

УДК 551.521.3

*Ю.Я. Матющенко***Программа селекции мониторинговых данных AERONET по компонентам рассеяния и поглощения света***Yu.Ya. Matyuschenko***The Software for Selecting the AERONET Monitoring Data for Components of Light Scattering and Absorption**

Представлено программное обеспечение для селекции и обработки данных глобальной сети AERONET по аэрозольным оптическим толщам атмосферы, вероятности выживания кванта, по альбедо подстилающей поверхности и аэрозольным фазовым функциям рассеяния для безоблачной атмосферы. Рассмотрены особенности исходных файлов и порядок обработки данных. Приведены блок-схема алгоритма и описание работы программы.

Ключевые слова: мониторинг, безоблачная атмосфера, оптические толщи поглощения и рассеяния, яркость неба, фазовые функции рассеяния.

Введение. Общеизвестно, что к числу приоритетных задач современной геофизики относится изучение причин глобального изменения климата [1–2]. Одной из важных компонент, определяющих температурный режим атмосферы приземного воздуха, является аэрозоль. Поэтому совершенно не случайно последние годы характеризуются значительным увеличением числа наземных станций, где измеряются оптические параметры атмосферного аэрозоля и газовых составляющих атмосферы. Обычно в мониторинговом режиме измеряются спектральная прозрачность, яркость рассеянного света дневного неба и альбедо подстилающей поверхности. Именно этот комплекс экспериментальных данных представлен в рамках программы AERONET [3]. Наблюдения реализуются с помощью солнечных фотометров SIMEL во многих пунктах земного шара.

После предварительной обработки специалистами NASA результаты этих наблюдений используются для изучения оптических свойств атмосферного аэрозоля, его влияния на поле рассеянной радиации и, соответственно, на формирование радиационного баланса тропосферы и подстилающей поверхности.

В работах [4–7] была обоснована необходимость дополнительной селекции и предложены методические разработки для отбора безоблачных атмосферных ситуаций в альмукантарате Солнца. Представлено соответствующее программное обеспечение [5, 8–10], позволяющее определить цветовые характеристики облаков и чистого неба, в частности, спектральную яркость локального облака, его контраст на фоне безоблачного участка небосвода и др.

The software for selecting and processing the global AERONET data for atmospheric optical depth, quantum survival probability, ground albedo and aerosol scattering phase functions for cloudless sky is represented. The algorithm block-diagram and program description are presented.

Key words: monitoring, cloudless sky, scattering and absorption optical depths, sky brightness, scattering phase functions.

Однако для строгого количественного анализа оптических свойств как безоблачного неба, так и разрывной облачности необходимо располагать экспериментальными данными по яркости безоблачных и облачных участков небосвода, аэрозольным оптическим толщам атмосферы и ее компонентам рассеяния и поглощения света, альбедо подстилающей поверхности и фазовым функциям аэрозольного рассеяния.

Наличие таких данных в совокупности с процедурой селекции наблюдений яркости позволяет в конечном итоге с помощью результатов решения уравнения переноса излучения в атмосфере [11–12] оценить оптическую толщину облака, а затем и эффективные размеры рассеивающих частиц.

Особенности исходных данных AERONET. Данные наблюдений атмосферной оптической толщи (Aerosol Optical Depth – AOT-Total) и альбедо подстилающей поверхности (Albedo), а также расчетные значения фазовых функций (индикатрис) рассеяния (Phase Functions – PFN) и вероятности выживания кванта (альбедо однократного рассеяния – Single Scattering Albedo – SSA) доступны на сайте AERONET в виде упакованных текстовых файлов [3]. Все данные представлены группами в четырех длинах волн (1.02, 0.87, 0.68, 0.44 мкм). Следует отметить, что они существенно отличаются от исходных файлов альмукантарата и вертикала, внутреннего строения которых подробно описана в [5]. К примеру, значения фазовых функций приведены в зависимости от углов рассеяния, а не азимута, причем диапазон углов составляет 0–180° с шагом 2,2° (в начале и конце кривой – 1,7°, по обе стороны

от угла $90^\circ - 1,1^\circ$). Таким образом, вся кривая для одного времени измерения включает 332 дискретных значения, по 83 в каждой из четырех длин волн. Сведения о погрешностях измерений атмосферных оптических толщ, альбедо однократного рассеяния и альбедо подстилающей поверхности можно найти в работе [12]. Кроме того, для некоторых пунктов наблюдений нет данных с самым высоким уровнем достоверности Level 2.0; все данные представлены на уровне Level 1.5.

Блок-схема алгоритма программы приведена на рисунке 1.

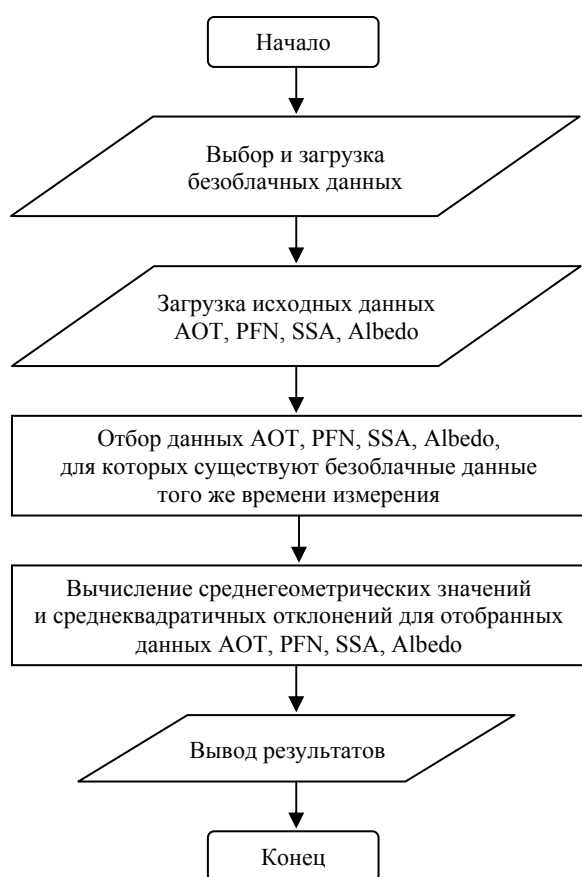


Рис. 1. Блок-схема алгоритма программы

Вкратце прокомментируем представленную блок-схему.

С помощью браузера файлов выбираются массивы безоблачных данных в виде файлов с расширением *.csv (файл с разделителями) либо *.xls (книга Microsoft Excel). Эти данные представляют собой кривые распределения яркости, прошедшие селекцию в программе отбора безоблачных ситуаций, подробно описанной в [5]. Чтобы обеспечить возможность визуального контроля, массивы безоблачных данных загружаются целиком, хотя в соответствии с представленным алгоритмом для последующего сравнения и отбора кривых было бы достаточно информации о времени измерения.

Для выбранной географической точки наблюдений в сформированные массивы с соответствующим типом данных считываются предварительно распакованные архивы AOT, PFN, SSA и Albedo. Для представления в памяти компьютера, обработки и последующего вывода в процессе загрузки и преобразования информации используются текстовые разделители. Исходные данные загружаются не полностью, а только из определенных столбцов, выводятся в отдельное окно и доступны для просмотра и анализа в табличном виде. Информация о пункте наблюдения (название, географическое местоположение, высота над уровнем моря) вместе с начальной и конечной датами наблюдений и уровнем достоверности данных выводится в выходную форму.

Подпрограмма отбора данных, соответствующих по времени измерения отфильтрованным кривым массива яркостей чистого неба и вышеуказанных компонентов безоблачной атмосферы, выполняет сравнение данных с точностью до одного часа. Время полного измерения всех параметров атмосферы, согласно инструкции по эксплуатации фотометра Cimel ce318 [13], составляет около 15 мин. Однако, как показывает анализ достаточно большого числа реальных файлов AERONET, если сузить временные границы поиска до названного интервала, число совпадающих по времени данных значительно уменьшается.

Далее, для каждого из указанных на блок-схеме массивов вычисляются среднегеометрические значения и среднеквадратичные отклонения среднего геометрического в четырех длинах волн. Окончательные результаты выводятся в табличной форме и в виде диаграмм на лист MS Excel либо в отдельную форму.

Среда разработки и интерфейс пользователя программы. Программа написана в двух вариантах: в виде отдельного приложения с использованием среды разработки Borland C++ Builder [14] и в виде подпрограммы на языке Visual Basic for Application (VBA) [15–16]. В первом случае удобно использовать программу для получения вышеуказанных оптических параметров в заранее отобранных безоблачных ситуациях [4–5] либо массива небосвода с разрывной облачностью [8]. Написание второго варианта продиктовано простотой интеграции данной программы с ранее разработанным программным комплексом селекции данных AERONET для определения радиационных параметров облаков [8].

Соответственно, интерфейс пользователя для первого варианта включает в себя, в первую очередь, браузер файлов, позволяющий выбрать и загрузить в память исходные данные. Возможен выбор сразу нескольких файлов с фильтрацией по расширению; при этом данные следующего файла дописываются в конец предыдущего и далее обрабатываются как один файл. Окончательные результаты выводятся

Таблица 1

Фазовые функции рассеяния

Длина волны	Угол рассеяния	0,0	1,7	3,9	6,2	8,4	10,6	12,9
0,44	ср.геом.	298	133	44,3	23,0	15,1	11,2	8,80
	ср.кв.откл. +	13,6	4,99	1,16	0,446	0,218	0,122	0,078
	ср.кв.откл. -	13,0	4,82	1,13	0,427	0,215	0,121	0,078
0,68	ср.геом.	187	122	52,4	27,2	17,2	12,3	9,48
	ср.кв.откл. +	6,17	3,43	1,06	0,412	0,202	0,118	0,076
	ср.кв.откл. -	5,98	3,34	1,04	0,406	0,199	0,117	0,075
0,87	ср.геом.	134	102	53,1	29,3	18,8	13,5	10,4
	ср.кв.откл. +	3,58	2,36	0,86	0,37	0,192	0,115	0,079
	ср.кв.откл. -	3,49	2,31	0,847	0,365	0,19	0,114	0,079
1,02	ср.геом.	105	86,1	50,6	29,7	19,4	14,0	10,8
	ср.кв.откл. +	2,56	1,86	0,77	0,351	0,196	0,124	0,085
	ср.кв.откл. -	2,5	1,82	0,758	0,347	0,195	0,123	0,084

Таблица 2

Компоненты рассеяния и поглощения света
безоблачной части небосвода

	Длина волны	0,44	0,68	0,87	1,02
Атмосф.	ср.геом.	0,295	0,096	0,052	0,049
Оптич.	ср.кв.откл. +	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006
Толща АОТ	ср.кв.откл. -	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006
Альбедро	ср.геом.	0,846	0,84	0,836	0,843
Однокр.	ср.кв.откл. +	0,01	0,01	0,012	0,011
Рассеяния SSA	ср.кв.откл. -	0,010	0,010	0,011	0,011
Альбедро	ср.геом.	0,060	0,076	0,173	0,168
Подстил.	ср.кв.откл. +	0,002	0,003	0,003	0,003
Поверхн. Albedo	ср.кв.откл. -	0,002	0,003	0,003	0,003

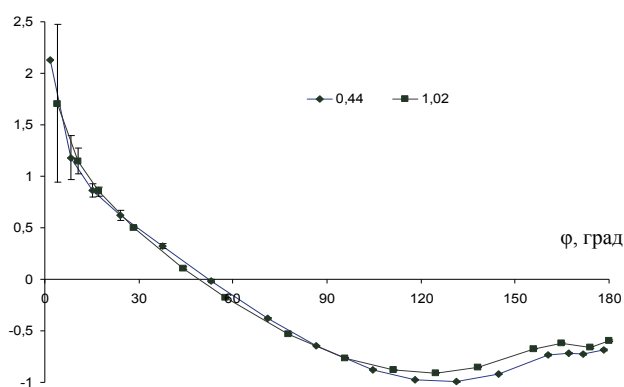
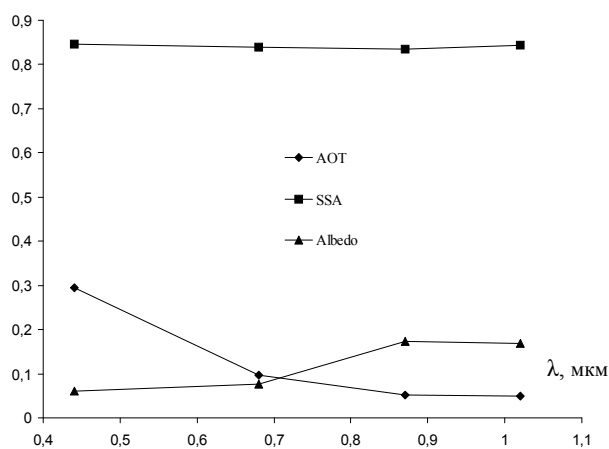


Рис. 2. Фазовые функции рассеяния

Рис. 3. Компоненты рассеяния и поглощения света
безоблачной части небосвода

в отдельное окно. Во втором варианте реализации используется стандартный интерфейс книги Microsoft Excel, а для выбора файлов задействованы соответствующие методы объектной модели MS Excel, более подробное описание которых приведено в [8].

В качестве примера обработки результатов наблюдений AERONET для пункта Tahiti (Тихий океан) представлены данные в таблицах 1 и 2, а также на рисунках 2 и 3 с соответствующими среднеквадратичными отклонениями.

Приведенные данные соответствуют массиву яркостей безоблачной атмосферы, полученному программой отбора ситуаций разрывной облачности.

Следует отметить, что характер поведения полученных зависимостей параметров атмосферы на рисунках 2 и 3 во многом сходен представленным на сайте AERONET для данной точки наблюдений.

Автор выражает признательность сотруднику NASA А.С. Смирнову и сотруднику ИОА СО РАН М.В. Панченко за разрешение использования материалов AERONET для подготовки таблиц и рисунков.

Библиографический список

1. Изменение климата. Научные аспекты [Электронный ресурс]. – URL: http://junkscience.com/ipcc_tar/index-2.html
2. Физика атмосферных аэрозольных систем [Электронный ресурс]. – URL: http://window.edu.ru/window/library?p_rid=30057
3. Goddard Space Flight Center [Электронный ресурс]. – URL: <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>. (яз. англ.).
4. Матющенко Ю.Я., Ошлаков В.К., Павлов В.Е. О селекции данных AERONET. Ч. 1: Обоснования методик // Оптика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 19, №4.
5. Матющенко Ю.Я., Павлов В.Е. Программный комплекс селекции данных AERONET // Известия АлтГУ. – 2008. – №1 (57).
6. Матющенко Ю.Я. Методы селекции и коррекции экспериментальных данных AERONET по яркости неба: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Барнаул, 2007.
7. Матющенко Ю.Я., Павлов В.Е. Селекция данных AERONET для исследования оптических параметров облаков // Аэрозоли Сибири. – Томск, 2010.
8. Матющенко Ю.Я., Павлов В.Е. Программный комплекс селекции данных AERONET для определения радиационных параметров облаков // Известия АлтГУ. – 2012. – №1/1 (73).
9. Матющенко Ю.Я., Павлов В.Е. Программный комплекс селекции данных яркости при мониторинговых наблюдениях: св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ. – 17.04.2008. – №2008611921.
10. Матющенко Ю.Я., Павлов В.Е. Программный комплекс определения радиационных параметров облаков при мониторинговых наблюдениях: св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ. – 25.11.2009. – №2009616558.
11. Журавлева Т.Б., Насретдинов И.М., Сакерин С.М. Численное моделирование угловой структуры яркости неба вблизи горизонта при наблюдении с Земли. Ч. I: Аэрозольная атмосфера // Оптика атмосферы и океана. – 2003. – Т. 16, №5–6.
12. Бедарева Т.В. Восстановление оптических и микрофизических характеристик аэрозоля в столбе атмосферы по данным наземных спектральных измерений прямой и рассеянной солнечной радиации: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Томск, 2012.
13. Simel Sun Photometer User Manual [Электронный ресурс]. – URL: http://www.cimel.fr/photo/pdf/man_ce318_us.pdf.
14. Архангельский А.Я. Язык C++ в C++ Builder 5: справ. пособие. – М., 2000.
15. Биллиг В.А. Основы офисного программирования и язык VBA [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.intuit.ru/departament/office/vba2000/12/1.html>.
16. Колесов, Павлова О. Интеграция VBA в бизнес-приложения независимых разработчиков [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.compress.ru/>