

ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ

В.А. Ковалев, Е.Е. Рыбаков, В.М. Игнатенко

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ
ПО ДАННЫМ ОДНОУГЛОВОГО ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Описан алгоритм восстановления по лидарному сигналу профиля показателя ослабления (или коэффициента пропускания) в направлении зондирования. Процедура обработки предполагает выполнимость условия однократности рассеяния и степенной связи между обратным рассеянием и ослаблением. Рассмотрены два разных алгоритма для определения профиля показателя ослабления. Приведены примеры полученных экспериментальных результатов.

При восстановлении профиля показателя ослабления по данным лидарного зондирования обычно используется известное уравнение лазерной локации в приближении однократного рассеяния

$$P(z) = A \cdot r_{\pi}(z) \cdot z^{-2} \cdot \exp\left(-2 \int_0^z \mu(z') dz'\right), \quad (1)$$

где $P(z)$ — сигнал обратного рассеяния с расстояния z от лидара; $r_{\pi}(z)$ — показатель обратного рассеяния; $\mu(z)$ — показатель ослабления; A — постоянная лазерного локатора.

При использовании выражения (1) для определения профиля показателя ослабления на пути зондирующего луча необходимо:

- а) определить или априорно задать вид связи между полным и обратным рассеянием,
- б) определить постоянную A , что можно сделать если известны, например, характеристики зондируемой среды на каком-либо участке зондируемой трассы. Чаще всего такие характеристики определяются (или задаются априори) на границах зондируемой трассы, т. е. постоянная A определяется на основании использования тех или иных граничных условий.

Связь между показателями обратного рассеяния r_{π} и полного рассеяния r обычно записывают в виде

$$r_{\pi} = C \cdot r^K, \quad (2)$$

где C и K — постоянные. Тогда для чисто рассеивающей среды ($r(z) = \mu(z)$) выражение (1) можно переписать в следующем удобном для практического использования виде

$$S(z) = B \cdot [\mu(z)]^K \cdot \exp\left(-2 \int_{z_0}^z \mu(z') dz'\right). \quad (3)$$

Здесь функция $S(z) = P(z) \cdot z^2$, называемая S -функцией, есть скорректированный на квадрат расстояния сигнал обратного рассеяния. Параметр $B = A \cdot C \cdot T_0^2$, в отличие от постоянной A в уравнении (1), будем называть постоянной S -функции, T_0 — коэффициент пропускания атмосферы в ближней зоне лидара $[0, z_0]$.

При таком подходе параметр C соотношения (2) является одним из множителей постоянной S -функции, определяемой в соответствии с выбранными граничными условиями. Тогда, при практическом использовании выражения (3), ключевым моментом оказывается выбор численного значения параметра K . Многочисленные исследования показывают, что в довольно широком диапазоне помутнений — от слабых до сильных дымок, параметр K в среднем близок к 0,7; однако в то же время во многих случаях наблюдаются большие отклонения от этого значения [1–5]. Поэтому при экспериментальных исследованиях, когда исследователи вынуждены задавать параметр K априорно, его обычно для простоты принимают равным единице [6–10].

Что касается выбора граничных условий, то наиболее широкое применение имеют методы обработки сигналов, использующие относительно слабые априорные допущения. К ним относятся, например, получившие в последнее время довольно широкое распространение методы многоугольного зондирования [7, 9–15]. Наличие дополнительной (по сравнению с одноугольными методами) информации позволяет в частности, в определенной степени контролировать выполнимость исходных допущений, что существенно повышает достоверность результатов измерений. К сожалению, эти методы применимы, в основном, при измерениях в относительно стабильной атмосфере. Методы одноугольного

го зондирования более просты в реализации, более оперативны и применимы в самых сложных, быстромеменяющихся оптических ситуациях. Однако необходимость использования той или иной априорной информации для нахождения постоянной S -функции B существенно затрудняет процесс измерения [16–18]. Наиболее просто, как мы говорили выше, эта задача решается в том случае, если во время эксперимента известны (или могут быть заданы или определены) характеристики оптического помутнения атмосферы на каком-либо участке зондируемой трассы.

К сожалению, проведение для этой цели каких-либо параллельных измерений оптических характеристик атмосферы с помощью независимых средств измерений весьма затруднительно. На практике при наклонном лидарном зондировании атмосферы для определения граничных условий приходится либо использовать результаты измерений, выполненных теми же лидарами на вспомогательных трассах (обычно в горизонтальных направлениях [7, 8, 19]), либо просто задавать на основании тех или иных умозрительных соображений значение показателя ослабления на каком-либо участке зондируемой трассы. В последнем случае чаще всего используются те или иные допущения о характере помутнения на трассе (например, допущение о наличии на зондируемой трассе однородно замутненных локальных участков [20], участков с чисто молекулярным рассеянием [21, 22] и т.п.). Внедрение в практику такого способа определения постоянной B вызвало оживленную дискуссию о том, какой участок зондируемой трассы следует выбирать в качестве опорного [23–27]. Анализ показал, что вариант, предложенный Клеттом, когда опорная точка берется на достаточно удаленной части зондируемой трассы или в конце трассы [23], с точки зрения стабильности решения является предпочтительным, во всяком случае в условиях замутненной атмосферы при зондировании достаточно больших оптических толщин.

Идея определения постоянной S -функции при одноугловом зондировании в неоднородной атмосфере, основанная на учете формы принятого сигнала обратного рассеяния, была высказана одним из авторов этой работы еще в 1980 году [20]. Развивая ее, мы пришли к выводу о том, что такой подход следует использовать в более широком плане. Речь идет о том, что при зондировании аэрозольной атмосферы процесс обработки сигналов обратного рассеяния должен начинаться с опознавания существующей оптической ситуации. Такое опознавание может быть осуществлено, например, на основе анализа формы принятого сигнала обратного рассеяния.

В данной статье мы ограничимся рассмотрением методов обработки лидарных сигналов для оптических ситуаций, когда в пределах протяженности зондируемого слоя $[z_0, z_m]$ (z_m — дальность зондирования) диапазон изменения S -функций составляет не менее 12–15 дБ и при этом выполняется соотношение $z_m/z_0 \geq D$. Параметр D зависит от характеристик используемого лидара; так, для лидара «Электроника-06Р» [28] D равно 3. Если судить по литературным данным, то для оптической ситуации, о которой идет речь, применение метода Клетта [20] является наиболее предпочтительным. Однако, по мнению авторов настоящей статьи, при определении постоянной S -функции (B) следует использовать не локальные характеристики помутнения на трассе, а его интегральные характеристики, например, общий коэффициент двукратного пропускания $T_m^2(z_0, z_m)$ на всей зондируемой трассе — от z_0 до z_m . Такой подход при использовании метода асимптотического сигнала [29] позволяет не только обеспечить устойчивость получаемого решения, но и не требует (например, в отличие от метода [30]) абсолютной калибровки лидара, что существенно упрощает процесс измерения. Искомые профили коэффициента пропускания $T(z_0, z)$ и показателя ослабления $\mu(z)$ будут иметь при $z < z_m$ следующий вид:

$$T(z_0, z) = \left[\frac{J_2}{J_m} + \frac{J_1}{J_m} \cdot T_m^{2/K} \right]^{K/2}; \quad (4)$$

$$\mu(z) = \frac{[S(z)]^{1/K}}{\frac{z}{K} \left[\frac{J_m}{1 - T_m^{2/K}} - J_1 \right]}. \quad (5)$$

Здесь $J_1 = \int_{z_0}^z [S(z')]^{1/K} dz'$; $J_2 = \int_z^{z_m} [S(z')]^{1/K} dz'$; $J_m = J_1 + J_2$; $T_m = T_m(z_0, z_m)$.

При $K = 1$ выражения (4) и (5) примут вид

$$T(z_0, z) = \left[\frac{J_2}{J_m} + \frac{J_1}{J_m} \cdot T_m^2 \right]^{1/2}; \quad (6)$$

$$\mu(z) = \frac{S(z)}{2 \left[\frac{J_m}{1 - T_m^2} - J_1 \right]}. \quad (7)$$

Для проведения расчетов по формулам (6) и (7) необходима предварительная оценка параметра T_m^2 . При ухудшенной видимости, когда общая оптическая толщина τ_m зондируемого слоя $[z_0, z_m]$ удовлетворяет условию

$$\tau_m \gtrsim 1,5, \quad (8)$$

оценка T_m^2 может быть выполнена по формуле

$$T_m^2 \approx \frac{S(z_m)}{S(z_0)}. \quad (9)$$

При этом критерием выполнимости (8) в большинстве случаев может служить выполнение условия

$$S(z_m)/S(z_0) \lesssim 0,05. \quad (10)$$

Отметим, что на практике использовались и некоторые дополнительные критерии выполнимости (8). Это позволяло нам опознавать такие специфические ситуации, как, например, приземная дымка, приподнятый туман и т. п.

Соотношения (6)–(10) применимы в том случае, если на всей зондируемой трассе справедливо, условие $K \approx \text{const}$. Однако в случае зондирования двухслойных сред (типа подоблачная дымка – облако) с резко меняющейся на границе раздела этих сред индикатрисой рассеяния, когда наблюдается сильный всплеск сигнала от облака в конце зондируемой трассы, использование соотношений (6)–(10) может приводить к большим систематическим погрешностям измеряемых параметров. Это вынуждает селективировать такие случаи и использовать при обработке сигналов другие алгоритмы. Для описанной выше ситуации был разработан специальный алгоритм, основанный на том, что при обработке вся зондируемая трасса разбивается на две части. Граница раздела двух сред определяется в соответствии с положением всплеска отраженного сигнала, и для каждой части трассы выбираются различные значения коэффициента связи K .

Рассмотрим, как это делается. Выбор параметра K для таких ситуаций основан на результатах работы [1], в которой был проведен анализ большого количества теоретических и экспериментальных работ о связи между полным и обратным рассеянием. Этот анализ показал, что хотя конкретные значения S и K существенно различны для различных условий эксперимента, преобладающей является зависимость этих параметров от диапазона измеряемых значений μ . В результате проведенного анализа авторами [1] была предложена некая усредненная зависимость между показателями полного и обратного рассеяния в диапазоне помутнений от 10^{-2} до $20-30 \text{ км}^{-1}$. При значениях показателя ослабления около $2-3 \text{ км}^{-1}$ полученная зависимость имеет явно выраженный излом; соответственно зависимость r_π от μ может быть представлена в виде

$$r_\pi = \begin{cases} C_1 \cdot \mu^{K_1} & \text{при } \mu < \mu_{\text{гр}}, \\ C_2 \cdot \mu^{K_2} & \text{при } \mu > \mu_{\text{гр}}, \end{cases} \quad (11)$$

где граничное значение $\mu_{\text{гр}}$ находится в диапазоне $2-3 \text{ км}^{-1}$, а значения K_1 и K_2 – в диапазонах $0,6-0,7$ и $1,3-1,5$ соответственно. Поэтому в случае зондирования двухслойных сред типа «дымка – облако» целесообразно использовать на участке трассы, соответствующем дымке, значение $K = K_1$, а в облаке $K = K_2$. Тогда выражение, описывающее связь между $\mu(z)$ и $r_\pi(z)$ на трассе, запишется в виде

$$r_\pi(z) = \begin{cases} C_1 [\mu(z)]^{K_1} & \text{при } z < z_{\text{гр}}, \\ C_2 [\mu(z)]^{K_2} & \text{при } z \geq z_{\text{гр}}, \end{cases} \quad (12)$$

где $z_{\text{гр}}$ – граница раздела двух сред. Ее положение можно определить, анализируя форму отраженного сигнала.

Как было показано еще в [20], постоянную S -функции можно найти, используя выражение вида

$$B = \frac{S(z_i)}{\mu(z_i)} + 2 \int_{z_0}^{z_i} S(z) dz, \quad (13)$$

справедливое при $K = 1$. Здесь z_i определяет расстояние до точки i на трассе, в которой известен или может быть каким-либо образом определен показатель ослабления $\mu(z_i)$.

Выбирая $z_i = z_{\text{гр}}$ и учитывая, что в нашем случае для подоблачного слоя $K = K_1$, выражение (13) можно записать в виде

$$B = \left\{ \frac{[S(z_{\text{гп}})]^{1/K_1}}{\mu(z_{\text{гп}})} + \frac{2}{K_1} \int_{z_0}^{z_{\text{гп}}} [S(z')]^{1/K_1} dz' \right\}^{K_1}. \quad (14)$$

Из (14) следует, что для нахождения B необходимо знать $\mu(z_{\text{гп}})$. В связи с этим воспользуемся профилем сигнала обратного рассеяния, полученным от облака, т. е. с расстояний, больших $z_{\text{гп}}$. Для некоторого произвольно взятого z_j , удовлетворяющего условию $z_{\text{гп}} < z_j < z_{m_2}$ (z_{m_2} — максимальная дальность зондирования в облаке), в соответствии с (5) можно записать

$$\mu(z_j) = \frac{[S(z_j)]^{1/K_2}}{\frac{2}{K_2} \left[\frac{J_{m_2}}{1 - T_{m_2}^{2/K_2}} - \int_{z_b}^{z_j} [S(z')]^{1/K_2} dz' \right]}. \quad (15)$$

При $z_j \rightarrow z_{\text{гп}}$ получим

$$\mu(z_b) = \frac{K_2 [S(z_{\text{гп}})]^{1/K_2} \cdot [1 - T_{m_2}^{2/K_2}]}{2J_{m_2}}, \quad (16)$$

где $J_{m_2} = \int_{z_{\text{гп}}}^{z_{m_2}} [S(z')]^{1/K_2} dz'$, а T_{m_2} есть коэффициент пропускания слоя $[z_{\text{гп}}, z_{m_2}]$

$$T_{m_2} = \exp[-\bar{\mu}_{\text{обл}}(z_{m_2} - z_{\text{гп}})]. \quad (17)$$

При оценке T_{m_2} показатель ослабления в облаке $\bar{\mu}_{\text{обл}}$ может либо задаваться априори, либо оцениваться каким-либо образом, например методом логарифмической производной по крутизне спада сигнала в облаке. Следует отметить, что требования к точности оценки T_{m_2} не являются жесткими, если ставится задача восстановления профиля $\mu(z)$ в подоблачном слое или же в начальной части облачного слоя. В то же время при восстановлении профиля $\mu(z)$ в глубине облачного слоя и особенно при z , близких к z_{m_2} , резко возрастают погрешности измерения, связанные с погрешностями оценки $\bar{\mu}_{\text{обл}}$, с влиянием эффектов многократного рассеяния и т. д., поэтому использовать соотношения (14), (16) при определении оптических характеристик самих облаков нежелательно.

Рассмотренные выше алгоритмы были отработаны и проверены в большом цикле экспериментальных исследований. На первом этапе работы проверялись возможности использования алгоритмов (6)–(10). Эта работа проводилась в конце 1987 г. в п. Воейково и осенью 1988 г. в г. Дубне Московской области при испытаниях лидара «Электроника-03», снабженного цифровой системой регистрации. Испытания сопровождались контрольными измерениями прозрачности с помощью трансмиссометров, работавших на горизонтальных трассах в Воейково и наклонных трассах в Дубне, на башне высотой 30 м (результаты испытаний опубликованы в [31, 32]).

Сопоставление лидарных и контрольных измерений показало, что рассмотренный выше алгоритм обработки при ухудшенной видимости обеспечивает в большинстве случаев хорошее согласие с данными контрольных приборов, в том числе и на наклонных трассах, и перспективен для задач восстановления профилей прозрачности в широком диапазоне исследованных метеоситуаций.

Опробование алгоритмов обработки сигналов обратного рассеяния разбиением зондируемой трассы на две части и с использованием для каждого из участков своего значения параметра K было проведено во время испытаний лидара «Электроника-06Р» в аэропорту г. Ульяновска в апреле 1989 года. Полученные таким образом высотные профили показателя ослабления использовались для расчета высот визуального контакта (ВВК) с ориентирами взлетно-посадочной полосы (методику расчета и определения см. [33–35]). Одновременно определение ВВК производилось визуально с борта снижающегося самолета. Сравнения сопровождались измерениями высоты нижней границы облаков (ВНГО) и метеорологической оптической дальности (МОД) штатным метеооборудованием аэропорта.

На рис. 1 показана типичная форма отраженного сигнала (S -функции) $S(h)$, полученного при зондировании двухслойной среды «дымка—облако». Всплеск сигнала при $h \approx 200$ м получен от облачности типа S_c с высотой НГО 200 м по штатному облакомеру; значение МОД у поверхности Земли 5–7 км. Особенностью сигналов, полученных в таких ситуациях, является малая амплитуда сигнала в ближней зоне, большая от облака, и почти непрерывное увеличение $S(h)$ на всем нижнем участке зондируемой трассы, вплоть до облака. Пунктиром на рис. 1 обозначена высота $h_{\text{гп}}$, соответствующая выбранному значению $z_{\text{гп}}$ ($h_{\text{гп}} = z_{\text{гп}} \cdot \sin \varphi$, φ — угол зондирования).

На рис. 2 показан вертикальный профиль среднего показателя ослабления $\bar{\mu}(h)$, восстановленный по сигналу $S(h)$ при использовании постоянного значения коэффициента K для всей зондируемой трассы (кривая 1), и профиль, полученный с помощью алгоритма для двухслойной атмосферы (кривая 2). Искомое значение ВВК находится как точка пересечения профиля $\bar{\mu}(h)$ с заранее рассчитанной граничной кривой 3, определяющей предельные значения показателя ослабления, при которых теряется видимость наблюдаемых огней при существующих условиях наблюдения [34–35]. Как видно из рисунка, разница в значениях ВВК, полученных по обоим профилям, составляет в данном случае приблизительно 40 м, при этом профиль, представленный кривой 1, дает завышенные значения ВВК.

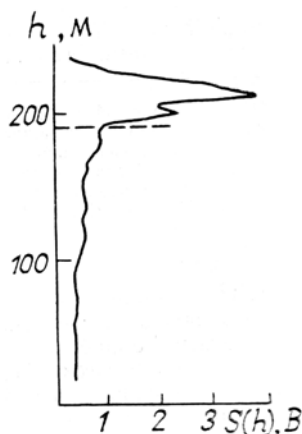


Рис. 1. Форма лидарного сигнала $S(h)$ в облачной атмосфере. 15.04.1989 г., 11 ч 20 мин, угол зондирования — 13.6

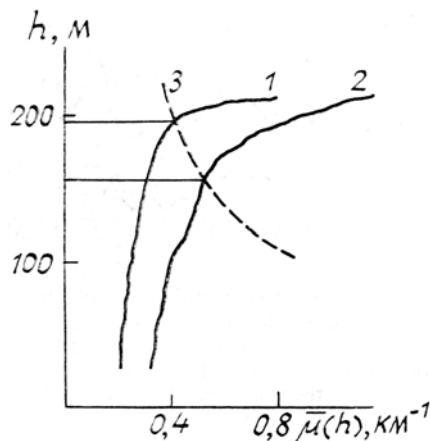


Рис. 2. Вертикальные профили показателя ослабления $\bar{\mu}(h) = \frac{1}{h} \int_0^h \mu(h') dh'$, соответствующие приведенному на рис. 1 сигналу $S(h)$ и различным алгоритмам обработки (3 — граничная кривая для определения ВВК)

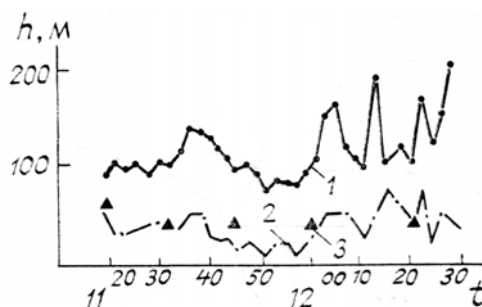


Рис. 3. Временной ход ВВК по данным лидарного зондирования и данные визуальных наблюдений с борта воздушных с/дов при заходе на посадку (15.04.1939 г.) ВНГО — 180 — 220 м

На рис. 3 показан временной ход ВВК по данным лидарного зондирования в условиях облачной атмосферы при использовании для расчетов профилей $\mu(h)$ алгоритмов для однослойной (кривая 1) и двухслойной (кривая 2) атмосферы. Треугольными значками показаны высоты визуального контакта с ориентирами ВПП по данным визуальных наблюдений с борта воздушных судов во время заходов на посадку. Хорошая сопоставимость этих данных с результатами обработки лидарных сигналов с помощью алгоритма для двухслойной атмосферы подтверждает, во-первых, перспективность его использования при наличии сильного всплеска сигнала обратного рассеяния на конце зондируемой трассы от облачного слоя, и, во-вторых, необходимость проведения перед обработкой сигнала предварительного опознавания метеорологической ситуации, при которой данный сигнал получен.

1. Ковалев В. А., Балденков Г. Н., Козинцев В. И. // Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1987. Т. 23. № 6. С. 611–615.
2. Klett J. D. // Appl. Optics. 1985. V. 24. № 11. P. 1638–1643.
3. Mulders J. M. // Appl. Optics. 1984. V. 23. № 17. P. 2855–2856.
4. Hughes H. G., Ferguson J. A., Stephens D. H. // Appl. Optics. 1985. V. 24. № 11. P. 1609–1613.
5. Parameswaran K., Rose K. O., Mirthy B. V. K. // Fift. Intern. Laser Radar Conf. Abs. P. 1. 1990. Tomsk. P. 180–184.
6. Carnuth W., Reiter R. // Appl. Optics. 1986. V. 25. № 17. P. 2899–2907.

7. Kunz G.J. // *Appl. Optics*. 1983. V. 22. № 13. P. 1955–1957.
8. Sasano J. // *Appl. Optics*. 1988. V. 27. № 13. P. 2640–2641.
9. Leeuw G. // *Opt. and Millim. wave propag. and scatter, atm.* 1986. May, 27–30. P. 101–104.
10. Ковалев В.А., Игнатенко В.М. и др. // VII Всесоюз. симпоз. по лазерн. и акустич. зондиров. атмосферы. (Тезисы докл.). Томск: ИОА СО АН СССР, 1984. Ч. 1. С. 61–63.
11. Ляджин В.А., Ташенов Б.Т., Торопова Т.П. // *Оптика атмосферы*. 1980. Т. 3. № 3. С. 312–319.
12. Reagan J.A., Arte M.V. a.o. // *Aerosol science and technol.* 1988. № 8. P. 215–226.
13. Spinhirne J.D., Reagan J.A., Herman B.M. // *Journ. of Appl. Meteorol.* 1980. V. 19. P. 426–438.
14. Gaumet J.L., Petitra A. // *Journ. of Appl. Meteorol.* 1982. V. 21. № 5. P. 683–694.
15. Kolev J., Parvanov O. a.o. // *Fifteenth Laser Radar Conf. Abs.* P. 1. 1990. Tomsk. P. 244–249.
16. Зуев В.Е., Кавкьянов С.И., Креков Г.М. // *Изв. АН СССР. Сер. ФАО.* 1983. Т. 19. № 3. С. 255–266.
17. Кавкьянов С.И., Креков Г.М. // *Исследование атмосферного аэрозоля методами лазерного зондирования*. Новосибирск: Наука, 1976. С. 3–39.
18. Креков Г.М., Кавкьянов С.И., Крекова М.М. // *Интерпретация сигналов оптического зондирования атмосферы*. Новосибирск: Наука, 1987. 172 с.
19. Креков Г.М., Самохвалов И.В. // III Всес. симп. по лазерн. зондир. атм. Томск: ИОА СО АН СССР, 1974. С. 45–47.
20. Ковалев В.А., Кузьмин А.Г. // *Труды ГГО.* 1980. Вып. 419. С. 100–101.
21. Elouragini S., Menenger L. a.o. // *Fifteenth Intern. Laser Radar Conf. Abs.* P. 1. 1990. Tomsk. P. 359–362.
22. Singh U. N., Notari A. a.o. // *Fifteenth Intern. Laser Radar Conf. Abs.* P. 1. 1990. Tomsk. P. 318–319.
23. Klett J.D. // *Appl. Optics*. 1981. V. 20. № 2. P. 211–220.
24. Bissonnette L.R. // *Appl. Optics*. 1986. V. 25. № 13. P. 2122–2125.
25. Fedguson J.A., Stephens D.H. // *Appl. Optics*. 1983. V. 22. № 23. P. 3673–3675.
26. Knauss D.C. // *Appl. Optics*. 1982. V. 21. № 23. P. 4194.
27. Pal S.R., Cunningham A.G., Carswell A.J. // *Fifteenth Intern. Laser Radar Conf. Abs.* P. 1. 1990. Tomsk. P. 152–153.
28. Baldenkov G.N., Mozharov E.E. a.o. // *Fifteenth Intern. Laser Radar Conf. Abs.* P. 1. Tomsk, 1990. P. 380–381.
29. Ковалев В.А. // *Труды ГГО.* 1973. Вып. 312. С. 128–133.
30. Browell E.V., Ismail S., Shipley S.T. // *Appl. Optics*. 1985. V. 24. № 17. P. 2827–2836.
31. Можаров Е.Э., Балденков Г.Н. и др. // *Тр. X Всесоюзн. симпоз. по лазерн. и акустич. зондиров. атмосферы. Тезисы докл. Ч. 1.* Томск, 1989. С. 58–62.
32. Kovalev V.A., Rybakov E.E., Mozharov E.E. // *Fifteenth Intern. Laser Radar Conf. Abs.* P. 1. Tomsk, 1990. P. 282–283.
33. Рацимор М.Я. // *Наклонная видимость*. Л.: Гидрометеониздат, 1987. 136 с.
34. Ковалев В.А. // *Видимость в атмосфере и ее определение*. Л.: Гидрометеониздат, 1988. 216 с.
35. Рыбаков Е.Е. // *Труды ГГО.* 1988. Вып. 519. С. 144–150.

Главная геофизическая обсерватория
им. А.И. Воейкова

Поступила в редакцию
4 февраля 1991 г.

V.A. Kovalyov, E.E. Rybakov, V.M. Ignatenko. **Determination of the Extinction Coefficient Profile using the Data of the One Angle Lidar Measurement.**

The paper concerns with the algorithms for the retrieval of the range-dependent extinction (or transmission) coefficient from lidar returns. Inversion procedure assumes the validity of the single-scattering lidar equation and a power law relationship between backscatter and attenuation. Two different algorithms for determination of the extinction coefficient profile are discussed. Examples of experimental data are given.