

## **WEB-ресурс для проведения атмосферной коррекции мультиспектральных спутниковых изображений земной и водной поверхности**

**М.В. Энгель<sup>1</sup>, С.В. Афонин<sup>1,2</sup>, В.В. Белов<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,*

*634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1;*

*<sup>2</sup>Томский государственный университет,*

*634050, г. Томск, пр. Ленина, 36*

*E-mails: angel@iao.ru; afonin@iao.ru; belov@iao.ru*

Дается описание Web-ресурса, позволяющего на основе физического подхода удаленно осуществлять атмосферную коррекцию спутниковых измерений. В качестве информационных источников для задания оптико-метеорологического состояния атмосферы используются локальные и пространственно распределенные информационные ресурсы. Web-ресурс на первом этапе ориентирован на обработку спутниковых данных EOS/MODIS.

**Ключевые слова:** Web-ресурс, атмосферная коррекция, спутниковые данные.

### **Введение**

Наблюдения земной поверхности с помощью спутниковых систем осуществляются через атмосферу, которая является многокомпонентной средой, искажающей результаты дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Характер и степень атмосферных искажений зависят от спектрального диапазона и оптико-метеорологического состояния атмосферы в момент проведения зондирования. В этой связи атмосферная коррекция (АК) спутниковых измерений является необходимым условием успешного решения широкого спектра задач. Атмосферная коррекция используется в штатных алгоритмах тематической обработки спутниковых изображений системы глобального мониторинга EOS/MODIS, возможность её проведения для других спутниковых систем предоставляют различные коммерческие программные продукты (ERDAS, ENVI, FLAASH, ATCOR, ATREM, ACORN). В то же время, в большинстве случаев атмосферная коррекция производится приближенно, иногда с точностью, недостаточной для решения конкретной тематической задачи. Например, в задаче спутниковых измерений температуры поверхности Земли [1] учитывается только поглощение излучения водяным паром, но нет учета искажающего влияния аэрозоля и облачности. В задаче детектирования высокотемпературных источников (обнаружения лесных пожаров) [2] совершенно не рассматривается влияние атмосферы. При восстановлении коэффициентов отражения подстилающей поверхности отсутствует учет бокового подсвета [3].

Исправить эту ситуацию можно на основе последовательного физического метода, где используется теория переноса оптического излучения земной поверхности через многокомпонентную среду совместно с оперативной информацией о параметрах оптико-метеорологического состояния атмосферы в момент проведения зондирования из космоса. Однако применение физического метода является безусловно нетривиальной задачей,

и реализация соответствующего программного обеспечения в центрах приема и обработки спутниковых данных потребует определенных временных и финансовых затрат, достаточного объема специальных знаний, решения ряда организационных вопросов.

Путь решения данной проблемы видится в возможности объединения пространственно распределенных информационных и вычислительных ресурсов. Этот подход положен в основу Web-ресурса, позволяющего удаленно осуществлять процедуру атмосферной коррекции. Такой Web-ресурс в настоящий момент разрабатывается в ИОА СО РАН и будет ориентирован на обработку данных спутниковой аппаратуры EOS/MODIS, NOAA/POES, SPOT, LANDSAT, а также в перспективе данных и других спутниковых систем. На начальном этапе развития Web-ресурса реализована возможность атмосферной коррекции данных каналов инфракрасного диапазона спутниковой системы EOS/MODIS. Методические вопросы проведения АК изложены в работах [1-9].

## **1. Web-ресурсы, сочетающие информационные и вычислительные возможности**

Крупные центры приема и обработки данных ДЗЗ уже давно интегрированы в мировую сеть и распространяют свои данные в основном с использованием web-технологий, что, безусловно, расширяет круг потенциальных пользователей спутниковой информации. Нельзя не отметить тот факт, что уже существуют web-ресурсы, с помощью которых можно не только получить данные ДЗЗ, но и провести анализ этих данных. В качестве примера такого ресурса можно назвать портал GIOVANNI (Giovanni – The Bridge Between Science and Data, <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>), предназначенный для визуализации и статистического анализа данных различных спутниковых систем.

Примером сайта, имеющего возможности для проведения анализа представленной на нем информации, является сайт программы AERONET (The AERONET – AErosol RObotic NETwork, <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>). Ресурс предоставляет доступ к результатам измерений параметров аэрозоля, полученных на станциях всемирной сети AERONET. Данные имеют три уровня обработки. Пользователь может произвести поиск информации по временным и географическим критериям, получить графическое представление данных, произвести траекторный анализ измерений. Также предоставлена возможность получить данные в формате данных Google Earth (Google Earth, <http://www.google.com/intl/ru/earth/index.html>).

Функционирующий в сети Интернет Web-калькулятор (Atmospheric Correction Parameter Calculator, <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov>) для учета молекулярного поглощения в тепловом канале приборов ТМ и ЕТМ+ спутниковой системы Landsat [10, 11] является единственным примером осуществления атмосферной коррекции с помощью пространственно удаленного ресурса. Web-ресурс для атмосферной коррекции, разрабатываемый в Институте оптики атмосферы СО РАН, г. Томск, безусловно предназначен для решения более широкого круга задач при тематической обработке спутниковых данных.

## **2. Архитектура Web-ресурса**

Для создаваемого Web-ресурса выбрана трехуровневая архитектура, характерная для приложений баз данных (БД), применяющих Web-технологии. Такая архитектура подразуме-

вадет наличие цепочки «сервер базы данных – Web-сервер – клиентский компьютер и браузер». Сервер базы данных поддерживает СУБД и выполняет всю работу с данными. В базах данных хранятся метаданные спутниковых снимков, а также служебная информация, включающая данные о пользователях и данные о работе комплекса. Web-сервер выполняет функции http-сервера, сценарного интерпретатора и обработчика представлений экземпляров баз данных. Браузер выполняет функции по представлению информации на компьютере клиента.

Для обеспечения функциональности ресурса разрабатывается оригинальное программное обеспечение, включающее модуль, реализующий функции поиска и получения необходимой априорной оптико-метеорологической информации из удаленных источников; расчетные модули; специальную программу-диспетчер, предназначенную для связи между различными блоками ресурса и управления серверными приложениями, выполняющими тематические задачи. Разработка программ, обеспечивающих работу Web-ресурса, основывается на лицензионно-чистых, открытых (open-source) программных средствах. Разработка ведется в среде операционной системы Linux. Для создания web-интерфейса и программ, управляющих работой ресурса, используется высокоуровневый язык Python. Web-интерфейс создается на основе свободно распространяемого фреймворка для создания Web-приложений Django (Django Software Foundation, <http://www.djangoproject.com>), реализованного также на языке Python. Базы данных разрабатываются на основе объектно-реляционной СУБД PostgreSQL. Расчетные модули написаны преимущественно на языках C++ и Fortran и реализованы с использованием программного обеспечения GCC и Intel Fortran.

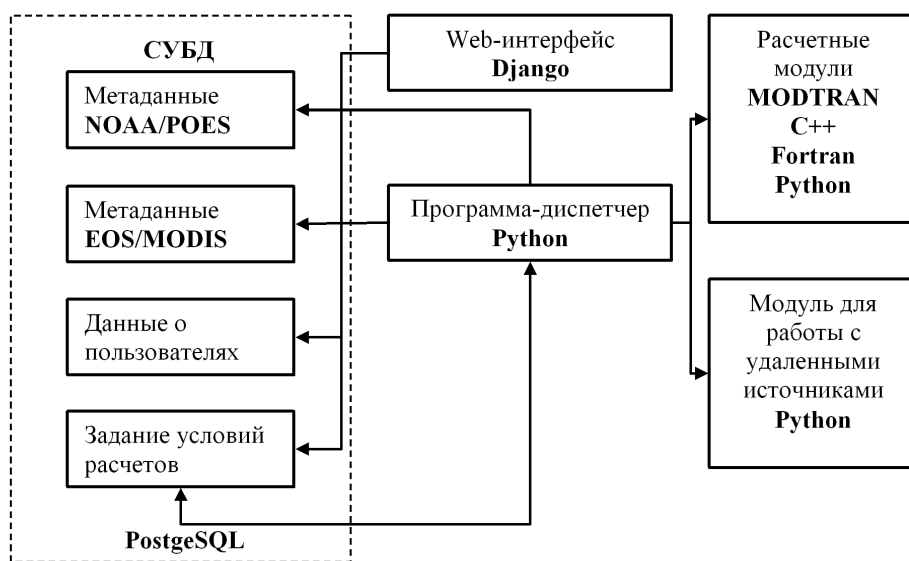


Рис. 1. Архитектура Web-ресурса

В качестве моделей процесса переноса излучения предлагается использовать программы MODTRAN и 6S, хорошо зарекомендовавшие себя для решения задач атмосферной коррекции данных ДЗЗ из космоса.

### 3. Источники информации

В качестве информационных источников для задания оптико-метеорологического состояния атмосферы используют локальные и пространственно распределенные информа-

ционные ресурсы, содержащие наземные и спутниковые измерения параметров атмосферы, прогностические метеоданные.

Информационной основой ресурса на первом этапе разработки являются локальные базы данных, содержащие данные о параметрах атмосферы (метеопараметры, аэрозоль, облачность), полученные на основе измерений спектро радиометра MODIS спутников EOS/MODIS. Файлы со спутниковой информацией хранятся на дисках сервера. Первичный поиск метеоинформации о состоянии атмосферы, требуемой для проведения атмосферной коррекции, производится в локальных базах данных. Поиск может быть расширен за счет обращения к удаленным источникам. В настоящий момент в качестве удаленного источника определен ftp-сайт (LAADS FTP site, <ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov>) сервера LAADS Web (Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System) (сайт LAADS Web, <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html>), который предоставляет доступ к огромным архивам разнообразной спутниковой информации. На данном этапе предусматривается поиск и получение атмосферных спутниковых данных MODIS второго уровня (Level 2) коллекций 5 и 5.1.

При отсутствии спутниковых данных о состоянии атмосферы в качестве априорной информации используются прогностические модели (National Weather Service, <http://www.weather.gov>).

#### 4. Использование Web-ресурса

Принцип использования Web-ресурса достаточно прост. Пользователь делает запрос на проведение атмосферной коррекции, указывая ключевые атрибуты (временные и пространственные) файла телеметрической информации (снимка) и требуемые спектральные каналы.

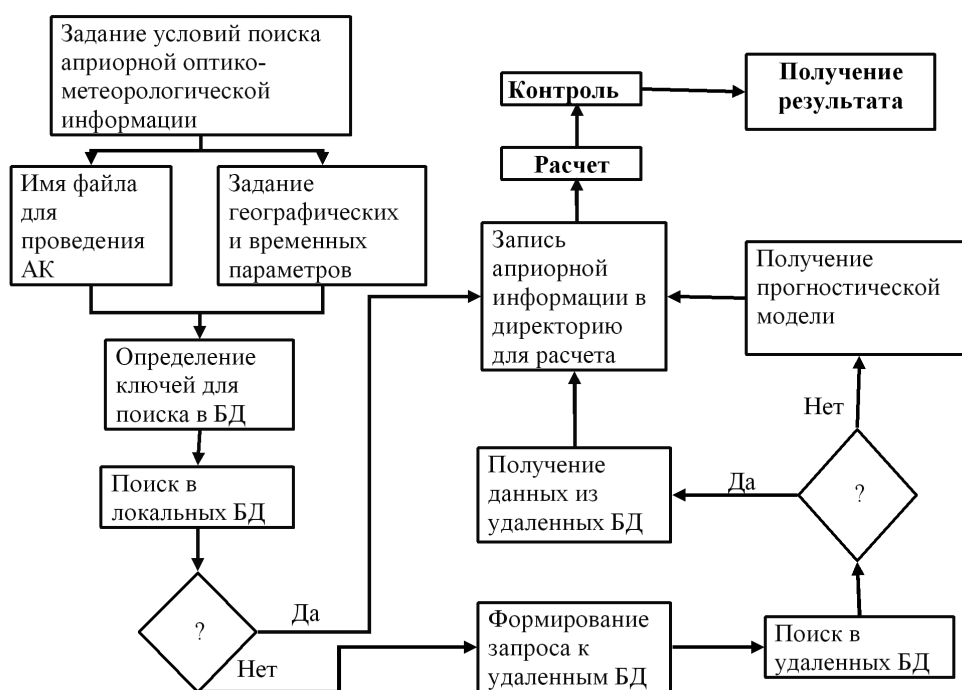


Рис. 2. Алгоритм работы Web-ресурса

В соответствии с заданными атрибутами производится поиск необходимой априорной оптико-метеорологической информации. Если требуемых данных в определенных информационных источниках нет, используются оптические модели атмосферы. Затем для заданного снимка осуществляется расчет характеристик искажающего влияния атмосферы. Результаты расчета пользователь получает по сети Интернет вместе со специально разработанной утилитой для атмосферной коррекции спутниковых изображений, полученных в инфракрасном диапазоне. Схема работы Web-ресурса приведена на рис. 2.

На рис. 3 приведен пример Web-интерфейса, используемого при задании входных параметров для проведения атмосферной коррекции в 31-ом канале MODIS. Определен регион 74...90° в.д., 54...62° с.ш. Время измерений 23 июня 2009 г., 05:00 GMT. В качестве априорной информации выбраны спутниковые метеоданные MODIS. Снизу приведен фрагмент обрабатываемого снимка для указанного региона. Изображение синтезировано как композиция измерений трех каналов (длины волн 0,646, 0,553, 0,466 мкм).

**Лаборатория распространения оптических сигналов**  
Спутниковая информация: базы данных и алгоритмы обработки

[Начало](#) > [Домашняя страница](#) > [Расчеты](#) > [Атмосферная коррекция](#)

### Атмосферная коррекция

**Оптико-метеорологическая информация**

**Задание входных параметров**

Восточная долгота (-180/180):	<input type="text" value="74"/>	Канал 20	<input type="checkbox"/>
Западная долгота (-180/180):	<input type="text" value="90"/>	Канал 21/22	<input type="checkbox"/>
Северная широта (-90/90):	<input type="text" value="54"/>	Канал 23	<input type="checkbox"/>
Южная широта (-90/90):	<input type="text" value="62"/>	Канал 29	<input type="checkbox"/>
Дата сканирования (YYYY-MM-DD):	<input type="text" value="2009-06-23"/>	Канал 31	<input checked="" type="checkbox"/>
Время сканирования (HH:MM:SS):	<input type="text" value="05:00"/>	Канал 32	<input type="checkbox"/>
Тип расчета: точный	<input checked="" type="radio"/>		
Тип расчета: приближенный	<input type="radio"/>		
Выбор данных:	<input type="text" value="Спутниковые данные"/>		
Имя файла:	<input type="text" value="MOD04_L2.A2009135.0410.C"/>		

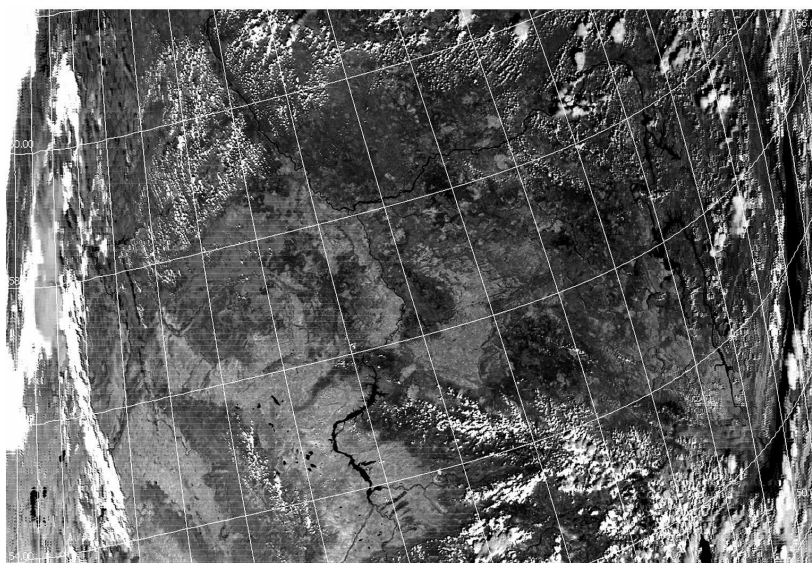


Рис. 3. Web-интерфейс для задания входных параметров и фрагмент обрабатываемого снимка для указанного региона



## Заключение

Разработано и проходит тестирование программное обеспечение Web-ресурса для проведения атмосферной коррекции спутниковых изображений земной поверхности. Первая версия позволяет производить обработку спутниковых данных EOS/MODIS с использованием априорной информации о состоянии атмосферы из локальных баз данных и удаленных источников. В дальнейшем предполагается развитие Web-ресурса в следующих направлениях:

- Разработка «быстрой» модели процесса переноса излучения поверхности через атмосферу. Разработка методики и программных средств контроля качества атмосферной коррекции спутниковых данных.
- Разработка и апробация программных средств для решения посредством Web-ресурса задачи атмосферной коррекции (и контроля её качества) для спутниковых данных в видимом спектральном диапазоне.
- Расширение возможностей проведения посредством Web-ресурса для атмосферной коррекции данных систем высокого пространственного разрешения Landsat, SPOT и др.

## Литература

1. Wan, Z., Dozier J. A generalized split-window algorithm for retrieving land surface temperature measurement from space // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 1996. 34. 892–905.
2. Giglio L., Descloitres J., Justice C., Kaufman Y. An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS // Remote Sens. Environ. 2003. 87. 273–282.
3. Vermote E.F., Vermeulen A. Atmospheric correction algorithm: spectral reflectances (MOD09). Algorithm Theoretical Background Document, version 4.0. 1999. [электронный ресурс]: [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod08.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod08.pdf).
4. Афонин С.В., Белов В.В., Соломатов Д.В. Решение задач температурного мониторинга земной поверхности из космоса на основе RTM-метода // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т.21. № 12. С. 1056-1063.
5. Price J.C. Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA-7 AVHRR // J. Geophys. Res. 1984. 79. 5039–5044.
6. Sobrino J.A., Li Z.-L., Stoll M.P., Becker F. Improvements in the split window technique for land surface temperature determination // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 1994. 32. 243–253.
7. Coll, C., Caselles V., Sobrino A., Valor E. On the atmospheric dependence of the split-window equation for land surface temperature // Int. J. Remote Sens. 1994. 27. 105–122.
8. Mao, K., Qin Z., Shi J., Gong P. A practical split-window algorithm for retrieving land surface temperature from MODIS data // Int. J. Remote Sens. 2005. 15. 3181–3204.
9. Афонин С.В., Соломатов Д.В. Методика учета оптико-метеорологического состояния атмосферы для решения задач атмосферной коррекции спутниковых ИК-измерений // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т.21. №2. С. 147-153.
10. Barsi J.A., Barker J.L., Schott J.R. An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument // IGARSS03, 21-25 July 2003, Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, France.
11. Barsi J.A., Schott J.R., Palluconi F.D., Hook S.J. Validation of a Web-Based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band Instruments // Earth Observing Systems X, Proc. SPIE Vol. 5882, August 2005, San Diego, CA.

# WEB resource for atmospheric correction of multispectral satellite images of land and water surfaces

M.V. Engel <sup>1</sup>, V.V. Belov <sup>1,2</sup>, S.V. Afonin <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS,  
1 Academician Zuev square, Tomsk, 634021, Russia;*

<sup>2</sup>*Tomsk State University,  
36 Lenin Prospekt, Tomsk, 634050, Russia  
E-mails: angel@iao.ru; afonin@iao.ru; belov@iao.ru*

A general description of WEB recourse, developed at Institute of Atmospheric Optics (IAO), Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, is provided; it can be used for a remote atmospheric correction of satellite measurements. The atmospheric correction is based on the physical (RTM) approach. Local and spatially distributed information resources are used as information sources for specification of the optical-meteorological atmospheric state. At the first stage, the WEB resource is intended for processing of the EOS/MODIS satellite data.

**Keywords:** Web-resource, atmospheric correction, satellite data.