

Я.А. Виролайнен, Ю.М. Тимофеев, А.В. Поляков, Х. Стил\*,  
К. Дрдла\*\*, М. Ньючер\*\*\*

## Моделирование полярных стратосферных облаков: I. Микрофизические характеристики

*Научно-исследовательский институт физики Санкт-Петербургского  
государственного университета, Россия*

*\* Калифорнийский государственный университет, Нортридж, США*

*\*\* НАСА, США*

*\*\*\* Алабамский университет, Хантсвилль, США*

Поступила в редакцию 26.07.2004 г.

Проведено моделирование микрофизических свойств стратосферного аэрозоля и полярных стратосферных облаков (ПСО) на основе современной численной модели образования и трансформации аэрозольных частиц. Анализируемый суммарный ансамбль в общей сложности включает 255949 реализаций и может рассматриваться как широкий представительный ансамбль аэрозольных состояний стратосферы и ПСО в зимних условиях полярных и средних широт северного полушария (от 45 до 90° с.ш.). Построены средние значения и ковариационные матрицы функции распределения частиц по размерам (ФРР), изучены их особенности для разных сценариев развития ПСО. Проанализированы возможности оптимальной параметризации ФРР и ее моментов на основе эмпирического базиса, построенного из собственных векторов ковариационных матриц. Показано, что для описания всех реализаций ФРР с погрешностью, не превышающей 5–10%, достаточно использовать только 6 коэффициентов разложения вместо первоначального задания ФРР в 39 бинах. Использование в качестве базиса «чужих» векторов при параметризации остальных моделей незначительно меняет относительные погрешности параметризации ФРР.

### Введение

Полярные стратосферные облака (ПСО) образуются на высотах 14–29 км при экстремально низких температурах, наблюдающихся эпизодически в условиях полярных зим в стратосфере, при совместной конденсации паров воды и азотной кислоты на сульфатных частицах фонового стратосферного аэрозоля, а также в отдельных случаях при замерзании частиц [1]. К настоящему времени установлено, что ПСО играют существенную роль в стратосферной химии, активно участвуя в разрушении озонового слоя [2, 3].

В последние годы получен ряд результатов в изучении их микрофизических и оптических свойств с помощью как прямых, так и дистанционных измерений. Так, в спутниковых экспериментах с аппаратурой ILAS, POEM, SAGE проводились исследования спектральных коэффициентов ослабления ПСО и делались попытки решения обратной задачи восстановления функции распределения размеров (ФРР) частиц ПСО [4–7]. Корректное решение такой обратной задачи требует задания априорной информации о ФРР, особенно с учетом относительно малого информационного содержания измерений спектрального коэффициента ослабления частиц ПСО по отношению к ФРР. С другой стороны, прямые измерения ФРР ПСО еще немногочисленны, что не позволяет построить их статистические характери-

стики и оптические свойства (например, в виде соответствующих ковариационных матриц ФРР и спектральных матриц коэффициента ослабления) на основе эмпирических данных.

Другой путь построения таких ковариационных матриц основан на численном моделировании ФРР или оптических свойств аэрозолей [8–10].

В настоящей работе на основе использования детальной модели образования и разрушения ПСО сгенерирован большой ансамбль реализаций ФРР и исследованы статистические свойства ФРР частиц ПСО. В последующей публикации [11] изучены статистические свойства спектрального коэффициента ослабления частиц ПСО [в дальнейшем, коэффициента аэрозольного ослабления (КАО)] и возможности регрессионного подхода к решению обратной задачи восстановления ФРР частиц ПСО по измеренным КАО.

### 1. Моделирование аэрозольного состояния стратосферы

Микрофизическая модель ПСО была разработана для моделирования образования, роста и испарения частиц вдоль воздушных траекторий в арктической стратосфере [12]. Эта модель состоит из трех основных блоков, работающих совместно, — микрофизики аэрозоля, гетерогенной химии и фотохимии. Для арктической зимы 1999/2000 г. был рассчитан большой объем долгосрочных траекторий, основанных на данных, полученных от Метеослужбы

Великобритании (УКМО) и позволяющих построить трехмерную картину эволюции арктического вихря. Моделирование охватывало период 1 ноября 1999 г. – 15 апреля 2000 г. Каждая траектория была инициализирована в ноябре со своей потенциальной температурой. Кроме того, были построены начальные профили  $\text{NO}_y$  (на основе измерений  $\text{N}_2\text{O}$ ),  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (на основе измерений и среднеклиматических данных).

Для построения ансамблей ПСО использовалось несколько сценариев, различающихся набором предположений о микрофизических параметрах и процессах, контролирующих образование и трансформацию ПСО. При этом рассчитывалась эволюция ФРП частиц различных типов, которые могут присутствовать в ПСО, а именно: жидких сульфатных частиц (двух- или трехкомпонентные растворы, в зависимости от температуры) – Liquid Aerosol, замерзших частиц тетрагидрата серной кислоты – SAT aerosol, твердых частиц тригидрата азотной кислоты – NAT PSC, а также замерзших частиц воды – Water Ice PSC. Результаты моделирования ПСО тщательно сопоставлялись с данными измерительной кампании SOLVE [13] и более ранних кампаний [14, 15] (см. подробнее [13]). Авторами моделей развития ПСО было отмечено, что лишь четыре из рассмотренных моделей [Het0many.sed (I), Het16many.sed (II), Met\_1\_m10.once.sed (III), Nadhet1many.sed (IV)] хорошо согласуются с данными экспериментальных наблюдений, поэтому в дальнейшем по отдельности мы будем рассматривать только эти модели, используя соответствующие числовые обозначения для ансамблей. Для описания микрофизических свойств и соответствующих им оптических характеристик (КАО, см. [11]) будем рассматривать статистические свойства как отдельных типов ПСО, так и суммарного ансамбля ПСО (SUM). Кроме того, поскольку численная модель [13] воспроизводит не только ПСО, а вообще все состояния стратосферного аэрозоля, мы попытались отобрать в отдельный ансамбль и проанализировать реализации, относящиеся только к ПСО. Для этого мы воспользовались критерием, характеризующим КАО на длине волны 1 мкм, и построили в дополнение к суммарному ансамблю SUM ансамбль SUM1, из которого были исключены реализации с КАО меньше  $10^{-3} \text{ км}^{-1}$ . Следует отметить, что в ансамбле SUM1 все реализации относятся заведомо к ПСО, т.е. состояние аэрозоля значительно превышает характерные средние фоновые стратосферные значения. Число реализаций в ансамбле SUM1 составляет 33,7% от общего числа реализаций.

### 3. Микрофизические характеристики ПСО

Каждая реализация состояния ПСО описана ее ФРП в интервале радиусов 0,01–63 мкм (общее число диапазонов – 39, шаг по логарифмам радиусов –

0,23). Общее число реализаций ПСО в суммарном ансамбле составляет 255 949. Для каждого из ансамблей по отдельности были рассчитаны ковариационные матрицы ФРП  $n(r)$ , а также ее функционалов: общего числа частиц  $N$ , площади  $S$  и объема  $V$  всех аэрозольных частиц согласно формулам (1):

$$N = \int_0^{\infty} n(r) dr; \quad S = \int_0^{\infty} \pi r^2 n(r) dr;$$

$$V = \frac{4}{3} \int_0^{\infty} \pi r^3 n(r) dr. \quad (1)$$

Рассмотрим средние значения ФРП частиц каждой из фракций для различных моделей построения ПСО. На рис. 1 представлены эти значения для сценариев ПСО I–IV. Видно, что максимум ФРП аэрозольных частиц (Liquid и SAT) приходится на размеры десятых долей микрона, в то время как максимум частиц ПСО (NAT и Water Ice) – на радиусы единиц и даже десятков микрон.

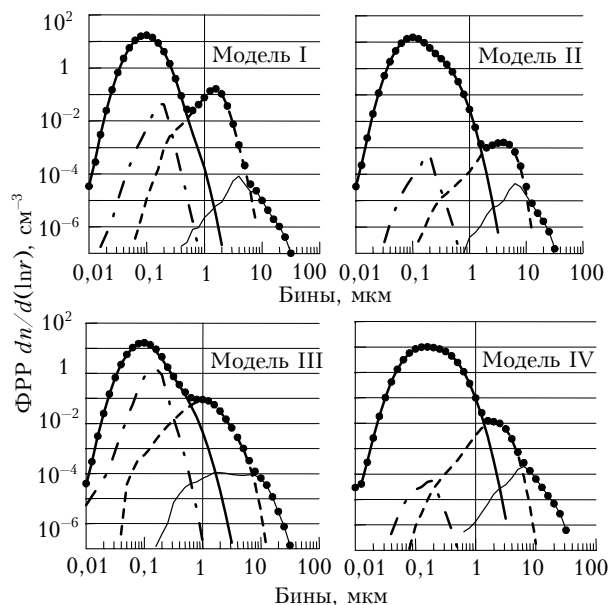


Рис. 1. Средние значения функции распределения частиц по размерам всех фракций в моделях ПСО I–IV: — — Liquid aerosol; - - - SAT aerosol; . . . NAT PSC; — — Water Ice PSC; • — все частицы

При этом максимальное число частиц в бинах приходится на частицы Liquid ( $11\text{--}16 \text{ см}^{-3}$ ), они же определяют вид общей ФРП в области размеров частиц меньше 1 мкм. Несмотря на то что для ансамбля III число частиц SAT сравнительно велико (до  $2 \text{ см}^{-3}$ ), из-за совпадения максимумов ФРП частицы фракции Liquid в существенной степени «экранируют» частицы SAT. Для ансамблей I и III наблюдаются максимальные значения частиц NAT (до  $0,1\text{--}0,2 \text{ см}^{-3}$ ). Модель I отличается наиболее узкой ФРП в области максимума, модель IV – наиболее широкой и несколько сдвинутой в область

более крупных частиц ФРП. Таким образом, в зависимости от размеров частиц основной вклад в формирование ФРП вносят: для частиц радиусами от 0,01 до 1–2 мкм – фракция Liquid (отчасти SAT), радиусами 1–10 мкм – NAT и Water Ice, радиусами больше 10 мкм – Water Ice.

Отметим, что среднеквадратические (СК) вариации ФРП в области максимума составляют 40–80%, в зависимости от рассматриваемого сценария, при этом в ансамбле SUM1 в области размеров частиц больше 0,2 мкм изменчивость ФРП несколько выше, чем в ансамбле SUM. Анализ средних значений ФРП показал, что в ансамбле SUM1 по сравнению с SUM наблюдается перераспределение числа частиц по размерам. Так, например, в максимуме ФРП число частиц несколько меньше (15 против 16 см<sup>-3</sup>), зато в области радиусов аэрозольных частиц 0,15–0,65 мкм число частиц возрастает (для радиусов порядка 0,3–0,4 мкм – в несколько раз, от 1 до 3–4 см<sup>-3</sup>). Можно предположить, что для реализаций аэрозоля с большими значениями КАО большую роль играют крупные частицы фракции Liquid Aerosol.

Подробная информация о вкладах различных фракций в суммарные интегральные характеристики (различные моменты ФРП) – в общую концентрацию частиц  $N$ , общую площадь  $S$  и общий объем  $V$  для суммарного ансамбля ПСО приведена в таблице. В последней строке таблицы приведено значение среднего по ансамблю эффективного радиуса частиц  $r_{eff}$ , определяемого как отношение  $V$  к  $S$  с коэффициентом  $3/4$  для частиц каждой фракции и для всех частиц. В скобках приведено процентное соотношение реализаций с данной фракцией с общим числом реализаций в ансамбле. Видно, что наименьший эффективный радиус (0,12 мкм) наблюдается для частиц фракции SAT, наибольший (15,45 мкм) – для фракции Water Ice, частицы которой присутствуют лишь в 3,5% реализаций. Средний по всему ансамблю эффективный радиус частиц составляет 0,8 мкм. В этой же таблице приведены и относительные СК отклонения рассматриваемых параметров от средних значений. Анализируя таблицу, можно видеть, что в суммарном ансамбле реализаций ПСО вклад

частиц Liquid в общее число частиц равен 97,7%, в общую площадь частиц 64,2% (NAT – 33,5%). Вклад в общий объем частиц фракции NAT составляет 74,2% (Liquid – 18%, Water Ice – 7,7%). Для ансамбля SUM1 вклад частиц различных фракций в  $N$  примерно такой же, как и в ансамбле SUM, вклад частиц фракции NAT в общую площадь несколько больше (40%). В ансамблях реализаций ПСО I–IV среднее значение  $N$  также практически полностью определяется фракцией Liquid, а вклад других частиц в эту характеристику не превышает 6%. В то же время для общей площади частиц в сценариях I и III вклад этих частиц одного порядка с вкладом частиц NAT. Вклад в общий объем частиц для этих моделей (и, соответственно, для ансамбля SUM) фракции NAT по сравнению с фракцией Liquid на 1–2 порядка выше.

Анализируя изменчивость моментов ФРП для разных фракций, можно отметить, что суммарное число частиц  $N$  меняется незначительно (СК-отклонение от среднего составляет 28–41%). Это объясняется тем, что  $N$  определяется в первую очередь мелкодисперсными частицами Liquid Aerosol, представляющими собой фоновый стратосферный аэрозоль, всегда в том или ином количестве присутствующий в атмосфере и напрямую не определяющий параметры ПСО. В то же время СК-вариации числа частиц Water Ice меняются от 2 000 до 6 000%, хотя при этом их среднее число по сравнению с другими фракциями незначительно. Для других моментов ФРП этой фракции также наблюдается наибольшая изменчивость. Если сравнивать различные сценарии, то можно отметить, что в модели IV наблюдаются наибольшие вариации моментов ФРП частиц SAT (1 500–2 000%), в то время как в других сценариях эти вариации на порядок меньше. Также можно отметить, что изменчивость моментов ФРП в ансамбле SUM1 меньше, чем в ансамбле SUM. Так, например, СК-вариации трех первых моментов ФРП для суммарного ансамбля составляют 38, 85 и 174% соответственно, для ансамбля же SUM1 – 32, 55 и 125%.

Средние значения  $\bar{x}$  и изменчивость  $\sigma$  (%) моментов ФРП различных фракций аэрозоля в суммарной модели ПСО (255 949 реализаций)

Фракция	Liquid aerosol		SAT aerosol		NAT PSC		Water Ice PSC		Все частицы	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
$N, \text{ см}^{-3}$	18,42	38	34,3	250	0,87	152	0,0001	4006	18,85	38
$S, \text{ мкм}^2 \cdot \text{ см}^{-3}$	1,15	117	0,03	217	0,6	128	0,01	2088	1,8	85
$V, \text{ мкм}^3 \cdot \text{ см}^{-3}$	0,40	229	0,006	208	1,64	118	0,17	1891	2,2	174
$r_{eff}, \text{ мкм}$	0,17 (100%)		0,12 (95,5%)		2,78 (99,9%)		15,45 (3,5%)		0,8	

### 3. Оптимальная параметризация ФРП аэрозольных частиц и ее интегральных параметров

Для построения параметризации ФРП по радиусам аэрозольных частиц мы воспользовались оптимальной параметризацией, основанной на разложении ФРП по базису, составленному из собственных векторов ковариационных матриц ФРП:

$$y(x_i) = \bar{y}(x_i) + \sum_{p=1,n} a_p f_p(x_i). \quad (2)$$

Здесь  $f_p(x_i)$  – собственные векторы ковариационной матрицы  $D$  ФРП рассматриваемого ансамбля ( $Df = \lambda f$ ,  $\lambda$  – собственное число);  $a_p$  – соответствующие коэффициенты разложения;  $y(x_i)$  – значения ФРП для частиц радиусом  $x_i$ ;  $\bar{y}(x_i)$  – средние значения ФРП.

Эта параметризация была осуществлена для всех рассматриваемых ансамблей ПСО. На рис. 2 изображены первые четыре (1–4) собственных вектора матрицы  $D$  для четырех сценариев развития ПСО.

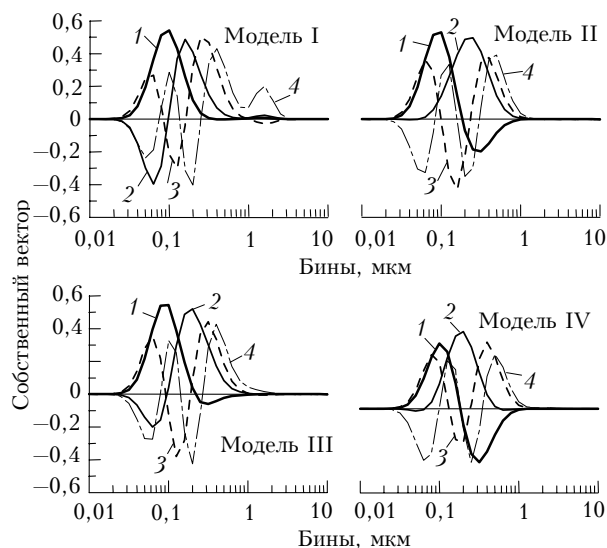


Рис. 2. Собственные векторы ковариационной матрицы ФРП аэрозольных частиц всех фракций, рассчитанные для ансамблей ПСО I–IV

Из рис. 2 видно, что поведение первого и второго собственного векторов различно для разных сценариев. Так, в моделях II и IV второй собственный вектор принимает только положительные значения в области размеров частиц 0,07–0,6 мкм, а первый – переходит через ноль в области 0,2 мкм. Для моделей I и III – наоборот, второй собственный вектор пересекает нулевую отметку в области 0,1 мкм, а первый – положительный – в области размеров частиц 0,03–0,2 мкм. Кроме того, для сценария I наблюдается небольшое возрастание четвертого собственного вектора в области размеров 1,5–2,5 мкм, обусловленное влиянием частиц фракции NAT PSC (см. рис. 1). Следует также отметить, что

собственные векторы ансамбля SUM1 близки к векторам ансамбля II.

Анализ первых семи собственных чисел ковариационных матриц ФРП различных моделей показал, что ансамбль I отличается от других тем, что для него собственные числа быстрее убывают с ростом порядкового номера. Уже шестое собственное число меньше первого более чем на два порядка. В то же время для ансамбля III даже седьмое собственное число меньше первого менее чем на 2 порядка, поэтому в этом случае не следует ожидать высокой точности параметризации при небольшом числе собственных векторов. В целом же, исходя из анализа собственных чисел и ограничиваясь уменьшением собственного числа на два порядка по сравнению с первым, в большинстве ситуаций можно учитывать при разложении первые 6 собственных векторов. В ансамбле SUM шестое собственное число относится к первому как 0,016, SUM1 – 0,015.

На рис. 3 показана абсолютная СК-погрешность параметризации (2) ФРП аэрозольных частиц для всех рассматриваемых моделей ПСО, а также для ансамбля SUM в зависимости от учитываемого числа векторов. Как и следовало ожидать, при малом числе собственных векторов (менее 5) – наименьшая погрешность аппроксимации имеет место для модели I, при большем числе векторов – для моделей II и IV. Для модели III и единой модели точность параметризации ниже, чем в других моделях.

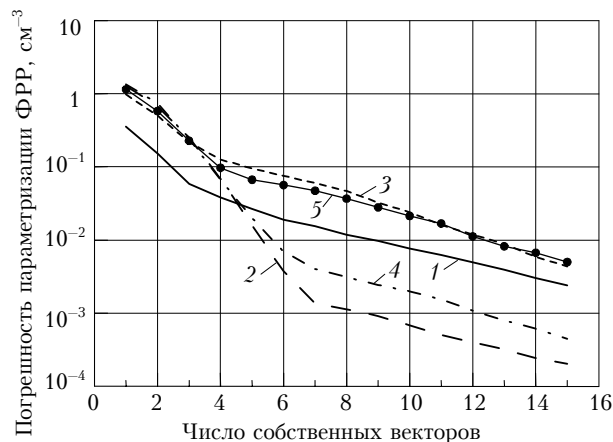


Рис. 3. Зависимость абсолютной погрешности оптимальной параметризации ФРП от размеров частиц при разном числе учитываемых векторов для различных ансамблей ПСО: 1 – модель I; 2 – модель II; 3 – модель III; 4 – модель IV; 5 – SUM

Анализ поведения погрешности аппроксимации в зависимости от размеров аэрозольных частиц показал, что в границах размеров частиц, для которых значение ФРП не более чем на 2 порядка меньше максимальных, 4–6 векторов в разложении (2) достаточно, чтобы погрешность оптимальной параметризации не превышала 1%. Исключение составляет модель III, для которой при указанных условиях погрешность параметризации по размерам достигает 5–8%.

Для диапазона размеров частиц 0,04–0,3 мкм при использовании 5–6 векторов при аппроксимации

ансамбля SUM точность параметризации не хуже 2–3%. В ансамбле SUM1 точность параметризации в области радиусов частиц от 0,2 до 3 мкм несколько выше, чем в суммарном ансамбле. Так, например, погрешность параметризации меньше 10% для ансамбля SUM1 наблюдается для частиц размерами 0,02–0,55 мкм, а для суммарного ансамбля только для частиц размером меньше 0,45 мкм.

Зависимость относительной погрешности оптимальной параметризации ФРП от размеров частиц для ансамблей ПСО I–IV и SUM при использовании первых шести собственных векторов в разложении (2) показана на рис. 4.

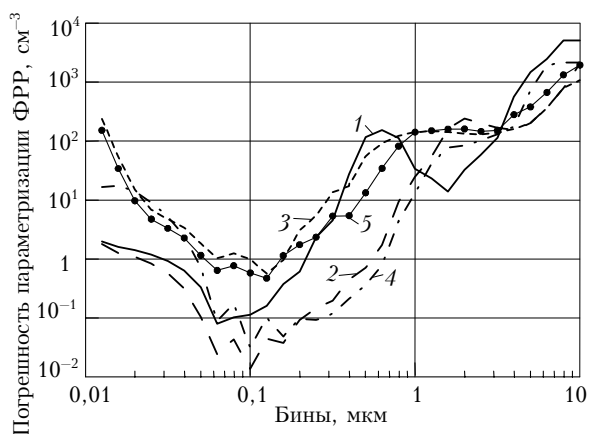


Рис. 4. Зависимость относительной погрешности оптимальной параметризации ФРП от радиуса частиц при использовании в разложении шести собственных векторов ковариационной матрицы ФРП для разных ансамблей ПСО: 1 — модель I; 2 — модель II; 3 — модель III; 4 — модель IV; 5 — SUM

Можно видеть, что в области максимума ФРП для всех моделей погрешности не превышают 5–10%. При этом для сценария II относительная погрешность в области максимума ФРП не превышает 1%. Отметим, что погрешности параметризации ФРП существенно возрастают как для очень мелких частиц, так и для частиц радиусом больше 1 мкм. Нами также были проведены расчеты, в которых в качестве базиса использовались векторы одних моделей, а параметризация по этому базису проводилась для других моделей, т.е. мы использовали для параметризации «чужие» векторы. Такие оценки важны потому, что для описания ансамблей реализаций ПСО используются различные модели, при этом мы, как правило, не обладаем достоверной информацией о том, какая именно модель должна использоваться в конкретном случае при анализе реальных данных. Поэтому важно оценить, какую ошибку вносит «ошибочное» использование «чужих» векторов при параметризации ФРП. Расчеты показали, что использование в качестве базиса «чужих» векторов при параметризации остальных моделей относительные погрешности параметризации ФРП меняет незначительно.

Кроме погрешностей самой параметризации ФРП мы проанализировали также погрешности

вычисления ее интегральных характеристик с использованием параметризации. При этом достаточно высокая точность была получена лишь для общего числа частиц. Так, для всех рассмотренных ансамблей уже при использовании первых трех собственных векторов погрешность параметризации  $N$  не превышала 1%. Для общей площади частиц при шести собственных векторах в разложении можно добиться уменьшения неопределенности относительно естественной изменчивости площади в зависимости от модели в 2 (III) – 7 (II) раз. Неопределенность общего объема частиц уменьшается не более чем на 10–20%. Это вызвано тем, что более высокие моменты ФРП определяются частицами большого размера, для которых относительная погрешность параметризации ФРП очень велика, и в этих случаях не удается добиться существенно уменьшения априорной неопределенности.

### Заключение

Проведено моделирование микрофизических свойств стратосферного аэрозоля и ПСО на основе современной численной модели образования и трансформации аэрозольных частиц [12]. Построены средние значения и ковариационные матрицы ФРП, изучены их особенности для различных сценариев развития ПСО. Проанализированы возможности оптимальной параметризации ФРП и ее моментов на основе оптимального эмпирического базиса. Показано, что для описания всех реализаций ФРП с погрешностью, не превышающей 5–10%, достаточно использовать только 6 коэффициентов разложения вместо задания ФРП в 39 бинах. Использование в качестве базиса «чужих» векторов при параметризации остальных моделей незначительно меняет относительные погрешности параметризации ФРП.

Работа выполнена при финансовой поддержке администрации Санкт-Петербурга (грант PD03-1.5-114), грантов NASA NAG 5–11248, РФФИ, № 03-05-64626, Университеты России УР.01.01.044.

1. Seinfeld J.H., Pandis S.N. Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change. New York; Chichester; Weinheim; Brisbane; Singapore; Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1998. 1326 p.
2. Solomon S., Garcia R.R., Rowland F.S., Wuebbles D.J. On the depletion of Antarctic ozone // Nature. 1986. V. 321. N 3. P. 755–758.
3. WMO. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994. WMO Report 37. Geneva, 1995.
4. Fromm M.D., Lumpe J.D., Bevilacqua R.M., Shettle E.P., Hornstein J.S., Massie S.T., Fricke K.H. Observations of Antarctic polar stratospheric clouds by POAM II: 1994–1996 // J. Geophys. Res. D. 1997. V. 102. N 19. P. 23659–23672.
5. Steele H.M., Drdla K., Turco R.P., Lumpe J.D., Bevilacqua R.M. Tracking polar stratospheric cloud development with POAM II and microphysical model // Geophys. Res. Lett. 1999. V. 26. N 3. P. 287–290.
6. Lee K.-M., Park J.H., Kim Y., Choi W., Cho H.K., Massie S.T., Sasano Y., Yokota T. Properties of polar stratospheric clouds observed by ILAS in early 1997 // J. Geophys. Res. D. 2003. V. 108. N 7. P. 4228.

7. Neduluha G.E., Bevilacqua R.M., Fromm M.D., Hopfel K.W., Allen D.R. POAM measurements of PSCs and water vapor in the 2002 Antarctic vortex // *Geophys. Res. Lett.* 2003. V. 30. N 15. P. 1796.
8. Поляков А.В., Васильев А.В., Тимофеев Ю.М. Параметризация спектральной зависимости аэрозольного ослабления в задачах затменного зондирования атмосферы из космоса // *Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана* 2001. Т. 37. № 5. С. 646–657.
9. Timofeyev Yu.M., Polyakov A.V., Steele H.M., Newchurch M.J. Optimal eigenanalysis for the treatment of aerosols in the retrieval of atmospheric composition from transmission measurements // *Appl. Opt.* 2003. V. 42. N 12. P. 2635–2646.
10. Виrolайнен Я.А., Поляков А.В., Тимофеев Ю.М. Статистические модели оптических свойств тропосферного аэрозоля // *Изв. РАН. Физ. атмосф. и океана*. 2004. Т. 40. № 2. С. 255–266.
11. Виrolайнен Я.А., Тимофеев Ю.М., Поляков А.В., Стил Х., Дрдла Е., Ньючерч М. Моделирование полярных стратосферных облаков: II. Статистика спектрального коэффициента ослабления и возможности дистанционного зондирования ПСО // *Оптика атмосф. и океана* (в печати).
12. Drdla K. Applications of a model of polar stratospheric clouds and heterogeneous chemistry: Ph. D. thesis. UCLA, 1996.
13. Drdla K., Shoeberl M.R., Browell E.V. Microphysical modeling of the 1999–2000 Arctic winter // *J. Geophys. Res.* D. 2003. V. 108. N 5. P. 8312.
14. Hipskind S., Gaines S., Eds. Airborne Arctic Stratospheric Expedition (CD-ROM), NASA Ames Research Center, 1990.
15. Gaines S., Ed. Airborne Southern Hemisphere Ozone Experiment and Measurements for Assessing the Effects of Stratospheric Aircraft (CD-ROM), NASA Ames Research Center, 1995.

Ya.A. Virolainen, Yu.M. Timofeyev, A.V. Polyakov, H. Steele, K. Drdla, M. Newchurch. **Polar stratospheric clouds modelling: I. Microphysical properties.**

The microphysical properties of stratospheric aerosol and polar stratospheric clouds (PSC) have been simulated based on the up-to-date numerical model of formation and transformation of aerosol particles. The total number of PSC and aerosol realizations equals 255949. These realizations in total can be considered as a wide representative ensemble of stratospheric aerosol and PSC under the condition of winter in polar and middle latitudes (45–90° N). The means and covariance matrices of the size distribution function (SDF) for different scenarios of PSC transformation have been construct. The possibility of optimal parameterization of SDF and its higher moments has been analyzed. It has been shown that it is possible to describe SDF with uncertainty of 5–10% using only 6 eigenvectors in spite of specifying SDF in 39 bins (as it is *a priori*).