

# Программно-вычислительная система для обработки лидарных данных на МСВЗА ИОА СО РАН

МАРИЧЕВ В. Н., БОЧКОВСКИЙ Д. А.  
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск  
email: marichev@iao.ru, [moto@iao.ru](mailto:moto@iao.ru)

## Введение

В конце прошлого и начале нынешнего столетий в широких кругах научной общественности обсуждаются проблемы, связанные с вопросами с изменениями климата как на глобальном, так и локальном уровнях. Сложный вопрос об изменении климатических и экологических систем под влиянием природных и техногенных факторов требует разработки и создания атмосферных термодинамических и аэрозольных пространственно-временных моделей, развития сети как наземных, так и космических служб слежения за атмосферой в глобальных масштабах [1,2]. Мероприятия по сбору огромного количества данных приводят к тому, что необходимо развивать не только техническую сторону решения проблемы, но и методологическую, алгоритмическую и связанную с ней – программную.

## Требования к разработке программного обеспечения

Данные лидарного зондирования атмосферы являются экспериментально полученными и содержат информацию о параметрах атмосферы. В дальнейшем, чтобы извлечь полезную для исследователя информацию, эти данные необходимо подвергнуть определенному набору преобразований. Поэтому при решении задач в рассматриваемой предметной области предполагается:

1. возможность поэтапного решения задачи, с произвольным определением финального этапа;
2. варьирование применяемыми методами на этапах решения задачи;
3. модификация параметров применяемых методов;
4. возможность обработки множественных объектов данных;
5. контроль результатов расчета на всех этапах в табличной форме;
6. контроль результатов на всех этапах в графическом виде;
7. суммирование данных таблиц различных этапов и различных экспериментов на одном графике;
8. сохранение данных из графиков в виде файлов графического формата gif;
9. произвольная выборка (столбцов) из таблиц результатов расчета;

Имея столь обширную задачу и возрастающую сложность программного обеспечения, необходимо на начальном этапе разработки предусмотреть возможность дальнейшего развития программного обеспечения позволяющего не переписывая предыдущую версию ПО, добавлять новый функциональный ряд возможностей к уже существующим, другими словами, возможность дальнейшего развития при сохранении ранее созданной функциональности. В научных исследованиях набор применяемых методов – постоянно дополняется,

появление новых методов и их апробация типичное явление и было бы не разумно переписывать существующий у исследователя набор ПО под очередной метод, который возможно, а зачастую так и есть, не найдет своего применения. Не исключается возможность изменения алгоритма решения, появление родственной задачи, предполагающей видоизменение текущего алгоритма, увеличение масштаба решаемой задачи, переход от единичных объектов обработки к массовым или обработка нескольких задач параллельно. Все эти возможности следует учитывать при создании программного обеспечения в такой динамичной области как научные исследования. ПО с жесткой архитектурой, не учитывающей возможные изменения, быстро устареет или будет требовать больших затрат времени и сил на свою модификацию.

### **Программный комплекс для обработки лидарных данных**

Вычислительная система представляет собой набор подключаемых модулей, каждый из которых решает определенную задачу. Благодаря такому способу организации существует возможность разработки и внедрения своих модулей, тем самым увеличивая функциональные возможности комплекса.

В настоящее время в программный комплекс входят следующие модули:

1. Стробирование лидарного сигнала;
2. Коррекция сигнала;
3. Сглаживание сигнала. Выполняется полиномиальное сглаживание, где сглаживающий полином строится методом наименьших квадратов по 3 или 5 точкам от данной;
4. Выбор метеорологической модели из CIRA86. Выполняется поиск модели для текущего месяца;
5. Расчет молекулярной модели атмосферы по CIRA86;
6. Расчет вертикальных профильных характеристик аэрозоля.
7. Расчет профилей температуры.
8. Расчет профилей плотности.
9. Поиск и загрузка профилей температуры со спутника "AURA" и зондовых станций. Данный модуль предназначен для получения данных в сети интернета.

На начальном этапе входной лидарный сигнал стробируется по высоте, т.е. подготавливается для дальнейшего использования другими модулями. Далее в зависимости от поставленной задачи подключаются блоки обработки данных перечисленных выше.

Развернутая блок – схема алгоритма обработки лидарных сигналов, которая применяется на МСВЗА ИОА СО РАН представлена на рис. 1. Из блок-схемы видно, что любые выходные данные каждого модуля могут быть использованы для обработки другими модулями. В данном случае, лидарный сигнал обрабатывается модулем сглаживания. В дальнейшем полученные данные с этого модуля используются для расчета вертикальных профильных характеристик аэрозоля, профилей температуры и плотности.

После завершения работы, полученные данные выводятся в табличном виде и в виде графика. Так же на каждом этапе расчетов, полученные результаты сохраняются в hdf-файле.

### **Результаты обработки лидарных данных**



Рис. 1. Блок-схема алгоритма обработки лидарных сигналов.

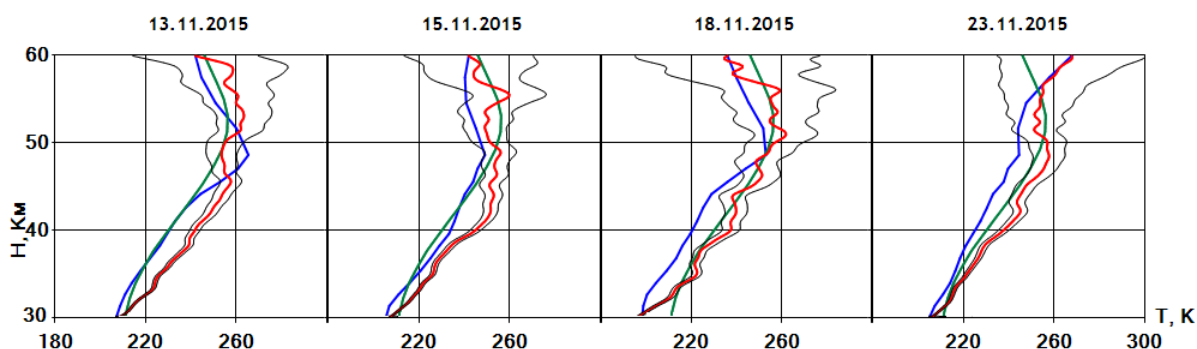


Рис. 2. Графическое представление выходных данных. На графике показаны профили температуры за ноябрь 2015 г. с 30 до 60 км. Кривые: красный цвет – лидарный профиль температуры, черный – его стандартное отклонение, зеленый – модель CIRA-86, синий – измерения со спутника “Аура”.

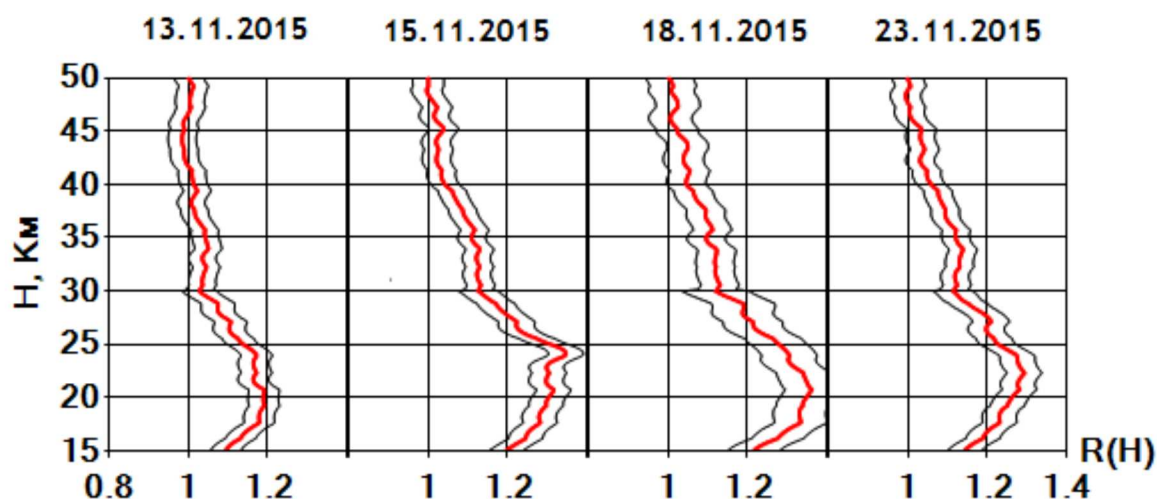


Рис. 3. Графическое представление выходных данных. Динамика вертикальной стратификации аэрозоля в ноябре 2015г по данным лидарного зондирования атмосферы на МСВЗА.

### Заключение

Программный комплекс для обработки результатов лидарных измерений на МСВЗА позволяет восстанавливать вертикальные профильные характеристики аэрозоля, профили температуры и плотности и проводить поиск профилей температуры зондов и спутника “AURA” в сети интернет. Все результаты обработки данных сохраняются в hdf-файле.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ НШ4714.2014.5, гранта РФФИ №14-27-00022 и гранта РФФИ № 16-05-00901

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев К.Я. Новое в теории климата. Л.: Гидрометеиздат, 1976, 263 с.
2. Зуев В.Е., Титов Г.А. Оптика атмосферы и климат. Томск, издательство “Спектр” ИОА СО РАН, 1996, 271с.