

В. В. Бутов, С. В. Логинов

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ И КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ СОЛНЦА С ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЫ

Предлагается метод восстановления концентрации стратосферного озона, коэффициента экстинкции и микрофизических характеристик аэрозоля на основе измерения ослабления прямой солнечной радиации многоканальным спектрометром «Спектр - 256», размещенным на орбитальной станции. Разделение оптических толщ озона и аэрозоля производится с помощью аппроксимации Ангстрема спектральной зависимости коэффициента ослабления аэрозоля в диапазоне 0,45 – 0,83 мкм. Для реконструкции профилей используется метод обобщенной невязки Тихонова. На основе предположений о типе аэрозоля и о его высотном профиле коэффициента рефракции был выполнен расчет для каждого высотного уровня функции распределения частиц по размерам, а также оценены средний радиус аэрозольных частиц и ширина функции распределения размеров аэрозоля.

Существуют различные методы наблюдения атмосферного озона и аэрозоля. Как правило – это методы непосредственного измерения датчиками, размещенными на баллонах и самолетах, а также наземные и космические средства зондирования. Все эти системы дают информацию, которая позволяет решать многие задачи, связанные с фотохимией и динамикой атмосферы. Глобальный контроль над распределением атмосферных составляющих был осуществлен приборами, установленными на спутниках (SBUV, LIMS, SAM, SAGE) [1]. С их помощью исследовались извержения вулканов Эль-Чичон, Пинатубо, возникновение областей с пониженной концентрацией озона над Антарктидой, детектирование полярных стратосферных частиц. Как правило, эти приборы не имеют высокого пространственного разрешения и поэтому обладают ограниченными возможностями для исследования тонкой структуры распределения примесей.

Эта задача частично выполнялась SAGE-II, на котором была продолжена серия экспериментов, начатых SAM и SAGE. Прибор SAGE-II – 7-канальный фотометр, который измеряет пропускание атмосферы в видимой и ближней ИК-областях спектра. Был разработан метод [2], позволивший восстанавливать профиль озона в интервале высот 10–50 км с точностью 10%, а профиль коэффициента экстинкции аэрозоля восстанавливается с той же точностью в интервале высот 10 – 20 км. Шаг дискретизации составлял 1 км. Параметризация функции распределения частиц аэрозоля по размерам позволила рассчитать микрофизические характеристики аэрозоля.

Эксперимент OZAFS (тонкая структура озона и аэрозоля) был выполнен в 1985 г. на орбитальной станции «Салют-7» [1]. Этот эксперимент позволил совместить измерения ослабления атмосферной солнечной радиации с фотографическими наблюдениями сумеречного земного ореола. Эксперимент продолжил исследования слоистоподобной структуры сумеречного ореола, проведенные в 1977–1978 гг. на орбитальной станции «Салют-4», во время которых было замечено, что цветовое окрашивание сумеречного ореола происходит на большом протяжении вдоль горизонта, а неоднородности на горизонте проявляются в виде тонких слоев различных цветовых оттенков. Такая слоистоподобная структура ореола формируется благодаря эффекту увеличения концентрации озона и аэрозоля, что было подтверждено численными расчетами [1]. В стратосфере слоистоподобная структура образуется озоновыми и аэрозольными слоями, тогда как в тропосфере формирование происходит за счет аэрозольных слоев. Точность определения пространственных характеристик озона и аэрозоля в эксперименте OZAFS составила 5–10 % с пространственным разрешением 1 км. Прибор работал в 4-х спектральных каналах, что привело к вводу жестких априорных предположений о зависимости коэффициента экстинкции аэрозоля от длины волны. Для восстановления вертикальных профилей озона и коэффициента экстинкции аэрозоля применялся метод редукции, что предполагало (как и в методе статистической регуляризации) использование ковариационных матриц

парильного давления озона и экстинкции аэрозоля, т.е. измерения желательнее проводить над теми регионами, для которых такие матрицы построены.

Применение многоканальных спектрометров, таких как «Спектр-256», «Гемма-2», HRIS, работающих в том же диапазоне длин волн, что и SAGE-II, позволяет: 1) получать микрофизические характеристики аэрозоля, не прибегая к параметризации функции распределения частиц аэрозоля по размерам; 2) выделять и рассчитывать с меньшей ошибкой концентрации газовых составляющих, чьи сечения поглощения находятся в видимой и ближней ИК-областях спектра. Приборы «Спектр-256» «Гемма-2» имеют пространственное разрешение на горизонте около 500 м, а HRIS~150 м. Дискретизация шага по высоте составляет примерно 70 м. Использование многоканальных спектрометров с приведенными выше характеристиками дает возможность повысить надежность и точность исследования тонкой структуры распределения атмосферных составляющих.

Целью настоящей статьи является решение задачи восстановления вертикальных профилей коэффициента экстинкции аэрозоля $\beta^a(h)$, его некоторых микрофизических характеристик, а также концентрации озона $N_o(h)$ по данным пассивного зондирования атмосферы из космоса. Измерялось ослабление прямого солнечного излучения. Приемник (спектрофотометр) находился на борту орбитальной станции «Мир». Выбранная геометрия эксперимента позволила воспользоваться законом Бугера, связывающим измеряемую интенсивность $I_\lambda(h)$ и оптическую толщину атмосферы $\tau_\lambda(h)$ простым соотношением:

$$I_\lambda(h) = S_\lambda \exp(-\tau_\lambda(h)), \quad (1)$$

где S_λ – солнечная постоянная; $\tau_\lambda(h) = \tau_\lambda^r(h) + \tau_\lambda^a(h) + \tau_\lambda^o(h)$; $\tau_\lambda^r(h)$, $\tau_\lambda^a(h)$,

$\tau_\lambda^o(h) = \chi K_\lambda$ – рэлеевская, аэрозольная и озонная оптические толщи; K_λ – сечение поглощения озона; χ – интегрированная по лучу концентрация озона.

Тот факт, что на высотах, превышающих 15 км, значение $\tau_\lambda^r(h)$ отличается от рэлеевской толщи, соответствующей стандартной атмосфере, не более чем на 3%, позволяет использовать модель стандартной атмосферы для определения рэлеевской толщи. Следовательно, неопределенными остаются два параметра: $\tau_\lambda^a(h)$ и $\tau_\lambda^o(h)$. Для спектрального диапазона прибора 0,45 – 0,83 мкм можно считать, что поглощение озона происходит в основном в полосе Шапнюи 0,53 – 0,73 мкм, а зависимость аэрозольной толщи от длины волны описывается формулой Ангстрема [3]:

$$\tau_\lambda^a = \tau_{\lambda_0}^a \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^\nu. \quad (2)$$

Следовательно, определив на участке 0,45 – 0,83 мкм аэрозольную толщину и проинтерполировав ее по (2) на полосу Шапнюи, можно определить озонную толщину. Подобная процедура использовалась в [4, 1], где $\beta^a(h)$ и $N_o(h)$ восстанавливались по фотографиям заходящего диска Солнца. Фотографирование производилось в четырех спектральных каналах, поэтому авторы [4, 1] задавались конкретными значениями ν для предполагаемой структуры аэрозоля. Отличием данной работы является то, что $\tau_\lambda^a(h)$ и степень ν определялись по измеренной толщине $\tau_\lambda(h)$.

1. Определение толщи аэрозоля $\tau_\lambda^a(h)$. Считая $\tau_\lambda^a(h)$ и ν параметрами, можно построить функционал

$$F(\zeta, \nu) = \sum_i \left[\ln \tilde{\tau}_{\lambda_i} - \left(\zeta + \nu \ln \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_i} \right) \right) \right]^2,$$

где λ_0 – опорная длина волны; $\tilde{\tau}_{\lambda_i} = \tau_{\lambda_i} - \tau_{\lambda_i}^o$; $\zeta = \ln(\tau_{\lambda_0}^a)$. Тогда параметры ζ и ν можно определить из условия

$$F(\zeta, \nu) \xrightarrow{\zeta, \nu} \min. \quad (3)$$

Решение (3) можно найти различными методами. В работе использовались симплексный и градиентный методы минимизации функционала (3) (см. [5]) при явных ограничениях:

$$-11 \leq \zeta \leq 1; \quad 0 \leq \nu \leq 7.$$

Ограничения ζ и ν были введены, исходя из анализа существующих оптических моделей атмосферы [6–8]. В монографии [5] для проверки глобального минимума предлагается производить поиск минимума для нескольких начальных точек, поэтому начальные точки задавались сеткой, созданной простым разбиением интервалов. Затем из полученного множества выбирались пары (ζ, ν) , образующие область наибольшей плотности решения G . Размер области G , необходимый для решения функционала (3) с требуемой точностью, был определен в модельных расчетах и в последующих вычислениях равнялся 0,15. За искомые параметры брались ζ и ν , усредненные по области G .

Для оценки возможной погрешности метода определения параметров ζ и ν были рассчитаны среднеквадратические отклонения $\delta\zeta$ и $\delta\nu$. При восстановлении ζ и ν по модельным значениям $\tilde{\tau}_\lambda$ погрешности $\delta\zeta$ и $\delta\nu$ не превышали 1 %. Наложение на $\tilde{\tau}_\lambda$ некоррелированного шума с амплитудой, равна 50 % от величины $\tilde{\tau}_\lambda$, привело к увеличению $\delta\zeta$ до 5, а $\delta\nu$ до 10 %. Изменение радиуса корреляции шума с 1 до $L/3$ (L – число спектральных каналов, используемых в расчете (3)) вызвало трехкратное увеличение погрешностей $\delta\zeta \approx 15$ и $\delta\nu \approx 45$ %.

Полученные значения ζ и ν использовались в последующей экстраполяции на полосу Шапню. Это позволило, в свою очередь, рассчитать озонную толщину τ^o . Линейный характер зависимости τ^o от сечения поглощения K_λ позволил наиболее просто использовать метод наименьших квадратов для расчета интегральной концентрации χ . Ошибка $\delta\chi$, определяемая как среднеквадратическое отклонение, не превышала 10 % при 50 %-м уровне шума.

2. Восстановление вертикальных профилей коэффициента экстинкции аэрозоля и концентрации озона. Решение задачи восстановления коэффициента экстинкции аэрозоля $\beta^a(h)$ и концентрации озона $N_o(h)$ по измеренным толщам производилось с использованием методов регуляризации [9, 10]. Для используемой геометрии наблюдений зависимость $\beta^a(h)$ от $\tau^a(h)$ можно представить в виде линейного матричного уравнения

$$\tau^a = \mathbf{B} \beta^a + \xi, \quad (4)$$

где ξ – погрешность измерений. Элементами матрицы \mathbf{B} являются отрезки оптического пути, на котором значения $\beta^a(h)$ не изменяются. Выражение, аналогичное (4), связывает между собой распределение озона по высоте $N_o(h)$ и интегрированную вдоль луча концентрацию озона χ .

Рассчитываемая матрица \mathbf{B} – прямоугольная, и поэтому решение (4) осуществлялось методом обобщенной невязки [9, 10]. Ошибка восстановления определялась по предложенному в [10] методу:

$$\sigma_i = (\sqrt{(C + \alpha\Omega)^{-1}})_{ii};$$

$$C = \mathbf{B}^+ \mathbf{W} \mathbf{B}, \quad W = \frac{\delta_{ij}}{\omega_i \omega_j}, \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N,$$

где Ω – стабилизатор 2-го порядка; α – неопределенный множитель Лагранжа; ω_j – среднеквадратическая ошибка измерения $\tau^a(h)$ на высотном уровне h_j ; N – общее количество узлов в восстанавливаемом решении.

3. Определение размеров частиц. В расчете распределения частиц по размерам использовался метод, предложенный в [11]. Обработке подвергалась аэрозольная оптическая толщина, определенная на спектральных интервалах вне полосы Шапню, т.е. на участках 0,45–0,53 и 0,75–0,83 мкм. Всего в расчетах использовалось до 60 спектральных каналов. Следуя работе [11], для каждой высоты h можно записать

$$t_\lambda^a(h) = \int_h^\infty \int_0^\infty \pi r^2 Q(r, \lambda, m) f(r, h') dr dl(h') \approx \pi H_a \int_{r_0}^{r_j} \pi r^2 Q(r, \lambda, m) f(r, h) dr, \quad (5)$$

где $f(r, h)$ – функция распределения частиц по размерам; $Q(r, \lambda, m)$ – фактор ослабления, рассчитанный по теории Ми для сферических гомогенных частиц, имеющих радиус r и комплексный показатель преломления m ; H_d – горизонтальная аэрозольная шкала высот, $dl(h')$ – элемент трассы луча; h' – высота перигея линии визирования.

В качестве $Q(r, \lambda, m)$ – фактора ослабления – использовалось выражение для среды, состоящей из сферических частиц с показателем преломления m , близким к 1 [12]:

$$Q(\rho) = 2 - \frac{4}{\rho} \sin(\rho) + \frac{4}{\rho^2} (1 - \cos \rho),$$

где $\rho = 2(m - 1)(2\pi r/\lambda)$.

Переходя к конечноразностному представлению выражения (5), получим линейное матричное уравнение, связывающее τ_λ^a и $f(r, h)$.

На используемых интервалах длин волн, матрица Q плохо обусловлена, т.е. определитель матрицы $\det Q \approx 0$. Поэтому наложение на фактор ослабления малых некоррелированных возмущений, таких что $\|Q - \tilde{Q}\| \ll \infty$ (\tilde{Q} – возмущенная матрица), позволяет свести задачу к решению уравнения (5) с неточно заданной матрицей \tilde{Q} . Тогда приближенное нормальное

решение $\tilde{f}(r)$, сходящееся к точному решению $f(r)$, можно найти, построив регуляризирующий алгоритм [9]. Определение погрешности расчетов проводилось по методике, описанной в п.2.

Модельные расчеты показали, что на выбранных спектральных участках наложение «белого» шума с амплитудой 10 % от значения τ_λ^a приводит к сужению интервала удовлетворительного восстановления распределения $f(r)$ до 0,1 – 3 мкм.

Микрофизические параметры аэрозоля, такие как средний размер частиц $\langle r \rangle$ и ширина распределения частиц по размерам δr , рассчитывались как среднее и среднеквадратическое отклонение распределения $g(r, h) = r f(r, h)$, нормированного на количество частиц аэрозоля, имеющего размеры от 0,1 – 3 мкм.

4. Результаты зондирования атмосферы. Измерение ослабления атмосферой солнечного излучения производилось спектрофотометром, имеющим следующие характеристики: рабочий диапазон 0,45 – 83 мкм, число спектральных каналов 128/256, ширина каналов 3/1,5 нм соответственно. Для того чтобы прибор мог производить измерения во всем рабочем диапазоне, использовался комбинированный фильтр, который собирался из стекол типа HC11 и ЗС8. Изменение яркости Солнца S_λ при смещении линии визирования (ЛВ) от центра диска к краю задавалось моделью [13].

Поскольку яркость Солнца значительно меняется по диску, то необходимо учитывать положение ЛВ относительно центра Солнца. Дрейф ЛВ по диску, вызванный рефракцией, учитывался по стандартной модели рефракции [14]. Движение линии визирования, вызванное остаточным движением станции, определялось при высоком Солнце по скорости изменения яркости на коротком конце спектра. Произведенная фотопривязка позволила определить расстояние между ЛВ и центром диска Солнца, находящегося на высоте $h \approx 26$ км, по степени рефракционной деформации изображения диска Солнца. Учет перечисленных факторов позволил восстановить дрейф ЛВ по диску Солнца с точностью $< 1'$. Это приводит к изменениям яркости порядка 5 %, что сравнимо с уровнем шума прибора.

Спектрометрирование диска заходящего Солнца производилось 16 апреля 1992 года с орбитальной станции «Мир». Перигей линии визирования в момент эксперимента находился над точкой с географическими координатами 48,6° ю.ш. и 27° з.д.

По изложенной в пп. 1 – 3 методике обработки измеренных оптических толщ были получены высотные профили коэффициента экстинкции аэрозоля $\beta^a(h)$ (опорная длина волны $\lambda_0 = 0,79$ мкм), концентрации озона $N_o(h)$, среднего радиуса аэрозольных частиц $\langle r(h) \rangle$ и ширины функции распределения размеров аэрозоля $\delta r(h)$ (рис. 1, 2, 4). Результаты расчетов сглаживались простым скользящим усреднением с масштабом, соответствующим пространственному разрешению прибора, для используемой геометрии $\sim 0,5$ км. При вычислении δr использовались модели показателя преломления частиц, предлагаемые в [15, 16]. По данным, приведенным в [17], для высоты 20 км были рассчитаны оценки $\langle r(h) \rangle$ и δr (рис. 2).

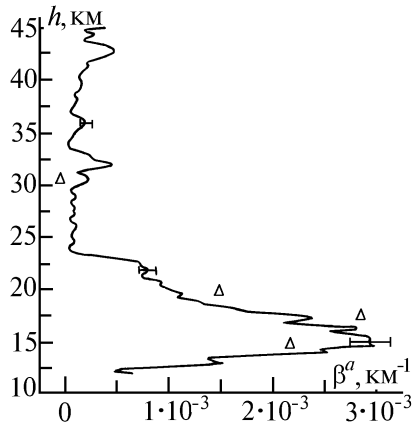


Рис. 1. Высотные профили коэффициента экстинкции аэрозоля $\beta^a(h)$. $\lambda = 0,79$ мкм. 1 – результат восстановления; 2 – модель [7]

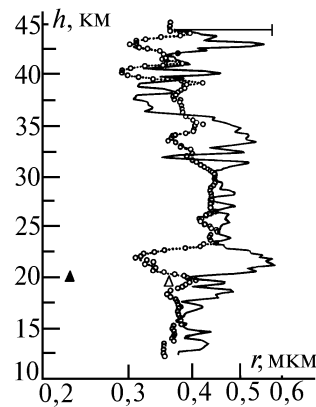


Рис. 2. Высотные профили среднего радиуса аэрозольных частиц $\langle r(h) \rangle$ (кривая 1) и ширины функции распределения размеров аэрозоля $\delta r(h)$ (кривая 2). Оценки $\langle r(h) \rangle$ и $\delta r(h)$ (3 и 4 соответственно) для высоты 20 км, по данным [17]

На рис. 3 приведена карта, на которой изолиниями и штриховкой показано распределение по высоте частиц аэрозоля с размерами от 0,1 до 5 мкм. Для наглядности рассчитывалась функция $\lg[g(r, h)]$ со значениями, приведенными к единичному интервалу на каждом высотном уровне. Построение производилось на сетке 30×30 .

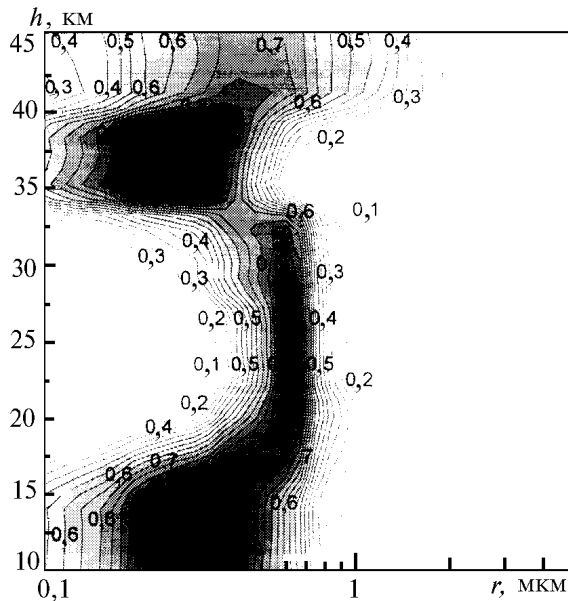


Рис. 3. Карта распределения частиц аэрозоля по размерам в стратосфере

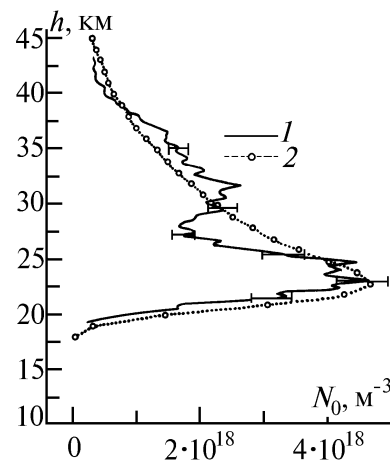


Рис. 4. Высотный профиль концентрации озона $N_o(h)$: 1 – результат восстановления; 2 – модель MAP

На рис. 1 – 3 четко выделяются пять аэрозольных слоев:

- Высота 13 – 19 км. Слой, на который приходится максимальное значение коэффициента экстинкции $\beta^a(h)$, равен $3 \cdot 10^{-3} \text{ км}^{-1}$. На этой высоте аэрозоль состоит из частиц с радиусом $\langle r(h) \rangle \sim 0,38 - 0,45$ мкм. Среднеквадратическое отклонение от среднего размера $\delta r(h)$ составило $\sim 0,35$ мкм (рис. 2);

- 20 – 22 км. Слой состоит из частиц почти одного размера: радиус $\langle r(h) \rangle$ равен примерно 0,55 – 0,65 мкм и среднеквадратическое отклонение $\delta r(h) \sim 0,3$. Отличается достаточной однородностью свойств, что проявляется в слабо выраженном разделении на слои (рис. 1, 2);

– 32 и 36 км. Центр слоя состоит из частиц с радиусом $\langle r(h) \rangle \sim 0,32$ мкм, а на границах слоя наблюдаются частицы с радиусом $\langle r(h) \rangle \sim 0,5$ мкм. Среднеквадратическое отклонение $\delta r(h) \sim 0,38$ мкм;

– 34 км. Слой состоит из достаточно однородных частиц с радиусом 0,53 мкм. Нет ярко выраженной стратификации аэрозоля. Похож по своим качествам на аэрозоль, составляющий слой на высоте 20 – 22 км;

– 42,5 км. Километровый слой образован частицами с $\langle r(h) \rangle \sim 0,58$ мкм и $\delta r(h) \sim 0,3$ мкм.

Кроме того, на высотах 24 – 30 км частицы аэрозоля размерами от 0,1 до 1 мкм перемешаны примерно в равных пропорциях (рис. 1, 2).

Карта распределения $\lg[g(r, h)]$ показывает, что в основном аэрозоль имеет одномодальное распределение по размерам.

Существование значительных по амплитуде флуктуации $\langle r(h) \rangle$ и $\delta r(h)$ (рис. 3) говорит о том, что аэрозоль, вероятно, располагается в стратосфере слоями толщиной ≈ 1 км. Наиболее заметно стратификация аэрозоля проявляется в районе 35 – 45 км.

Профиль озона (рис. 4) имеет ярко выраженные максимумы плотности на высотах 22 – 23 и 32 км. Максимальное значение концентрации озона приходится на высоту 22,5 км, где она принимает значение, равное $4,5 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$. На высоте 32 км концентрация озона составила $2,5 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$. Как первый, так и второй максимумы профиля $N_o(h)$ приходятся на области концентрации аэрозоля с размерами 0,55 – 0,65 мкм. Для сравнения на рис. 4 приведен профиль концентрации озона, построенный по модельным данным [18]. Восстановленные значения в пределах 10 %-го уровня ошибок совпадают с модельными значениями.

5. Заключение. Таким образом, использование многоканального спектрометра позволяет по данным зондирования стратосферы из космоса в диапазоне 0,45 – 0,83 мкм реконструировать вертикальные профили коэффициента экстинкции аэрозоля $\beta^a(h)$, концентрации озона $N_o(h)$. Кроме того, сделанные предположения о типе аэрозоля и высотном профиле коэффициента преломления аэрозоля позволили рассчитать для каждого уровня (т.е. через 60 – 70 м на горизонте) функцию распределения частиц по размерам $g(r, h)$, а также дополнительно оценить средний радиус аэрозольных частиц $\langle r(h) \rangle$ и ширину функции распределения размеров аэрозоля $\delta r(h)$. Описанную методику предполагается применить к обработке результатов серии экспериментов, проведенных по описанной выше схеме зондирования атмосферы.

Реконструированные профили концентрации озона, коэффициента экстинкции аэрозоля и его микрофизических характеристик могут быть использованы для исследования динамических процессов в стратосфере, а также для изучения взаимодействия компонентов атмосферы.

Авторы выражают благодарность д.ф.-м.н. Г.М. Гречко за постоянное внимание и помощь, оказываемые им при подготовке и проведении эксперимента.

1. Grechko G.M., Elansky N. Ph., et al. The OZAPS experiment in observing the fine structure of the ozone and aerosol distribution in the atmosphere from the Salyut 7 orbital station. Preprint N 8, Institute of Atmospheric Physics, Moscow, 1990. 72 c.
2. Wang P.-H., McCormick M.P. // J.Geoph.Res. 1989. V.94. D 6. P. 8435 – 8446.
3. Ångström Å. // Tellus. 1964. V. XVI. N 1. P. 64 – 75.
4. Гречко Г.М., Гурвич А.С., Еланский Н.Ф. и др. // ДАН СССР. 1988. Т. 301. N 2. С. 306 – 309.
5. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 128 с.
6. Кондратьев К.Я., Марчук Г.И., Бузников А.А. и др. Поле излучения сферической атмосферы. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1977. 216 с.
7. Современные проблемы физики. Т. 2. Оптические модели атмосферы / Зуев В.Е., Креков Г.Е. Л.: Гидрометиздат, 1986. 256 с.
8. Russell P.B., Swisler T.J., et al. // J. Atm. Sci. 1981, V.38, June, P.1279–1294.
9. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 285 с.
10. Турчин В.Ф., Нозик В.З. // ФАО. 1989. Т. V. N 1. С. 29 – 38.
11. Rizzi R., Guzzi R., Legnani R. // Appl. Optics. 1982. V. 21, N 9. P. 1578 – 1587.
12. Ванде Хюлст Г. Рассеяние света малыми частицами / Пер. с англ. М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. 536 с.
13. Солнечная система / Под ред. Дж. Каспера. Т. 1. Солнце/ Пер. с англ.; Под ред. В.А. Крата. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957.
14. Гречко Г.М., Гурвич А.С. и др. // Труды ГОИ. Т. 71. Вып. 205. N 1. 121 с.
15. Оптическая модель атмосферы / М.С. Бельский, Г.О. Задде и др. Томск: Изд-е ТФ СО АН СССР, 1987. 147 с.
16. W C P, Section 2. 1982. Boulder, Colorado, USA.
17. Livingston J.M., Russell P.B. // J. of geophysical research. 1989. V. 94. D6. P. 8425 – 8433.

18. Keating G.M., Young D.F. Interim Reference Ozone Models for the Middle Atmosphere. Handbook for MAP. 1985. V. 16. University of Illinois. IL. 1985. P. 205–230.

НПО « Энергия », Москва
КТИ « Оптика » СО РАН, Томск

Поступила в редакцию
11 января 1995 г.

V. V. Butov, S. V. Loginov. Reconstructing of Microphysical Characteristics of Aerosol and Ozone Concentration from Spacecraft Observations of the Sun.

In this paper authors present a method of reconstructing stratospheric ozone concentration, aerosol extinction, and microphysical aerosol characteristics based on direct solar radiation extinction measurements by means of satellite multichannel spectrometer «Spektr-256». The Angstrom approximation of spectral dependence of the aerosol extinction within 0,45 – 0,83 μm range is used to separate the aerosol and ozone optical thicknesses. The Tikhonov method is used for the reconstruction. Based on suppositions on the aerosol type and vertical profile of the aerosol refractive index, the aerosol size distribution was calculated for every altitude step of about 65 m as well as average aerosol radius and width size distribution were estimated.