразование позволяет осуществить переход от быстроосциллирующей функции $\tau(\lambda)$ к гладкой $\tau(g)$. На

рис.1 показан типичный вид вышеуказанных функций.

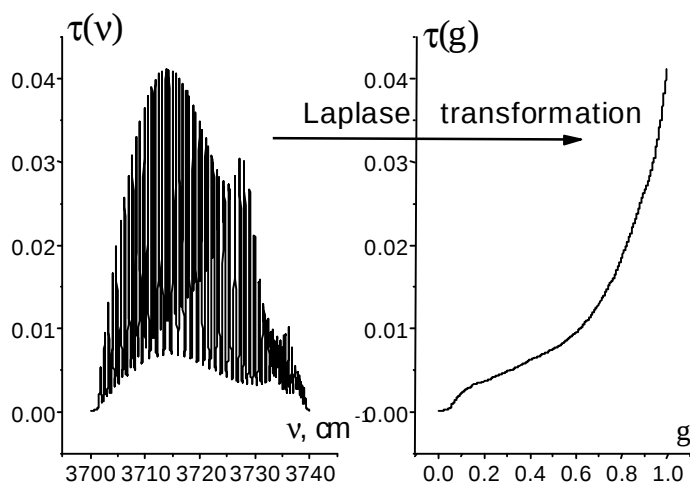


Рис.1. Спектр поглощения в пространстве волновых чисел (а) и в пространстве кумулятивных волновых чисел (б).

После такого преобразования можно применить какие либо квадратуры и получить короткий ряд экспонент. Однако без дополнительных предположений построить модель, описывающую зависимость оптической толщи неоднородной трассы от локальных характеристик, не представляется возможным. По аналогии с прямым методом *line-by-line* наиболее естественно следующее формальное определение оптической толщи в пространстве кумулятивных частот:

$$\tau(g, z_0, z) = \int_{z_0}^z k(g, h) \rho(h) dh, \quad (3)$$

где $\rho(h)$ – концентрация поглощающего газа на высоте h , а $k(g, h)$ имеет смысл коэффициента поглощения на высоте h и кумулятивном волновом числе g . Расчет $k(g, h)$ может быть проведен на основе $k(v, h)$. В западной литературе соотношение (3) получило название метода корреляции k -распределения или метода s - k -распределения. Наши оценки показали, что для спектрального диапазона 0.3-2 мкм для типичных атмосферных условий это соотношение выполняется с высокой точностью.

Согласно работе [5], $T_{\Delta l}(m)$ может быть преобразовано к виду

$$T_{\Delta l}(m) = \int_0^1 \exp\left(-m \int_0^{H_{atm}} k(g, h) dh\right) dg = \sum_{i=1}^N C_i \exp\left(-m \int_0^{H_{atm}} k(g_i, h) dh\right), \quad (4)$$

где $k(g, h)$ – эффективный коэффициент поглощения в пространстве кумулятивных частот, который является непрерывной, возрастающей функцией аргумента g . Последнее обстоятельство позволяет эффективно применять для численного интегрирования гауссовские квадратуры и представить $T_{\Lambda}(m)$ в виде короткого ряда экспонент (как

правило, $N \leq 5-10$); g_i и C_i – узлы и коэффициенты гауссовских квадратур; $\sum_{i=1}^N C_i = 1$.

- Для расчета радиационных характеристик используется следующая технология:
- коэффициенты молекулярного поглощения рассчитываются методом line by line (*LBL*) сразу для смеси газов при заданных метеорологических условиях (давление, температура, концентрации поглощающих газов);
 - на основе этих коэффициентов и спектральной зависимости солнечной постоянной $I_0(\lambda)$ и аппаратной функции регистрирующего прибора $F(\lambda)$ методом k-распределения рассчитываются эффективные коэффициенты поглощения и коэффициенты гауссовских квадратур.
 - радиационные характеристики $R_{\lambda, I}$ (поток, яркость) рассчитываются по формуле:

$$R_{\Delta l} = \sum_{i=1}^N C_i R_i, \quad (5)$$

где R_i – монохроматическая радиация на кумулятивной длине волны g_i , которая рассчитывается на основе пакета программ DISORT, либо при помощи пакета программ, основывающегося на методе Монте-Карло.

Соотношение (5) справедливо, если в пределах спектрального интервала Δl оптические характеристики облаков, аэрозоля, а также коэффициенты релеевского рассеяния являются постоянными. Поглощение атмосферными газами может быть учтено через альбедо однократного рассеяния, а также коэффициенты ослабления и поглощения.

Входные данные

Вверх

Метеомодель

Аппаратная функция

Результаты

Входные данные

Эффективные

коэффициенты

поглощения

Функции

пропускания

Входные данные

Показать

47

рядов от

0

Всего 26

Настройка

Названия	Значения
Параметры расчета	
Углы падения луча на поверхность	Нет
Рефрактивный индекс подложки	
Эквивалентная толщина (толщина эквивалента 0.75 (микроны))	0
Целевая температура для расчета коэффициента поглощения (1.00)	0
Метеомодель APGL	
Влажность	Умеренная
Сезон	Лето
Количество циклов	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, O ₃ , CH ₃ , N ₂ , NO ₂ , NO, H ₂ , H ₂ O

Показать

47

рядов от

0

Всего 26

Настройка

Рис.1. Пример задания входных данных для расчета эффективных коэффициентов поглощения.

ГАУССОВСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

0.1184635E+01	0.2393144E+01	0.2844445E+01	0.2393144E+01	0.1184635E+01
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

ЭФФЕКТИВНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОГЛОЩЕНИЯ

Высота (км)					
0	0.000254558	0.000487207	0.00115715	0.0041408	0.0285195
1	0.000160409	0.000299474	0.000698065	0.0026396	0.019813
2	9.83229e-05	0.00017628	0.000397309	0.00154958	0.0131174
3	6.09446e-05	0.0001033	0.000223245	0.000874706	0.00817597

Рис.2 Выходные данные

Web-интерфейс к базе данных «поля яркости солнечной радиации в безоблачной атмосфере»

Необходимость доступа через Web-интерфейс к базе данных «поля яркости солнечной радиации в безоблачной атмосфере», продиктовано следующими соображениями:

При решении ряда прикладных задач атмосферной оптики часто возникает необходимость проведения массовых расчетов полей яркости солнечной радиации. Это определяет целесообразность создания программного обеспечения, которое бы обеспечивало удобный интерфейс пользователя, а также хранение и эффективную обработку результатов вычислений. Для расчета полей яркости нами использовался реализованный ранее алгоритм расчета приходящей диффузной радиации для различных геометрий эксперимента, который позволяет учитывать: (а) рассеяние и поглощение аэрозольными частицами и молекулами воздуха и (б) отражение от подстилающей поверхности. Расчеты коэффициентов молекулярного поглощения выполнялись на основе спектроскопической базы данных HITRAN 2000.

Ранее была создана база данных (БД) для хранения и эффективной обработки результатов вычислений. Информация, хранящаяся в БД, предназначена для создания численных моделей полей яркости безоблачной атмосферы, выявления закономерностей переноса солнечного излучения, а также сравнения с результатами натурных экспериментов.

Хранение данных осуществляется средствами СУБД MySQL. Для организации web-доступа к базе данных «Поля яркости солнечной радиации в безоблачной атмосфере» реализован web-интерфейс в рамках портала ATMOS (<http://atrad.atmos.iao.ru>). При создании интерфейса выделены два структурных блока: первый блок организует работу на клиентском месте, второй - на серверном. Разработка клиентского блока реализована на языке JavaScript, а вторая часть реализована в рамках языка PHP. Серверная часть предполагает генерацию HTML-страниц и отправки их на клиентский блок, а на клиентском месте реализована интерактивность посредством диалоговых форм и управляющих элементов. Для доступа к сервису необходимо зарегистрироваться на указанном выше интернет сайте.

Все элементы БД разбиты на три группы: «функции», «аргументы» и «фиксированные параметры». К «функциям» относятся: (а) яркость неба, ее одно- и многократная компоненты, (б) доли одно- и многократной компонент яркости и (в) погрешности расчета яркости и ее однократной компоненты. К «аргументам» - зенитный угол Солнца, азимутальный угол визирования, угол рассеяния, аэрозольная оптическая толщина и величина альbedo подстилающей поверхности. К «фиксированным параметрам» относятся все остальные характеристики (длина волны, индикатриса рассеяния и т.д.) и те значения «аргументов», которые не были выбраны пользователем. На Рис.3 показан возможный выбор пользователем «функций» от выбранного «аргумента». Следует отметить, что на данном

этапе аргумент может быть выбран только один, а функциями могут быть все характеристики первой группы одновременно. На следующем этапе необходимо указать диапазон изменения аргумента (рис. 4). Далее на странице «Выбор значений параметров» пользователь должен задать остальные элементы (рис. 5). Кроме того, здесь же, предоставлена возможность просмотра не скалярных элементов, таких как индикатриса аэрозольного рассеяния и профили оптических характеристик атмосферы. После всех перечисленных процедур результаты запроса можно просмотреть как в табличном, так и в графическом виде. Заметим, что, поскольку функций может быть несколько, а размерности у них разные, то подгруппы (а), (б) и (в) разнесены на отдельные графики.

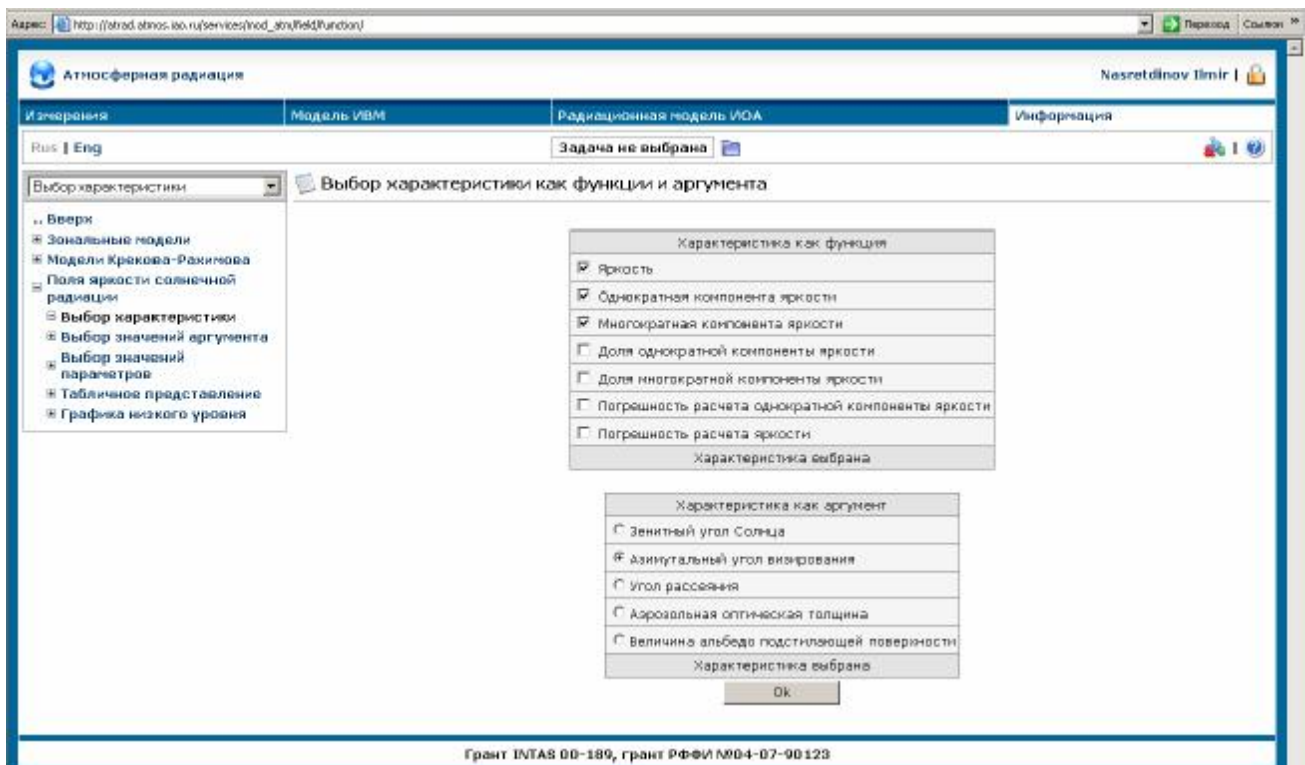


Рис. 3. Выбор «функций» и «аргументов».

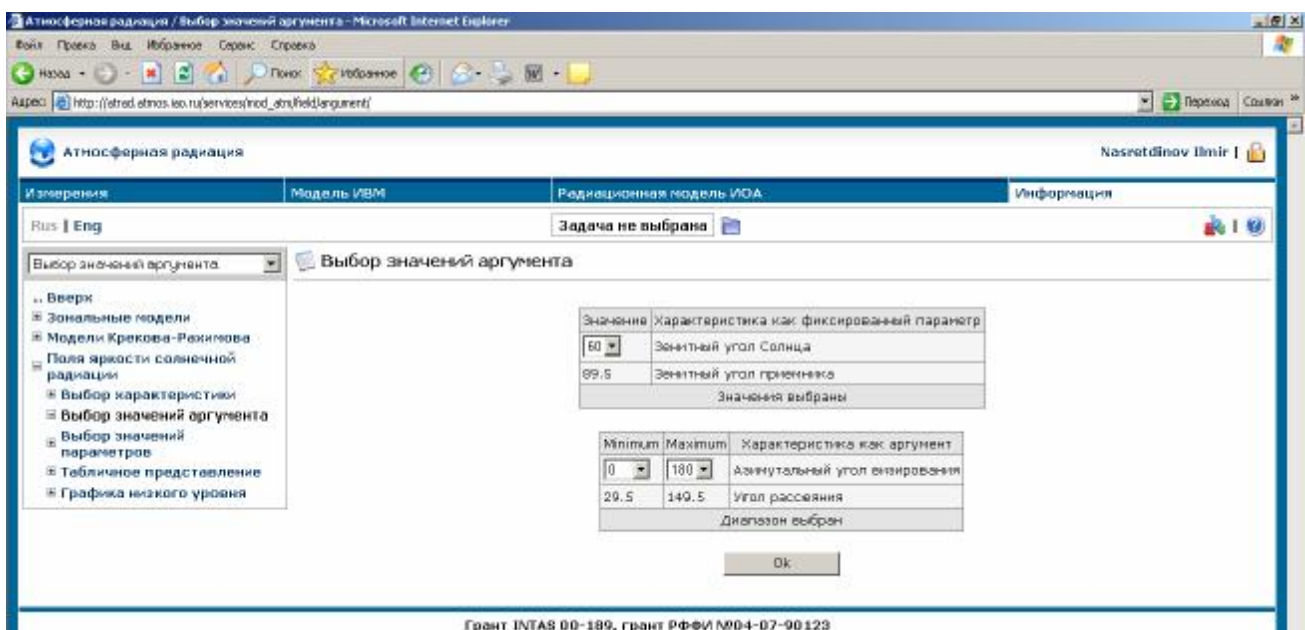


Рис. 4. Задание диапазона значений аргумента.

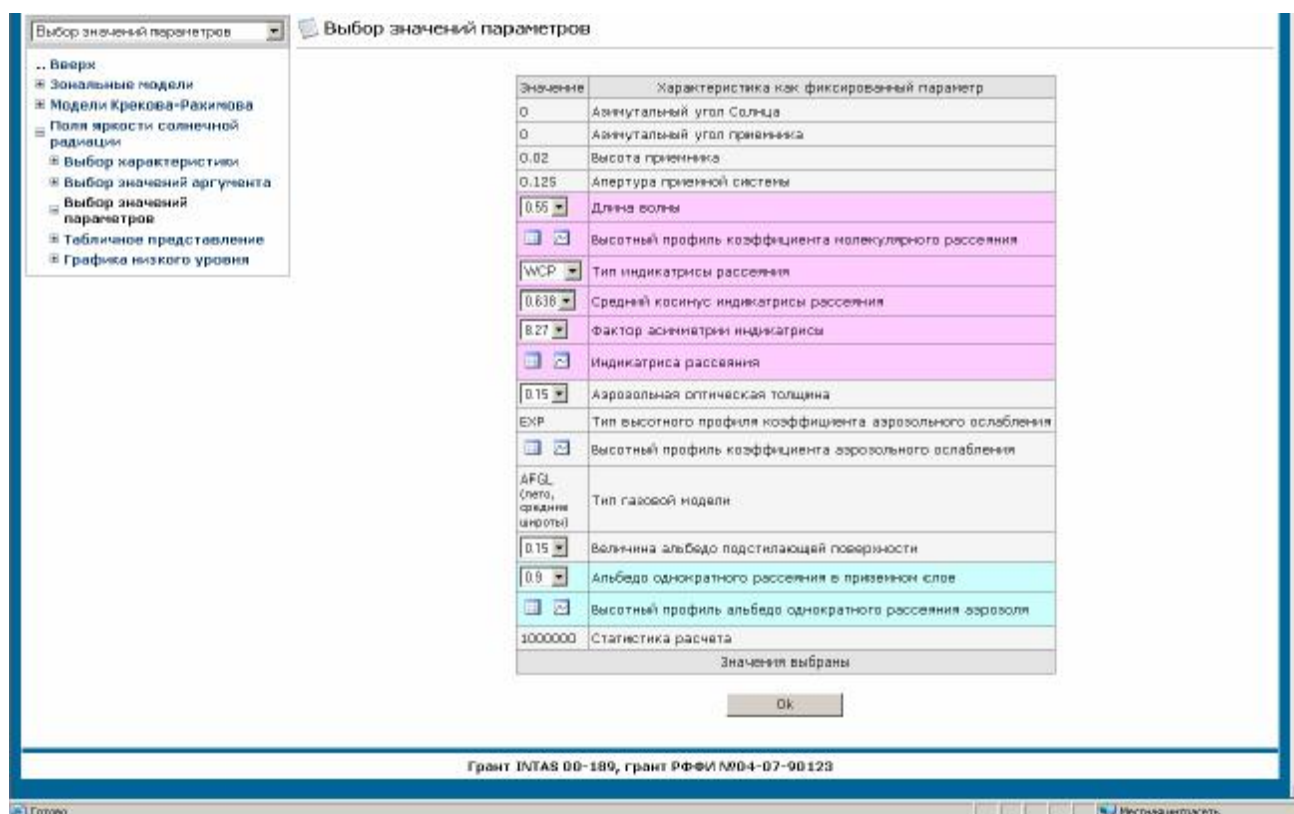


Рис. 5. Задание «фиксированных параметров».

Заключение

В работе дано описание новых Web-интерфейсов информационно-вычислительной системы “Атмосферная радиация”. Модели могут представлять интерес для специалистов в области атмосферной радиации и климата, а также аспирантов и студентов.

Информационная система построена средствами Интернет-технологий. Для разработки ИВС использовано программное обеспечение: Web сервер Apache, скриптовый язык PHP4, пакет программ для построения графиков GNUPlot.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 04-07-90123.

Литература

1. Креков Г.М., Рахимов Р.Ф. Оптические модели атмосферного аэрозоля. – Томск: Изд-е Томского филиала СО АН СССР, 1986, 294с.
2. Anderson G., Clough S., Kneizys F., Chetwynd J., and Shettle E., Atmospheric Constituent Profiles (0-120 km) // Air Force Geophysical Laboratory, AFGL-TR-86-0110, Environmental Research Paper, 1986, № 954.
3. Stamnes K., Tsay Si-C., Laszlo I. “DISORT, a General-Purpose Fortran Program for Discrete-Ordinate-Method Radiative Transfer in Scattering and Emitting Layered Media*: *Documentation of Methodology (version 1.1, Mar 2000)” http://climate.gsfc.nasa.gov/pub/wiscombe/Multiple_Scatt/
4. 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.DEEPAK Publishing., Hampton, VA 23666, U.S.A., 1993. P. 176-179
5. Фирсов К.М., Чеснокова Т.Ю., Белов В.В., Серебренников А.Б., Пономарев Ю.Н. Ряды экспонент в расчетах переноса излучения методом Монте-Карло в пространственно неоднородных аэрозольно-газовых средах // Вычислительные технологии 2002. Т. 7. № 5. С. 77-87.