

ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ

УДК 551.576

А.А. Исаков

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЛУПРОЗРАЧНЫХ ОБЛАКОВ

Анализируются результаты измерений индикатрис яркости солнечного ореола для разных типов полупрозрачных облаков, полученных в ходе комплексного облачного эксперимента осенью 1996 г. в Подмоскowie. Показано, что в перистых облаках независимо от их оптической толщи и типа реализуются очень стабильные по форме и положению максимума (радиусы оптически эквивалентных сфер $R = 22 \div 25$ мк) распределения $V(r)/dr$ объемов частиц по размерам. В результате этого между оптической толщиной облака τ и суммарным объемом частиц V_{Σ} существует линейная связь, а величина эффективного радиуса частиц $R_{\text{эф}}$ меняется незначительно и равна ~ 35 . В высококучевых облаках распределения частиц по размерам могут быть весьма стабильны в пределах одного облачного образования, но заметно меняются от случая к случаю (характерные размеры 3–5 мк), в перисто-кучевых Cc размеры частиц еще меньше – 1,5–3 мк и могут изменяться за несколько минут. В самолетных следах, существующих порядка 1 ч, формируется мода относительно крупных частиц с радиусом около 10 мк.

Введение

Предлагаемая работа содержит результаты исследований полупрозрачных облаков с помощью солнечного ореольного фотометра (далее СОФ) во время комплексного облачного эксперимента (сентябрь–октябрь 1996 г.) на Звенигородской научной станции ИФА РАН. Создавался СОФ для исследования грубодисперсного аэрозоля толщи атмосферы и в предыдущих облачных экспериментах 1992–1994 гг. использовался практически без адаптации к новому объекту исследования. На основе опыта эксплуатации фотометра в [1, 2] были определены основные направления, по которым требовалась существенная доработка прибора применительно к исследованию облаков: существенное, в несколько раз, сокращение времени регистрации угловых зависимостей (спектральные зависимости получаются за время порядка 1 с) индикатрис яркости ореола $\mu(\varphi, \lambda)$ и использование минимально возможных углов рассеяния φ . Первое требование вытекает из необходимости минимизировать влияние пространственно-временной неоднородности облачности и получить возможность отслеживать вариации оптики полупрозрачных облаков, выполнение второго должно обеспечить диагностику гигантских, с эквивалентным радиусом до $r \sim 40\text{--}50$ мкм частиц перистых облаков.

В работе [2] была введена угловая аппаратная функция $A(\varphi - \varphi_0)$, учитывающая конечность угловых размеров солнца и поля зрения фотометра, так что регистрируемая индикатриса яркости $\mu(\varphi)$ получается из истинной $\mu^*(\varepsilon)$ по формуле

$$\mu(\varphi) = \int A(\varphi - \varepsilon) \mu^*(\varepsilon) d\varepsilon. \quad (1)$$

Анализ расчетов $A(\varphi - \varepsilon)$ показал, что диапазон углов можно расширить до $\varphi = 1^\circ$, при этом связан-

ные с ее неидеальностью ошибки регистрации не превысят 5%.

Методика и аппаратура

Доработка СОФ состояла в следующем.

1. В приборе установлен диск-модулятор с шестью светофильтрами – прежний набор рабочих длин волн $\lambda = 0,46; 0,54; 1,2; 1,55$ мкм был расширен за счет установки двух дополнительных фильтров с $\lambda = 0,62$ и $0,82$ мкм.

2. Изготовлен новый автоматический сканер под наборы углов $\varphi_i = 1,2; 1,6; 2,2$ для облачных ситуаций и $\varphi_i = 1,6; 2,2; 4,4; 6,6; 8,8$ для безоблачного неба. Здесь необходимо краткое пояснение. Оценка уровня подсветок показала, что для $\varphi = 1,2^\circ$ их величина при атмосферной массе $m \sim 2$ составляет несколько десятых ср^{-1} . Даже для тонких, с $\tau \sim 0,1$, перистых облаков это лишь единицы процентов от уровня μ , в то время как при регистрации индикатрис яркости безоблачного неба помеха может достигать десятков процентов, поэтому $\varphi = 1,2^\circ$ и был исключен из второго набора углов.

Практически все управление СОФ и вся регистрация сигналов осуществляются с помощью ЭВМ, поэтому время регистрации облачных индикатрис сокращено до ~ 10 с, полный цикл измерений (т.е. запись нулей, рабочих сигналов, возврат сканера и т.д.) занимает около полутора минут.

Короткое время регистрации (за 10 с солнце перемещается по азимуту примерно на ~ 2 угл. мин) позволило *при работе с полупрозрачной облачностью* отказаться от следящей системы, заменив ее «оптическим прицелом», обеспечившим воспроизводимость наведения на солнце около $2'$. После выполнения подготовительного цикла прибор наводился на солнце и за 10 с записывались прямой солнечный поток и $\mu(\varphi)$ на трех углах рассеяния.

Помимо времени регистрации, набор углов рассеяния $\{\varphi_i\}$ определяет и линейные размеры облачного объема, задействованного при регистрации индикатрисы яркости. Естественно, что чем меньше эти размеры, тем менее жесткие требования предъявляются к однородности поля облачности и тем проще пространственно-временную неоднородность облачности перевести в категорию объекта исследования. Размерность вектора измерений μ_k , т.е. полное количество $n = i \times j$ измеряемых величин $\mu(\varphi_i, \lambda_j)$, должна обеспечивать устойчивость решения обратной задачи. Три угла дают $n = 18$, и, как показал анализ, этого достаточно.

Основываясь на выводах выполненного в [2] математического эксперимента, границей ядра алгебраизированного уравнения обратной задачи со стороны больших радиусов мы выбрали $r = 80$ мк.

Условия измерений

Сухая и солнечная погода установилась в Подмоскowie в конце второй декады сентября и держалась до конца октября, поэтому наблюдения на СОФ продолжились и после окончания (5 октября) комплексного эксперимента. За это время получилось двадцать наблюдательных дней, из которых два были безоблачными, а в остальные отмечены почти все приведенные в Атласе облачности [3] основные типы полупрозрачных облаков.

Идентификация облачности проводилась визуально по Атласу, поскольку измерители высоты облачности, входившие в комплекс, за редким исключением, не фиксировали границу тонких облаков. Чаще всего наблюдались различные виды перистых облаков, причем отмечались случаи и двуслойной

облачности $Ci + Ci$. Кучевые облака в основном появлялись в виде Cs или Ac в сочетании с верхним слоем Ci . Лишь единожды облака Ac реализовались в виде обширного ровного поля с характерными угловыми размерами «барашков» около 1° . Преобладали либо отдельные поля Ac с размерами порядка десятка километров, либо участки Cs на периферии полей перистых облаков, причем если структура перистых облаков практически не менялась со временем, то в Cs даже визуально прослеживались процессы трансформации с характерным временем порядка минут, иногда облака сгущались или рассасывались прямо на глазах.

Малое время регистрации позволило в ряде случаев проследить эти вариации (см. ниже), но все же количество записей для Cs и Ac заметно меньше, чем Ci и Cs . Общее количество регистрограмм превысило две сотни, выбраковано по причине неоднородности облачности около 10%. Общее количество эпизодов (под эпизодом далее будем понимать регистрацию не менее чем трех–пяти записей для одного облачного образования, одиночные записи делались только для самолетных следов), а в один день могли появиться и Cs , и Ac , их распределения по типам облачности приведены в таблице.

Особо следует остановиться на описании двух дней – 30.9 и 12.10. Первый эпизод соответствовал схеме [3] прохождения атмосферного фронта. Утром около 9.00 ч появились тонкие ровные перистые облака, потом облачность стала двуслойной $Ci + Ci$. Около 11.30 с запада-юго-запада потянулись постепенно уплотняющиеся широкие и ровные струи Ci spissatus, примерно в 14.30 сменившиеся ровными перисто-слоистыми Cs , в 16.30 пошли плотные высокослоистые As облака и к вечеру – Ns .

Тип ситуации	Безоблачное небо	Ci	$Ci + As$	$Ci + Ci$	$Ci + Cs$	$Ci + Ac$	Cs	Ac	Самолетные следы
Количество	12	12	2	2	3	5	2	5	8

Наиболее удобный для измерений период длился около 3 ч, в течение которых удалось проследить динамику оптических характеристик перистых облаков в диапазоне их толщ $\tau \approx 0,1-1,5$ (см. ниже). За эти 3 ч получено около 30 регистрограмм.

Ситуация 12.10 схематически сходна с первой (вплоть до хронологии), но ей предшествовала тыловая часть холодного атмосферного фронта – в предыдущие дни было облачно и дождливо, а накануне вечером прошел «гребешок» давления. Наползавшие с юго-запада тонкие перистые облака сменились более плотными струями Ci spissatus, примерно в 14.30 пришло ровное поле Cs с четкой границей, около 16.30 перешедшее в поле As . В этот день было получено около 50 регистрограмм в диапазоне $\tau \approx 0,1-1,3$. Заметим, что в описанных эпизодах наблюдались довольно редкие оптические эффекты двойного гало и радужных дуг, что гово-

рит об ориентированности (упорядоченности в пространстве) ледяных кристаллов.

Самолетные следы за время эксперимента фиксировались восемь раз, причем дважды на фоне тонких перистых облаков. Все их можно отнести к категории старых, поскольку их «возраст» с момента пролета самолета до момента регистрации составлял полчаса и более.

Прежде чем перейти к анализу результатов измерений, остановимся на проблеме многократного рассеяния света. В [4] были выполнены оценки вклада кратного рассеяния в малоугловом приближении. Из приведенного в [4] рисунка следует, что при оптической толщине слоя $\tau \approx 1$ эта добавка менее 10% и в диапазоне углов рассеяния $\varphi = 1 \div 2^\circ$ почти не зависит от угла. Иначе, она меняет лишь уровень $\mu(\varphi)$, не искажая углового хода. Сходные оценки приведены и в работе [5]. Это обстоятельство также учитывалось при задании набора углов $\{\varphi_j\}$. Узость ореола в перистых об-

лаках, как хорошо известно, приводит к занижению оценки их оптической толщи по измерениям прямого солнечного света [6]. Помимо этого, в самых тонких облаках Ci их оптическую толщину невозможно отделить от τ атмосферного аэрозоля, которая почти всегда превышает величину 0,1. Поэтому при анализе данных мы использовали величины оптических толщ, рассчитывавшихся по восстановленным распределениям облачных частиц по размерам.

Обсуждение результатов

Как отмечалось выше, основная масса регистрограмм получена для разных типов перистых облаков – волокнистых, хребтовидных, перепутанных, перисто-слоистых (волокнистых и туманообразных) и т.д. Кажется бы, такое разнообразие форм должно сочетать-

ся с разнообразием оптических и микрофизических характеристик облаков. Однако результаты обращения примерно полутора сотен индикатрис, полученных в десяти основных (по количеству реализаций) эпизодах, привели к неожиданному выводу: в перистых облаках в диапазоне размеров $r = 0,3-50$ мкм *независимо от подтипа облачности и их оптической толщины* реализуется устойчивое по форме и положению максимума ($r \approx 22-25$ мкм) распределение объемов частиц по размерам. Среднеквадратические ошибки восстановления $\mu - 5-10\%$. Одна из причин устойчивости $dV(r)/dr$ по сравнению с капельным облаком достаточно очевидна – ледяные частицы не реагируют на пульсации относительной влажности воздуха – но она не объясняет их воспроизводимости. Это иллюстрирует рис. 1, а.

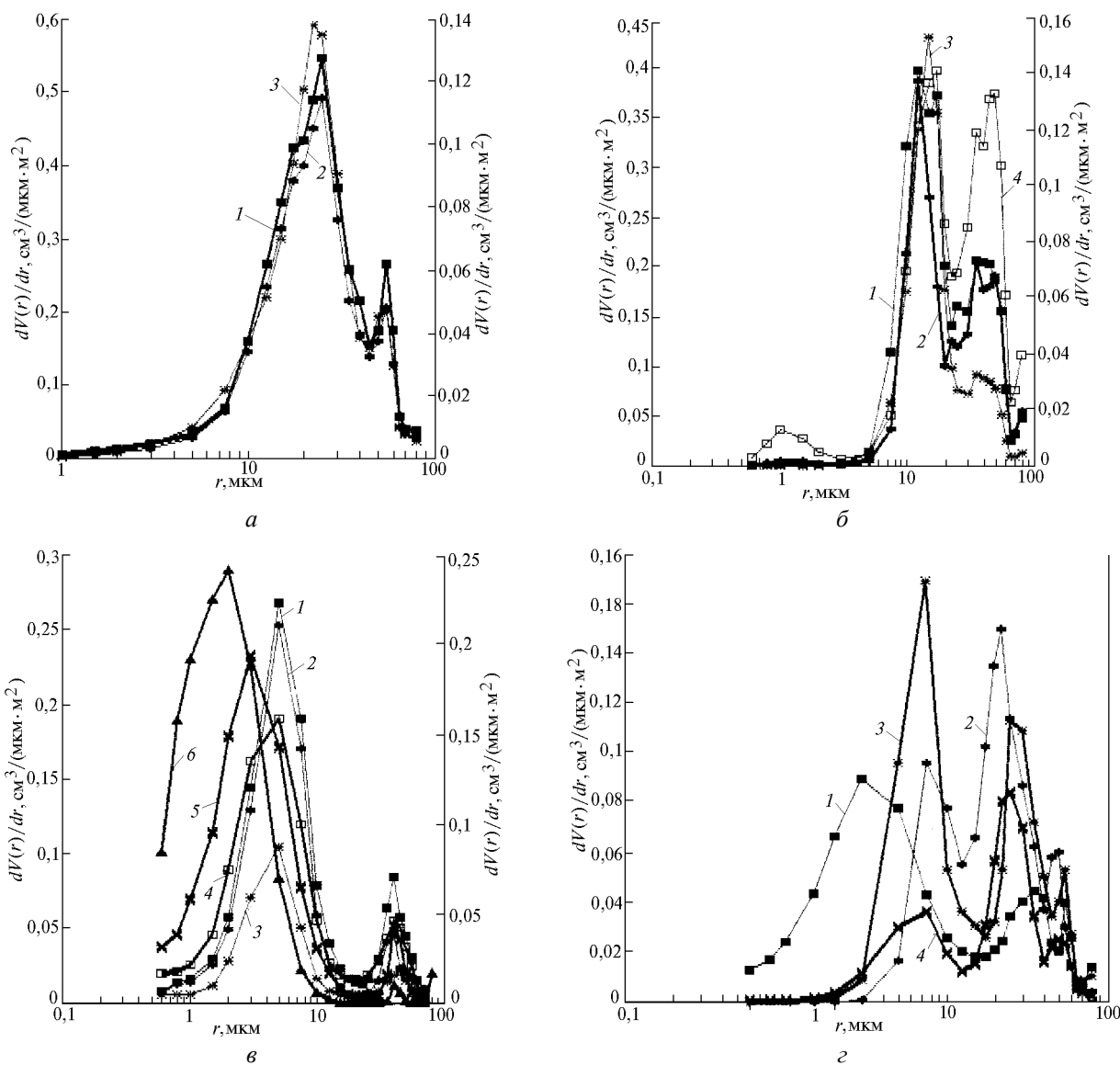


Рис. 1. Распределения объемов частиц по размерам перисто-слоистых облаков Cs для трех ситуаций: кривая 1 получена 10.5 при $\tau = 0,95$, кривые 2 и 3 – 30.9 при $\tau = 0,82$ и $0,22$ соответственно (а); б – для отдельного перистого облака 25.9. Времена записи кривых 1–4: 1 – 16.14, 2 – 16.18, 3 – 16.23, 4 – 16.27; в – для поля высококучевых As (левая ось ординат, кривые 1–3, интервал между записями около 5 мин) и перисто-кучевых Cs (правая ось ординат, кривые 4–6, интервал около 2 мин) облаков; г – для «старых» (возраст полчаса и более) самолетных следов

Здесь представлены три кривые $dV(r)/dr$ для двух разных дней 30.9 и 5.10. Кривые 1 и 2 (левая ось координат) соответствуют близким ($\tau = 0,95$ и $0,82$ соответственно) оптическим толщам, но разным дням, кривая 3 (правая ось) получена в тот же день, что и 2, но при вчетверо меньшей ($\tau = 0,22$) оптической толщине. Распределения достаточно узкие – полуширина их $\Delta r/r_{\max} \sim 0,3$. В [2] отмечалось, что алгоритм решения обратной задачи имеет свои специфические недостатки. Чтобы исключить возможность их проявления, мы проанализировали первичный материал – индикатрисы рассеяния $\mu(\varphi, \lambda)$. Для каждой реализации были рассчитаны по шести длинам волн регрессионные соотношения, аппроксимирующие спектральные зависимости индикатрис $\ln \mu(\varphi = \text{const}, \lambda) - \ln \lambda$ на трех углах рассеяния φ . Оказалось, что *во всему массиву данных* 1) между указанными величинами существует линейная связь с отклонением точек от регрессионной прямой менее 5%; 2) угловые коэффициенты K прямых регрессий для $\varphi = 1^\circ$ имеют очень малый разброс (рис. 2, левая ось ординат) и величину $K_1 \approx 1,2$, почти *не зависящую от оптической толщи облака* τ (ось абсцисс), для $\varphi = 2,2^\circ$ $K_3 = 1,0$ (величина $K_2 = 1$ естественно занимает промежуточное положение, но, чтобы не загромождать рисунок, не показана). Разброс K_3 при самых малых оптических толщах связан со вкладом грубодисперсного аэрозоля атмосферы, у которого спектральный ход индикатрисы иной, нежели у облака. Итак, в-первых, устойчивость восстанавливаемых распределений $dV(r)/dr$ есть результат очень высокой воспроизводимости для разных перистых облаков спектральных и угловых зависимостей яркости порождаемого ими ореола и не связана с особенностями алгоритма обращения; во-вторых, в диапазоне оптических толщ $\tau \approx 0,2-1,5$ искажения спектрального и углового хода (но не общего уровня) за счет многократно рассеянного света, видимо, не превышают 5%.

В работе [2] отмечалось, что в перистых облаках угловой размер видимого ореола вокруг луны может меняться в два-три раза, и это, на первый взгляд, расходится со сформулированным выше выводом. На рис. 1, а справа от основного колокола распределения в области $r \approx 40 \div 50$ мкм присутствует второй, который в несколько раз меньше по амплитуде. Достоверность параметров (заметно варьирующих) этой моды, конечно, ниже, чем основной, но, видимо, ее частицы и определяют вариации наблюдаемого визуально ореольного пика μ , а он (для облаков типа Ci) находится за пределами рабочего диапазона углов.

В теоретических расчетах для параметризации характеристик облачности часто используется величина эффективного радиуса частиц $R_{\text{эф}}$, равного отношению суммарного объема частиц к их суммарной площади сечения. Эта величина (разумеется, для диапазона размеров $r = 0,5 \div 80$ мкм) также была рассчитана для всего массива данных. Так же, как и

коэффициент K (и по той же причине), величина эффективного радиуса $R_{\text{эф}}$ имеет небольшой разброс и лишь при $\tau \leq 0,2$, при больших толщах она стабилизируется на значении $R_{\text{эф}} = 35 \pm 1$ (рис. 3, левая ось).

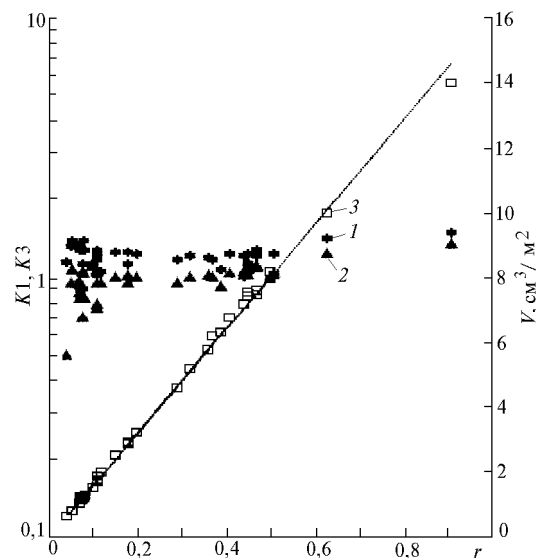


Рис. 2. Связь между оптической толщиной перисто-слоистых Cs облаков τ , крутизной спектрального хода $K = d(\ln \mu)/d\lambda$ яркости ореола для углов рассеяния $\varphi = 1$ и 2 (1 и 2) и суммарным объемом частиц V_Σ (3, правая ось ординат). Прямая на рисунке соответствует уравнению $V_\Sigma = 16\tau$

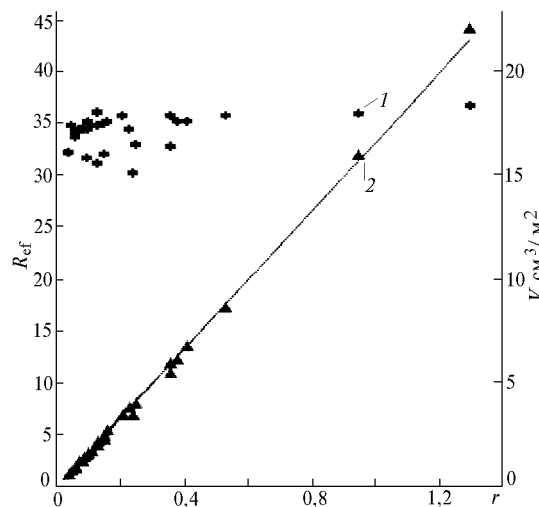


Рис. 3. Связь между оптической толщиной перисто-слоистых Cs облаков τ , эффективным радиусом частиц $R_{\text{эф}}$ (1) и суммарным объемом частиц V_Σ (2, правая ось ординат). Прямая на рисунке соответствует уравнению $V_\Sigma = 16\tau$

На этих же рисунках отражена зависимость суммарного объема частиц V_Σ (правая ось), рассчитанного по кривым $dV(r)/dr$ в диапазоне $r = 0,3-80$ мкм от восстановленной оптической толщи τ . Прямая на рисунках соответствует уравнению $V_\Sigma = 16\tau$, $V_\Sigma, \text{см}^3/\text{м}^2$. Очевидно, что иллюстрируемая рис. 2, 3, линейная связь между величинами, пропорциональными кубу радиуса частиц V_Σ и квадрату радиуса τ , возможна лишь при постоянстве распределения частиц по раз-

мерам, а вариации V_{Σ} и τ определяются общим числом частиц в столбе N . Вероятнее всего, это – зависимость от геометрической толщины облака (метры), хотя нельзя исключить и вариации концентрации частиц при сохраняющемся распределении частиц по размерам. Коэффициент пропорциональности между объемом частиц и толщиной облака был по отдельности рассчитан для трех подмассивов данных – 30.09, 12.10 и сводного по оставшимся дням. Во всех трех случаях он с точностью $\approx 3\%$ оказался равным $\xi = 16$.

В [7] приведены результаты исследований перистых облаков и самолетных следов с помощью двух самолетов-лабораторий. В числе прочих характеристик приводятся средние величины эффективного радиуса и льдосодержания на 1 м^3 воздуха. Толщина облачного слоя оценена авторами примерно в километр, поэтому пересчет IWC (ice water content) на содержание льда в столбе дал величину 20–50 г/м^3 , что не слишком расходится с величинами рис. 2, 3. Достаточно хорошо согласуются и величины эффективного радиуса (по данным [7] $R_{\text{эф}} = 26 \div 30$), принимая во внимание диапазон размеров, охваченный измерениями в [7], и несколько иную формулу для его оценки.

Единственный эпизод, выпадающий из изложенной схемы, зарегистрирован 25.9. Соответствующие кривые распределений $dV(r)/dr$ приведены на рис. 1, б. Основная мода распределения здесь соответствует существенно меньшим размерам частиц и меняется со временем в диапазоне размеров $r = 7\text{--}15$ мкм. (В облачном эксперименте 1994 г. также был зафиксирован единственный аналогичный случай [2], остальные хорошо вписываются в изложенную выше схему). По характеру и динамике распределений это напоминает ситуацию с самолетными следами (см. ниже), хотя облако и идентифицировалось как перистое. Может быть, это была начальная стадия формирования перистых облаков – во всех прочих случаях облака появлялись вблизи горизонта за несколько часов до момента регистрации ореола.

Кучевые облака

Данные, полученные для кучевых облаков A_c и C_c , позволяют предположить, что, во-первых, распределения $dV(r)/dr$ более изменчивы, чем в перистых облаках, причем для C_c это может иметь место даже в пределах одного облака; во-вторых, частицы в облаках A_c несколько больше по размеру (положение моды колеблется в пределах $r = 3 \div 5$ мкм, а в C_c $1,5 \div 3$ мкм), рис. 1, в. Кривые 1–3 относятся к описанному выше однородному полю A_c – для подобных случаев форма распределения и положение моды достаточно устойчивы, меняется лишь амплитуда распределения. Кривые 4–6 принадлежат облаку C_c и записаны с интервалом менее 2 мин. Хорошо видно, как со временем уменьшаются размеры частиц – это и есть то облако (очевидно, жидкокапельное), ко-

торое таяло буквально на глазах. В тех случаях, когда присутствовала двуслойная облачность типа $C_i + A_c$, кривые распределений (как отмечалось в [2]) отчетливо распадались на две моды – мелких частиц A_c и крупных ледяных кристаллов C_i . Положение максимумов кривых при этом вполне соответствовало таковым для однослойных облаков, что лишний раз подтверждает устойчивость алгоритма обращения.

Самолетные следы

Основные воздушные коридоры, «поставлявшие» самолетные следы для ЗНС ИФА, – трассы аэропортов Шереметьево около десяти километров на север и Внуково – примерно втрое дальше – на юге, поэтому «южные» следы заметнее старее «северных» и в соответствии с высотной розой ветров приносятся чаще. След, описанный в [2], – «северный», моложе (представляет раннюю стадию развития) «южных», зарегистрированных осенью 1996 г. Вместе с данными [2] мы располагаем десятком регистрограмм для следов, и можно говорить лишь о предварительных выводах. В молодых ($\sim 10 \div 15$ мин) присутствуют две фракции частиц с размерами $r \sim 2 \div 3$ и ~ 10 мкм, причем со временем первая как бы перекачивается во вторую. В более старых «южных» следах первая мода (кривая 1, рис. 1, з) прослеживается лишь в одном случае. В остальных случаях мелкие частицы отсутствуют. Мода самых крупных, $r \sim 20 \div 30$ мкм, видимо, принадлежит частично перистым облакам, на фоне которых наблюдались следы. Положение максимума основной моды варьирует сильнее, чем в перистых облаках, а сами частицы заметно меньше. Самолетные следы как бы объединяют в себе особенности перистых и перисто-кучевых облаков.

Выводы

Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

1. В перистых облаках положение максимума ($r \approx 25$ мкм) основной моды распределения объемов частиц по размерам практически не зависит от оптической толщи и подтипа облачности, а само распределение узкое – $\Delta r/r_{\text{max}} \sim 0,3 \div 0,4$. Частицы этой области размеров дают основной вклад в суммарный объем V_{Σ} и оптическую толщину облака τ .

2. По всему полученному массиву данных оценки эффективного радиуса частиц $R_{\text{эф}} \approx 35$, а между величинами оптической толщи и суммарного объема частиц существует линейная связь $V_{\Sigma} = 16\tau$, где объем в кубических сантиметрах на метр квадратный.

3. Параметром, определяющим основные характеристики облаков типа C_i , является содержание N в столбе частиц основной моды. Возможно, что это геометрическая толщина облака.

4. Перисто-кучевые облака *Cc* наиболее мелкокапельные – радиусы частиц основной моды $r = 1,5\text{--}3$ мкм, чаще всего в этих облаках наблюдаются вариации распределения с характерными временами в несколько минут. В обширных ровных полях высококучевых облаков *Ac* распределения достаточно стабильны во времени (десятки минут) и меняются лишь по амплитуде. Положение максимума моды варьирует от случая к случаю в пределах $r = 3\text{--}5$ мкм.

5. В самолетных следах распределение частиц зависит от возраста следа – в молодых ($t \approx 15$ мин) функция $dV(r)/dr$ двухмодовая, с максимумами в областях $r = 3$ и $8 \div 15$ мкм. Со временем первая фракция как бы перекачивается во вторую и в старых следах она может полностью отсутствовать. Самолетные следы сочетают в себе свойства облаков типа *Ci* и кучевых – *Cc*, *Ac*.

1. *Исаков А.А.* О возможности исследования полупрозрачных облаков методами солнечного ореола // Изв. РАН. Сер. ФАО. 1994. Т. 30. № 2. С. 241–245.
2. *Исаков А.А.* Некоторые вопросы методики исследования полупрозрачных облаков средствами солнечного ореола // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. № 7. С. 722–733.
3. *Атлас облаков* / Под ред. А.Х. Хргиана, Н.И. Новожилова. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 268 с.
4. *Гриценко А.П. и Петров Г.Д.* О роли многократного рассеяния в обратных задачах оптики грубодисперсного аэрозоля // Оптика и спектроскопия. 1979. Т. 46. Вып. 2. С. 346–349.
5. *Белов В.Ф., Боровой А.Г., Вагин Н.И., Волков С.Н.* О малоугловом методе при однократном и многократном рассеянии // Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1984. Т. 20. № 3. С. 323–327.
6. *Абакумова Г.М., Аникин П.П., Глуценко Ю.В.* Сравнение оптических толщин перистых облаков, определенных по данным измерений приборами с различными углами зрения // Радиационные свойства перистых облаков / Под ред. Е.М. Фейгельсон. М.: Наука, 1989. 224 с.
7. *Gayet J.F., Febvre G., Brogniez G., Chepfer H., Renger W. and Wendling P.* Microphysical and optical properties of Cirrus and Contrails Cloud field study on 13 October 1989 // J. A. S. 1996. V. 53. № 1. P. 126–138.

Институт физики атмосферы РАН,
г. Москва

Поступила в редакцию
12 августа 1998 г.

A.A. Isakov. Some Regularities of Variation of Semitransparent Clouds Parameters.

The measurements of phase function of solar aureole brightness for different types of semitransparent clouds, obtained during complex experiment in autumn, 1996, in Moscow region, are analyzed. It is shown, that the distributions of size particles volumes $dV(r)/dr$ realized in the cirrus clouds irrespective of their optical thickness and type are very stable in form and the maximum location (radio of optically equivalent spheres $R = 22\text{--}25$ μm).

As the result, there exists linear connection between optical thickness of a cloud t and total volume of particles V_{Σ} ; and the size of the effective radius $R_{ef} \sim 35$ slightly varies.

In altocumulus clouds the particles size distribution can be stable enough within one cloudy formation, but it noticeably varies from case to case (at characteristic size of $3\text{--}5$ μm); in cirro-cumulus *Cc* the particle size are much less, i.e. $1.5\text{--}3$ μm and can change during several minutes. In the aircraft traces existing for about an hour, the mode of relatively large particles ($r \sim 10$ μm) is being formed.