

В.С. Козлов

ОБ АППРОКСИМАЦИИ И УСЛОВИЯХ ЛИНЕЙНОСТИ СВЯЗИ КОЭФФИЦИЕНТА РАССЕЯНИЯ С МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ

На основе расчетных данных для непоглощающего аэрозоля с логнормальным распределением по размерам исследована связь коэффициента рассеяния с фактором заполнения аэрозоля и предложена аналитическая аппроксимация этой связи в широком диапазоне параметров частиц, обеспечивающая с погрешностью 3–5% возможность оперативных количественных оценок и прогнозирования рассматриваемых характеристик для одной или суперпозиции фракций частиц. Установлено, что процессы конденсационного обводнения и коагуляции частиц способствуют проявлению линейности связи коэффициента рассеяния с массовой концентрацией аэрозоля.

Для задач прогноза прозрачности атмосферы и различных аэрозольных образований в условиях изменчивости их состава, определения содержания аэрозольного вещества на основе оптических измерений и обоснования используемых для этих целей экспериментальных методик является важным вопрос о связи аэрозольного коэффициента ослабления с массовой концентрацией аэрозоля.

Результаты многочисленных экспериментальных исследований для естественной атмосферы и аэрозольных замутнений антропогенного происхождения свидетельствуют о наличии близкой к линейной корреляционной связи коэффициента ослабления (рассеяния) аэрозоля в видимой области спектра с массовой концентрацией частиц (см., например, [1–3]). Вариации коэффициента связи велики, перекрывающая диапазон от 1 до 10 км⁻¹/(мг · м⁻³), что в общем случае обусловлено изменчивостью распределения по размерам, комплексного показателя преломления, формы и структуры аэрозольных частиц.

Представляет интерес изучение влияния микрофизических параметров аэрозоля на коэффициент связи и определение условий, способствующих его стабильности, т. е. наличием линейной, или близкой к ней, связи рассматриваемых характеристик.

В настоящей статье подобный анализ выполняется на основе расчетных данных [4, 5] для одновершинных логарифмически нормальных распределений частиц по размерам, удовлетворительно описывающих микроструктуру и оптические свойства мелкодисперсной и крупнодисперсной фракций атмосферных аэрозолей различной природы. В расчетах, выполненных по теории Ми, определялась величина нормированного коэффициента рассеяния $\tilde{\delta}_p = \delta_p / N\lambda^2$ (где δ_p — коэффициент рассеяния на длине волны излучения λ ; N — счетная концентрация частиц) для значений микрофизических параметров логнормального распределения непоглощающих частиц: медианного параметра дифракции $\rho_0 = 2\pi a_0 / \lambda = 0,2$ (0,2) 2; 3; что при $\lambda = 0,55$ мкм соответствует изменению медианного радиуса частиц a_0 от 0,017 до 0,26 мкм; дисперсии натурального логарифма радиусов частиц $s^2 = 0,2$ (0,1) 0,5 и показателя преломления частиц $n = 1,33$; 1,40 (0,05) 1,55. Учитывая, что фактор заполнения аэрозоля (объем аэрозоля в единице объема воздуха) $V = 4 / 3\pi\bar{a}_3^3 N$, $\bar{a}_3 = a_0 \exp(1,5s^2)$ — среднекубический радиус распределения концентрации по размерам, связь аэрозольного коэффициента рассеяния с фактором заполнения, пропорциональным массовой концентрации аэрозоля, может быть представлена в виде

$$\delta_p = [\gamma(\rho_0, s^2, n) / \lambda] V. \quad (1)$$

В (1) удельный коэффициент рассеяния γ (коэффициент рассеяния единицы объема аэрозоля) является безразмерной величиной и вычисляется по формуле

$$\gamma = 6\pi^2 \tilde{\delta}_p / \bar{\rho}_3,$$

где $\bar{\rho}_3 = 2\pi\bar{a}_3 / \lambda$.

Анализ расчетных данных показал, что для описания влияния микроструктурных параметров ρ_0 и s^2 на величину удельного коэффициента рассеяния оптимально использовать обобщенный («эффективный») параметр крупнодисперсности частиц $\rho_{0V} = \rho_0 \exp(3s^2)$ — медианный размер (радиус) распределения объема частиц по размерам, который позволяет представить зависимости $\gamma(\rho_{0V}, s^2, n)$ в удобном для изучения виде (рис. 1). В представлении от ρ_{0V} влияние полидисперсности аэрозоля s^2 в основном локализуется в области экстремумов зависимостей $\gamma(\rho_{0V})$, при этом изменение s^2 не вызывает смещения положения максимумов по оси ρ_{0V} . Именно в этом смысле параметр ρ_{0V} можно считать оптимальным («эффективным») для описания $\gamma(\rho_{0V}, s^2, n)$.

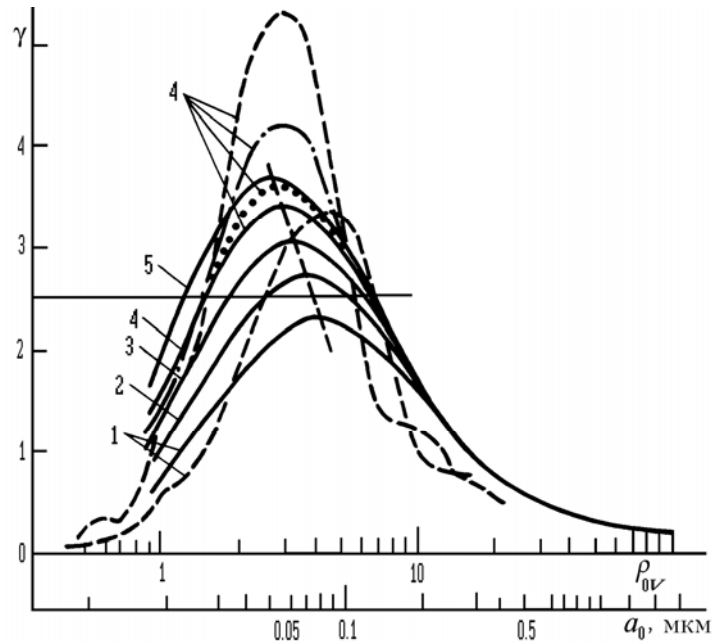


Рис. 1. Зависимость удельного коэффициента рассеяния γ непоглощающего аэрозоля с логнормальным распределением по размерам от микроструктуры и показателя преломления частиц; значения n : кривая 1—1,33; 2—1,40; 3—1,45; 4—1,50; 5—1,55; значения s^2 : сплошные кривые — 0,5; точки — 0,4; штрихпунктирные — 0,2; штриховые — 0,05

В целом значения γ изменяются в достаточно широких пределах от 0 до 5, при этом каждый из микрофизических параметров частиц обнаруживает специфические особенности влияния на удельный коэффициент рассеяния (рис. 1). Для малых и больших ρ_{0V} значение γ мало, асимптотически приближаясь к нулю при $\rho_{0V} \ll 1$ (за счет существенного уменьшения эффективности светорассеяния) и при $\rho_{0V} \gg 1$ (вследствие превалирующего роста объема частиц). Зависимости $\gamma(\rho_{0V})$ имеют вид одновершинных кривых с максимумом, т. е. удельная рассеивающая способность аэрозоля проявляет выраженный селективный характер и существуют определенные распределения частиц, наиболее эффективные в ослаблении излучения на единицу объема частиц. Такие распределения по размерам ρ_{0m} соответствуют максимумам зависимостей $\gamma(\rho_{0V})$ и варьируют в области ρ_{0V} от 2,5 до 4,5 ($a_0 = 0,049 \pm 0,086$ мкм при $s^2 = 0,5$ для $\lambda = 0,55$ мкм). Положение максимума не зависит от полидисперсности аэрозоля и определяется лишь величиной показателя преломления частиц n , с уменьшением которого наиболее эффективными в удельном ослаблении становятся все более крупнодисперсные распределения частиц. Рис. 2, а иллюстрирует однозначную, близкую к линейной, изменчивость $\lg \rho_{0m}$ в зависимости от показателя преломления.

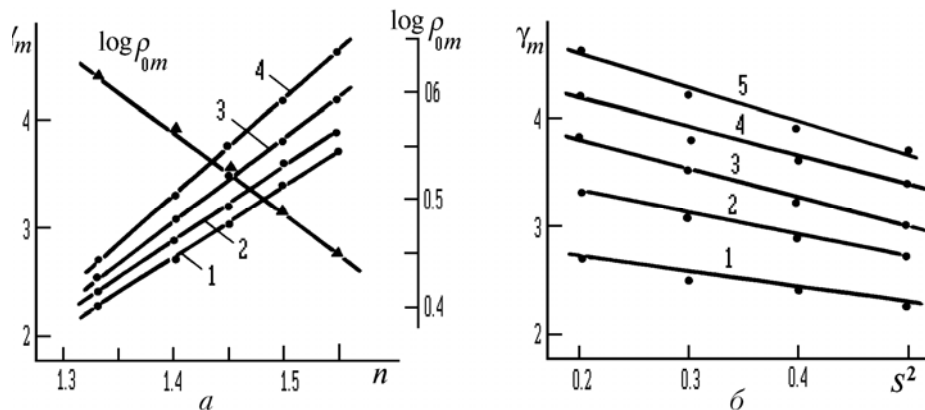


Рис. 2. Влияние микрофизических параметров частиц на положение (а) и величину (а, б) максимума удельного коэффициента рассеяния (точки и треугольники — расчетные данные, прямые линии — аппроксимация): а) значения s^2 : кривая 1—0,2; 2—0,3; 3—0,4; 4—0,5; б) значения n : 1—1,33; 2—1,40; 3—1,45; 4—1,50; 5—1,55

Величина удельного коэффициента рассеяния в максимуме γ_m однозначно изменяется при вариациях n и s^2 , обнаруживая линейную связь с этими параметрами (рис. 2, а, б). Изменение показателя

преломления от 1,55 до 1,33 приводит к уменьшению γ_m от 3,7 до 2,2 ($s^2 = 0,5$), однако с уменьшением полидисперсности аэрозоля s^2 величина γ_m возрастает, достигая наибольших значений для монодисперсных частиц.

Наличие однозначных зависимостей позволило найти линейные аппроксимационные формулы, описывающие со среднеквадратичной погрешностью 2÷3% положение и величину максимума удельного коэффициента рассеяния.

$$\lg \rho_{0m}(n) = 1,64 - 0,76 n; \quad (3)$$

$$\gamma_m(s^2, n) = (n-1)(9,4 - 5,3 s^2). \quad (4)$$

Здесь и далее числовые коэффициенты в регрессионных выражениях найдены методом наименьших квадратов.

Полный анализ расчетных данных показал, что в диапазоне $\rho_{0V} = 1 \div 10$ ($a_0 = 0,02 \div 0,20$ мкм при $s^2 = 0,5$, для $\lambda = 0,55$ мкм), соответствующем характерному интервалу изменения микроструктуры мелкодисперсной фракции атмосферных дымок [3], зависимости $\gamma(\lg \rho_{0V}, s^2, n)$ симметричны относительно максимума (рис. 1) и для их описания может быть предложен логнормальный закон распределения

$$\gamma(\rho_{0V}, s^2, n) = \gamma_m(s^2, n) \exp[-\lg^2(\rho_{0V}/\rho_{0m})/2v^2] \quad (5)$$

при $0,2 \leq s^2 \leq 0,5$; $1,33 \leq n \leq 1,55$.

Оценка дисперсии кривых $\gamma(\rho_{0V})$ показала, что значение среднеквадратического отклонения десятичного логарифма размеров в основном определяется дисперсией функции распределения частиц по размерам s^2 , проявляя слабую зависимость от показателя преломления (рис. 3, а). Эти зависимости близки к линейным и позволяют предложить для описания $v = S_{\lg \rho_{0V}}$ со среднеквадратической погрешностью около 2% следующую формулу:

$$v = 0,28 s^2 - 0,045 n + 0,34. \quad (6)$$

Основная аппроксимационная формула (5), в совокупности с формулами (3), (4), (6), позволяет вычислять аналитически удельный коэффициент рассеяния в диапазоне $\rho_{0V} = 1 \div 10$ для заданных микрофизических параметров частиц ρ_{0V}, s^2, n с погрешностью $\delta_\gamma \approx 2 \div 3\%$ в области $\rho_{0V} = 1,5 \div 4$ и со средней погрешностью $\delta_\gamma \approx 3 \div 6\%$ при $\rho_{0V} < 1,5$ и $\rho_{0V} > 4$. Здесь под погрешностью вычислений понимается относительная погрешность отклонения расчетов по аппроксимационным формулам (3)–(6) от исходных расчетных данных [4].

Анализ изменчивости удельного коэффициента рассеяния для крупнодисперсных распределений $\rho_{0V} = 10 \div 100$ ($a_0 = 0,2 \div 2$ мкм при $s^2 = 0,5$, для $\lambda = 0,55$ мкм), выполненный по расчетным данным [5], показал, что его значения слабо зависят, а начиная с $\rho_{0V} > 20$, практически не зависят от показателя преломления и в основном определяются микроструктурными параметрами ρ_{0V} и s^2 , однозначно изменяясь при их вариациях (рис. 3, б). При этом γ со средней погрешностью 3–5% может быть описана степенной функцией от ρ_{0V} , показатель которой связан линейно с дисперсией функции распределения

$$\gamma(\rho_{0V}, s^2) = 21,1 \rho_{0V}^{0,2s^2 - 1,21}. \quad (7)$$

Используя аналитические выражения для коэффициентов рассеяния в асимптотических приближениях [6], нетрудно показать, что для случая «больших» $\rho \gg 1$ частиц с логнормальным распределением по размерам справедлива формула

$$\gamma_g = 3\pi \rho_{0V}^{-1} \exp(0,5 s^2) = \gamma_{gm}(\rho_0) \exp(0,5 s^2), \quad (8)$$

а для «рэлеевских» распределений частиц $\rho \ll 1$

$$\gamma_r = 4\pi \rho_{0V}^3 \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) \exp(4,5s^2) = \gamma_{rm}(\rho_0) \exp(4,5s^2). \quad (9)$$

Здесь $\gamma_{gm}(\rho_0)$, $\gamma_{rm}(\rho_0)$ — величины удельных коэффициентов рассеяния монодисперсной с размером ρ_0 «большой» и «рэлеевской» частицы соответственно, выражения для которых следуют из формул (8), (9) при $s^2 = 0$.

При $\rho_{0V} \approx 100$ формула (8) согласуется с расчетными данными по формуле (7) с погрешностью около 5% и, следовательно, может использоваться с удовлетворительной точностью в области $\rho_{0V} > 100$ как аналитическое продолжение формулы (7). Область применимости «рэлеевского» при-

ближения (9) соответствует значениям $\rho_{0V} \leq 0,1$, поскольку при минимальном в расчетах [4] значении $\rho_{0V} = 0,36$ погрешность определения γ составляет 5÷15%, возрастая до 100÷250% при $\rho_{0V} \approx 1$. Таким образом, для $\rho_{0V} = 0,1 \pm 1$ формула (5) со стороны верхнего предела, и формула (9) с нижней границы дают значительные погрешности определения γ . Следовательно, в отмеченном диапазоне ρ_{0V} необходима дополнительная аппроксимация на основе соответствующих расчетных данных.

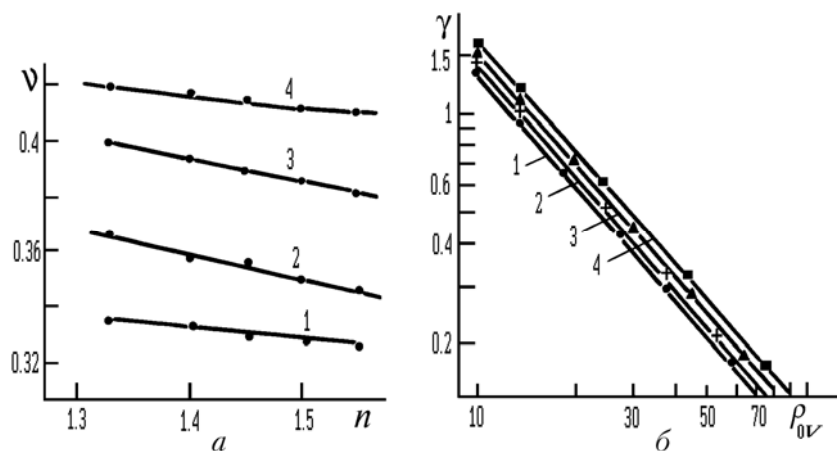


Рис. 3. Зависимость дисперсии кривой $\gamma(\lg \rho_{0V})$ мелкодисперсных частиц (а) и удельного коэффициента рассеяния крупнодисперсных распределений по размерам (б) от микрофизических характеристик аэрозоля: значения s^2 : кривая 1—0,2; 2—0,3; 3—0,4; 4—0,5

Полученная в широком интервале распределений по размерам и показателям преломления частиц аналитическая аппроксимация удельного коэффициента рассеяния (формулы (3)–(9)) позволяет, не обращаясь к точным расчетам на ЭВМ, определять с удовлетворительной точностью значение γ (или коэффициент рассеяния) для одной или суперпозиции двух и большего k -числа фракций (мод) аэрозольных частиц. Вследствие аддитивности величин σ_p и V учет вклада различных фракций в γ обеспечивается выражением (правило «смеси»)

$$\gamma = \sum_{i=1}^k p_i \gamma_i (p_i = V_i/V; V = \sum_{i=1}^k V_i), \quad (10)$$

где γ_i и V_i — удельный коэффициент рассеяния и фактор заполнения i -й фракции частиц соответственно.

Из (10) следует, что если распределение аэрозоля по размерам становится бимодальным за счет добавления к мелкодисперсной фракции (γ_1, V_1) моды крупнодисперсных частиц (γ_2, V_2), то это приводит к уменьшению γ «смеси» относительно γ_1 , так как $\gamma_2 < \gamma_1$ (см. рис. 1), и тем большему, чем значительнее весовое содержание второй фракции.

$$\frac{\Delta \gamma}{\gamma_1} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \left(\frac{\gamma_2}{\gamma_1} - 1 \right). \quad (11)$$

Например, при одинаковом (умеренная запыленность воздуха) весовом вкладе в состав атмосферного аэрозоля мелкодисперсной фракции, описываемой микрофизической моделью [3] ($\gamma_1 \approx 2,5$ из (3)–(6)), и крупнодисперсной пылевой фракции с микроструктурой $a_{0V} = 2,5$ мкм, $s^2 = 0,6$ [7] ($\gamma_2 \approx 0,55$ из (7)) расчет по (10) дает значение $\gamma \approx 1,52$ и, следовательно, для такого бимодального распределения долевой вклад фракции крупных частиц в полный коэффициент рассеяния на длине волны 0,55 мкм составляет 18%.

Выполненная аппроксимация (3)–(7), описывая аналитически вариации γ в широком диапазоне микрофизических параметров частиц, делает удобным исследование условий динамической стабильности $\gamma(\rho_{0V}, s^2, n) \sim \text{const}$, равнозначных наличию устойчивой линейной корреляции коэффициента рассеяния с фактором заполнения (массовой концентрацией).

Если в формуле (5) задать условие постоянства дискретных значений коэффициента $\gamma = \gamma_i$ и фиксировать один из микрофизических параметров частиц, то удастся исследовать взаимную связь двух других параметров, соответствующую неизменности величины γ . Сопоставление полученных зависимостей с известными тенденциями изменчивости состава атмосферного аэрозоля в ходе характерных процессов его трансформации позволяет установить, в какой степени эти процессы способствуют проявлению линейной связи коэффициента рассеяния с массовой концентрацией.

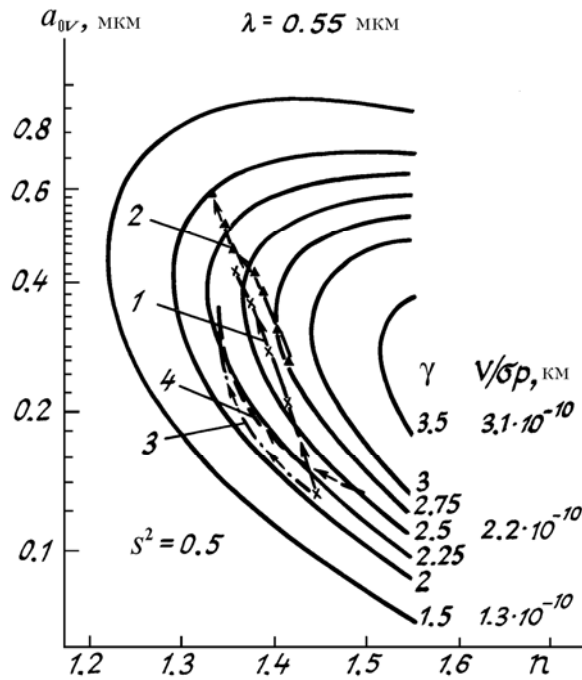


Рис. 4. Сравнение изолиний γ_i при $s^2 = 0,5$ («конденсация») с экспериментальными данными и расчетами по равновесно-растворной модели: кривая 1 — эмпирическая модель атмосферной дымки в области $S_m = 2-50$ км [3]; 2 — единичные измерения в атмосферной дымке при вариациях относительной влажности 75÷98% [8]; равновесно-растворная модель — $a_0 = 0,031$ мкм; $s^2 = 0,5$; $n_c = 1,45$ (3); $n_c = 1,50$ (4)

На рис. 4, 5 рассмотрены случаи, когда в процессе трансформации аэрозоля остается неизменной полидисперсность $s^2 = 0,5$ (характерное значение для мелкодисперсной фракции атмосферной дымки [3]) или показатель преломления $n = 1,5$ (типичное значение для аэрозолей различной природы при невысокой влажности воздуха).

Из рис. 4, на котором сплошными кривыми изображены изолинии дискретных значений γ_i в интервале $\gamma_i = 1,5 \div 3,5$, видно, что при фиксированной величине s^2 условие стабильности γ сводится к требованию взаимосвязанной изменчивости крупнодисперсности a_{0V} и показателя преломления частиц n . В характерной для атмосферных дымок области $a_{0V} \leq 0,4$ мкм изолинии представляют собой однозначные нелинейные зависимости, градиент изменения которых возрастает с увеличением γ_i и характеризуются укрупнением аэрозоля при одновременном уменьшении величины показателя преломления частиц, что, применительно к реальному аэрозолю, является характерным признаком конденсационной изменчивости частиц при их обводнении в поле влажности [1, 7]. Таким образом, изолинии можно рассматривать как своеобразные кривые «конденсационного» роста частиц и априорно сделать вывод о том, что конденсационная трансформация аэрозольных частиц способствует проявлению близкой к линейной связи коэффициента рассеяния с фактором заполнения.

Подобный вывод подтверждается сопоставлением на рис. 4 расчетных зависимостей с данными эмпирической статистической модели [3] для атмосферных дымок в диапазоне значений метеорологической дальности видимости $S_m = 2 \div 50$ км (кривая 1), для которой изменчивость аэрозоля в значительной степени определяется конденсационными процессами, а также с результатами оценки изменения параметров частиц дымки в единичном суточном цикле измерений при вариациях относительной влажности воздуха 75÷98% [8] (кривая 2) и с расчетными данными в приближении модели равновесно-растворной ассимиляции влаги при конденсации (кривые 3, 4). Расчеты $a_{0V}(n)$ для равновесно-растворной модели выполнялись на основе «правила смеси» (формулы типа (10)) при начальных параметрах «сухих» частиц: $a_0 = 0,031$ мкм; $s_2 = 0,5$ и значения $n_c = 1,45$ (кривая 3) и $n_c = 1,50$ (кривая 4). Стрелками на кривых указаны направления увеличения относительной влажности (2)–(4) и уменьшения дальности видимости (1). Из рисунка видно, что данные равновесно-растворной конденсационной модели (кривые 3, 4) хорошо согласуются с изолиниями γ . В свою очередь, экспериментальные кривые 1, 2, иллюстрирующие конденсационную трансформацию атмосферных дымок, также имеют тенденции изменения, аналогичные ходу изолиний γ_i . Вследствие этого, несмотря на значительные вариации микрофизических параметров частиц при конденсации, величина γ изменяется сравнительно слабо, не превышая по отклонению относительно среднего значения 10% для статистической модели (кривая 1) и 20% для единичного цикла измерений (кривая 2). Отмеченное позволяет приблизительно использовать одно фиксированное значение γ для описания линейной связи коэффициента рассеяния с фактором заполнения аэрозоля. Например, эмпирической статистической модели ат-

молекулярной дымки (кривая 1) соответствует значению $\gamma \approx 2,5$. Выполненный анализ показывает, что конденсационный процесс способствует проявлению линейности связи рассматриваемых характеристик и, соответственно, наличие подобной корреляционной связи в реальных условиях [1–3], вероятно, следует объяснять в первую очередь протеканием процессов конденсационного обводнения аэрозольных частиц.

Иной тип зависимостей наблюдается для условий динамической стабильности величины γ при неизменном значении показателя преломления частиц (рис. 5). В этом случае из (5) следует, что условие постоянства $\gamma = \gamma_i$, сводится к требованию слабой изменчивости соответствующего данной изолинии «эффективного» радиуса частиц a_{0V}^i . В связи с этим каждая из изолиний γ_i приближенно описывает взаимосвязь медианного радиуса a_0 и дисперсии распределения s^2 в линейном виде: $\lg a_0 \sim (-s^2)$. Подобная связь микроструктурных параметров, находящая выражение в укрупнении частиц a_0 при одновременном сужении спектра размеров s^2 , в реальных условиях характерна для коагуляционной изменчивости аэрозоля в условиях отсутствия постоянно действующего источника частиц [9].

В связи с этим зависимости на рис. 5 можно условно рассматривать, как изолинии «коагуляционного» типа. На рисунке также приведены экспериментальные данные (кривые 1, 2) изменчивости микроструктурных параметров частиц в процессе «старения» древесного дымового аэрозоля во времени при низкой относительной влажности воздуха, полученные путем измерений поляризационных индикатрис рассеяния в видимой области спектра [10]. Стрелками на кривых 1 и 2, относящихся к мелкодисперсному и крупнодисперсному дымам соответственно, указаны направления трансформации микроструктуры частиц во времени. Сопоставление экспериментальных данных с изолиниями показывает, что дымовые аэрозоли в зависимости от их крупнодисперсности характеризуются широким диапазоном возможных значений γ . При этом динамика изменения микроструктуры частиц дыма во времени имеет тенденции, аналогичные ходу изолиний γ_i , в связи с чем величина удельного коэффициента рассеяния при «старении» дыма изменяется в небольших пределах (10÷20%). Выполненные оценки показывают, что процесс коагуляции аэрозоля при «отключенном» генераторе новых частиц так же, как и конденсационная изменчивость, способствует устойчивости удельного коэффициента рассеяния и, следовательно, проявлению близкой к линейной связи коэффициента рассеяния с массовой концентрацией аэрозоля.

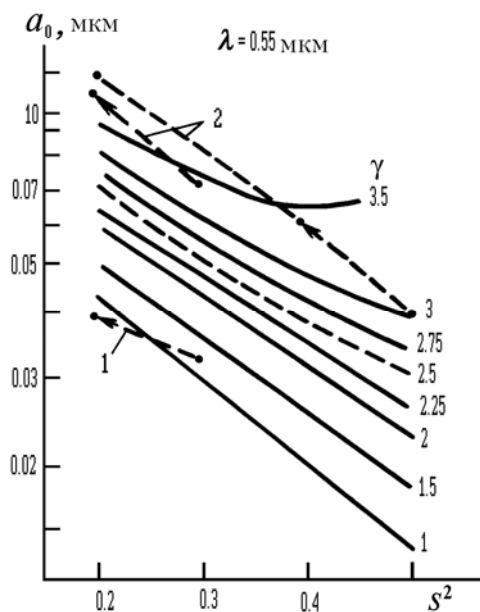


Рис. 5. Сравнение изолиний γ_i при $n = 1,50$ («коагуляция») с экспериментальными данными для мелкодисперсного (кривая 1) и крупнодисперсных (2) древесных дымов в процессе их «старения» во времени при невысокой влажности воздуха [10]

Таким образом, описанные в статье аналитические выражения для удельного коэффициента рассеяния и установленные закономерности его изменчивости от параметров частиц и в ходе процессов конденсации и коагуляции следует учитывать при прогнозировании и интерпретации оптико-микрофизических характеристик аэрозоля, при разработке методик оценки содержания аэрозоля с помощью оптических измерений.

1. Зуев В.Е., Кауль Б.В., Самохвалов И.В., Курков К.И., Цанев В.И. Лазерное зондирование промышленных аэрозолей. Новосибирск: Наука, 1986. 188 с.
2. Уваров Д.В., Жуков Г.П. //Тр. ИЭМ. 1976. Вып. 15 (60). С. 101–117.
3. Горчаков Г.И., Емиленко А.С., Свириденков М.А. //Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1981. Т. 17. № 1. С. 39–49.

4. Козлов В.С., Фадеев В.Я. Таблицы оптических характеристик светорассеяния мелкодисперсного аэрозоля с логнормальным распределением по размерам. Томск. 1981. 66 с. (Препринт/Ин-т оптики атмосферы СО АН СССР, № 30).
5. Яновицкий Э.Г., Думанский З.О. Таблицы по рассеянию света полидисперсной системой сферических частиц. Киев: Наукова думка. 1972. 124 с.
6. Ван де Хюлст Г. Рассеяние света малыми частицами. М.: ИЛ, 1961. 536 с.
7. Креков Г.М., Рахимов Р.Ф. Оптико-локационная модель континентального аэрозоля. Новосибирск: Наука, 1982. 197 с.
8. Горчаков Г.И., Емиленко А.С. //В кн.: II Всес. совещание по атмосферной оптике. (Тезисы докл.). Ч. 1. Томск: ИОА СО АН СССР. 1980. С. 125–127.
9. Токарь Я.И. //V Всесоюзн. симпозиум по распространению лазерного излучения в атмосфере. (Тезисы докл.). Ч. 1. Томск: ИОА СО АН СССР. 1979. С. 248–252.
10. Козлов В.С. Экспериментальные исследования оптико-микрофизических свойств дымовых аэрозолей. Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Томск: ИОА СО АН СССР, 1985. 19 с.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
15 апреля 1992 г.

V. S. Kozlov. Approximation of the Fine Aerosol Mass Density Relation with the Scattering Coefficient and Limits of it's Linearity.

Based on calculational results for nonabsorbing aerosol particles ensemble with lognormal size distribution function the relation of its backscattering coefficient to the aerosol space factor is investigated. An analytical approximation for this relation is proposed. The approximation provides 3–5 per cent accurate estimation and prediction of the optical characteristics of ensembles of aerosol particles composed of a single fraction or several fractions in a wide range of the particle's parameters. It has been revealed in this study that coagulation and filling up of particles with water due to condensation makes the relation of scattering coefficient to the aerosol mass density linear.