

Н.Н. Щелканов, М.В. Панченко

Модельные оценки эффективных высот аэрозольной атмосферы в области спектра 1,07–12 мкм*Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск*

Поступила в редакцию 2.10.2003 г.

На основе экспериментальных данных по прозрачности атмосферы на горизонтальных и наклонных трассах в области спектра 0,44–1,06 мкм получены модельные оценки эффективных высот атмосферы для коэффициентов аэрозольного ослабления и их компонент в области 1,07–12 мкм. Показано, что среднее значение эффективной высоты атмосферы для коэффициента аэрозольного ослабления в области спектра 0,44–12 мкм уменьшается с 1 км в видимой области спектра до 0,2–0,3 км в области спектра 8–12 мкм.

В [1] предложена замкнутая оптическая схема безоблачной атмосферы. Она предполагает, что спектральный коэффициент общего аэрозольного ослабления экспоненциально убывает с увеличением высоты:

$$\alpha(H, \lambda) = \alpha(0, \lambda) \exp[-H/H_0(\lambda)], \quad (1)$$

где $\alpha(0, \lambda)$ – коэффициент аэрозольного ослабления в приземном слое атмосферы на длине волны λ ; $H_0(\lambda)$ – эффективная высота атмосферы (или высота однородной атмосферы) для коэффициента аэрозольного ослабления. Аэрозольная оптическая толща всей атмосферы

$$\tau(\lambda) = \int_0^{\infty} \alpha(H, \lambda) dH = \alpha(0, \lambda) H_0(\lambda).$$

Представим коэффициент аэрозольного ослабления и аэрозольную оптическую толщину атмосферы в виде сумм субмикронной и грубодисперсной компонент ослабления:

$$\alpha(0, \lambda) = \alpha_{\text{см}}(0, \lambda) + \alpha_{\text{гд}}(0, \lambda)$$

и

$$\tau(\lambda) = \tau_{\text{см}}(\lambda) + \tau_{\text{гд}}(\lambda),$$

где $\alpha_{\text{см}}(0, \lambda)$, $\alpha_{\text{гд}}(0, \lambda)$ – коэффициенты аэрозольного ослабления субмикронной и грубодисперсной фракций частиц в приземном слое атмосферы; $\tau_{\text{см}}(\lambda)$, $\tau_{\text{гд}}(\lambda)$ – аэрозольные оптические толщи атмосферы субмикронной и грубодисперсной фракций частиц. Далее определим эффективные высоты атмосферы для коэффициентов аэрозольного ослабления субмикронной и грубодисперсной фракций частиц в виде

$$H_{\text{см}}(\lambda) = \tau_{\text{см}}(\lambda) / \alpha_{\text{см}}(0, \lambda)$$

и

$$H_{\text{гд}}(\lambda) = \tau_{\text{гд}}(\lambda) / \alpha_{\text{гд}}(0, \lambda).$$

В формуле (1) различные оптические состояния реальной атмосферы характеризуются двумя параметрами – $\alpha(0, \lambda)$ и $H_0(\lambda)$. Коэффициенты аэрозольного ослабления в приземном слое атмосферы исследованы в широкой области спектра 0,4–12 мкм для многих географических регионов: центральной и северозападной частей Европейской территории России [2–4], прибрежной зоны Черного моря [5], аридной зоны Казахстана [6] и Западной Сибири [7, 8]. Данные по оценке эффективных высот атмосферы для коэффициентов аэрозольного ослабления имеются только в видимой и ближней инфракрасной областях спектра 0,4–1,06 мкм [9–13]. Еще в [1] указано, что среднее значение эффективной высоты атмосферы для коэффициента аэрозольного ослабления в области спектра 0,55 мкм составляет примерно 1 км. В [12] показано, что в области спектра 0,4–0,85 мкм эффективная высота атмосферы для коэффициента рассеяния уменьшается с ростом длины волны. На этом основании в [12] сделан вывод, что «высота однородной атмосферы для грубодисперсного аэрозоля заметно меньше высоты однородной атмосферы для субмикронной фракции аэрозоля». В [13] приведены эффективные высоты для коэффициентов аэрозольного ослабления и их компонент в области спектра 0,44–1,06 мкм. Однако в более длинноволновой области спектра такие результаты отсутствуют. В данной статье представлены модельные оценки эффективных высот атмосферы для коэффициента аэрозольного ослабления и их компонент в области спектра 1,07–12 мкм, для которой отсутствуют экспериментальные результаты.

В качестве основы для выполнения таких расчетов использованы экспериментальные данные по прозрачности атмосферы на горизонтальных и наклонных трассах в области спектра 0,44–1,06 мкм, опубликованные в [13]. Для расчета эффективных высот атмосферы для коэффициентов аэрозольного ослабления и их компонент в области спектра 0,44–12 мкм проведено разделение аэрозольного

ослабления на горизонтальной и наклонной трассах на субмикронную и грубодисперсную компоненты с использованием двухпараметрической модели [14]. Входными параметрами модели являлись коэффициенты аэрозольного ослабления в приземном слое и аэрозольные оптические толщ атмосферы на длинах волн 0,48 и 0,69 мкм.

На рис. 1 и 2 приведены спектральные ходы коэффициентов аэрозольного ослабления на горизонтальной трассе и аэрозольных оптических толщ на наклонной трассе в области спектра 0,44–12 мкм, полученные с использованием двухпараметрической модели [14]. Здесь же, для сравнения, приведены экспериментальные данные [13] для области спектра 0,44–1,06 мкм.

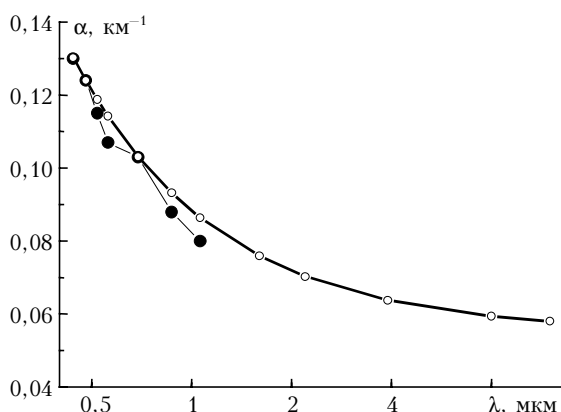


Рис. 1. Спектральные ходы средних значений модельных (светлые кружки) и экспериментальных [13] (темные кружки) коэффициентов аэрозольного ослабления в приземном слое атмосферы

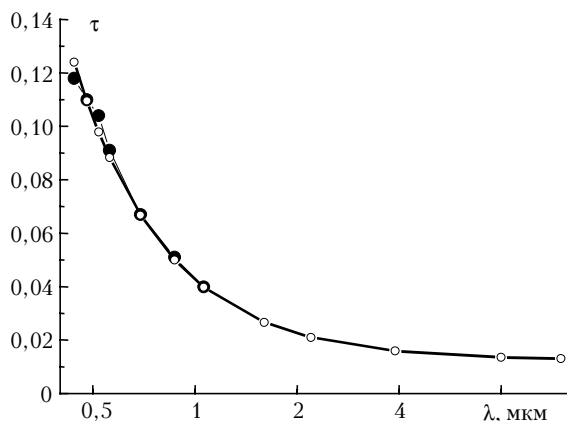


Рис. 2. Спектральные ходы средних значений модельных (светлые кружки) и экспериментальных [13] (темные кружки) аэрозольных оптических толщ атмосферы

На рис. 3 показан спектральный ход эффективной высоты атмосферы для коэффициента аэрозольного ослабления в области спектра 0,44–12 мкм, полученный с использованием модели [14]. Здесь же, для сравнения, приведены значения эффективной высоты атмосферы для области спектра 0,44–1,06 мкм по данным [13]. Видно, что в этой области спектра наблюдается удовлетворительное

согласие с данными [13]. В области спектра 1,07–12 мкм эффективная высота атмосферы заметно уменьшается и в области «окна прозрачности» атмосферы 8–12 мкм составляет 0,2–0,3 км.

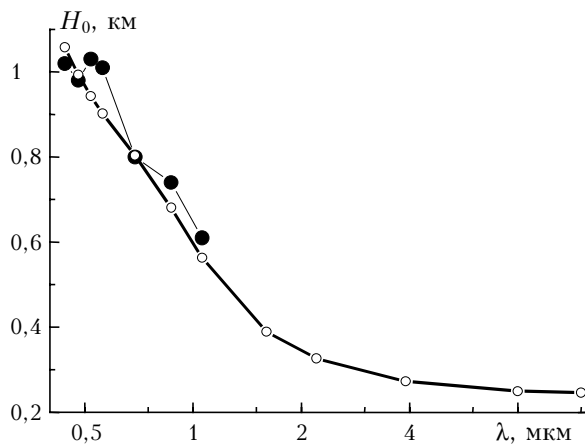


Рис. 3. Спектральные ходы средних значений модельных (светлые кружки) и экспериментальных [13] (темные кружки) эффективных высот атмосферы для коэффициентов аэрозольного ослабления

На рис. 4 представлен модельный спектральный ход эффективной высоты атмосферы для грубодисперсной и субмикронной компонент ослабления. Модельное значение эффективной высоты в области спектра 0,44–12 мкм для грубодисперсной компоненты ослабления составляет ~0,3 км, для субмикронной компоненты оно уменьшается примерно с 1,7 до ~0,2 км. Для сравнения приведены эффективные высоты атмосферы для компонент ослабления в области спектра 0,44–1,06 мкм по данным [13], где в качестве грубодисперсной компоненты использовалась аэрозольное ослабление в области 1,06 мкм.

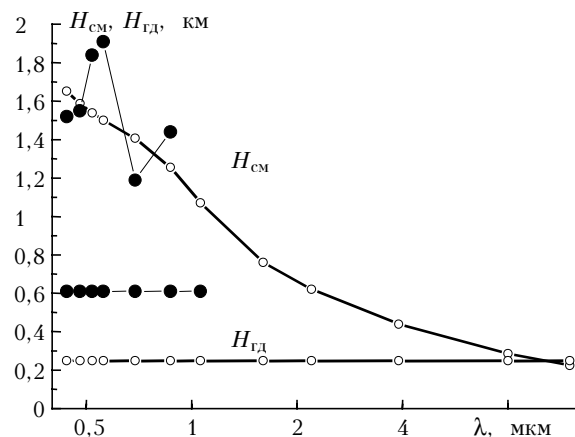


Рис. 4. Спектральные ходы средних значений модельных (светлые кружки) и экспериментальных [13] (темные кружки) эффективных высот атмосферы для грубодисперсной и субмикронной компонент ослабления

Таким образом, в области спектра 0,44–12 мкм среднее модельное значение эффективной высоты для коэффициента аэрозольного ослабления умень-

шается с ростом длины волны от 1 до ~0,2 км, для грубодисперсной компоненты ослабления оно составляет ~0,3 км, для субмикронной компоненты уменьшается от 1,7 до ~0,2 км.

1. Шифрин К.С., Минин И.Н. К теории негоризонтальной видимости // Тр. ГГО. 1957. Вып. 68. С. 5–75.
2. Филиппов В.Л., Макаров А.С., Иванов В.П. Статистические характеристики ослабления видимой и ИК-радиации в приземном слое атмосферы // Изв. АН СССР. Физ. атмосфер. и океана. 1979. Т. 15. № 3. С. 257–265.
3. Парамонова Н.Н., Броунштейн А.М., Казакова К.В., Немец О.А. Статистические характеристики ослабления ИК-излучения приземным слоем атмосферы // Тр. ГГО. 1984. Вып. 472. С. 88–99.
4. Парамонова Н.Н., Броунштейн А.М., Привалов В.И. О связи аэрозольного ослабления в видимой и ИК-областях спектра // Тр. ГГО. 1985. Вып. 496. С. 84–93.
5. Кабанов М.В., Панченко М.В., Пхалагов Ю.А., Веретенников В.В., Ужegov В.Н., Фадеев В.Я. Оптические свойства прибрежных атмосферных дымок. Новосибирск: Наука, 1988. 201 с.
6. Пхалагов Ю.А., Ужegov В.Н., Щелканов Н.Н. Аэрозольное ослабление оптического излучения в атмосфере аридной зоны // Оптика атмосфер. и океана. 1994 Т. 7. № 10. С. 1318–1329.
7. Пхалагов Ю.А., Ужegov В.Н., Щелканов Н.Н. Аэрозольное ослабление оптического излучения в летних дымках Западной Сибири // Оптика атмосфер. и океана. 1996. Т. 9. № 6. С. 720–726.
8. Ужegov В.Н., Пхалагов Ю.А., Щелканов Н.Н. Исследование аэрозольного ослабления оптического излучения в зимних условиях // Оптика атмосфер. и океана. 1994. Т. 7. № 8. С. 1067–1076.
9. Бартенева О.Д., Никитинская Н.И., Сакунов Г.Г., Веселова Л.К. Прозрачность толщи атмосферы в видимой и ближней ИК-области спектра. Л.: Гидрометеониздат, 1991. 224 с.
10. Бусыгин В.П., Дмитриева Л.Р., Евстратов Н.А. О статистической связи между оптической толщиной атмосферы и метеорологической дальностью видимости // Тр. ГГО. 1981. Вып. 448. С. 64–69.
11. Kaufman Y.J., Fraser R.S. Light extinction by aerosols during summer air pollution // J. Clim. and Appl. Meteorol. 1983. V. 22. № 10. P. 1694–1706.
12. Лукшин В.В., Горчаков Г.И., Смирнов А.С. Спектральная прозрачность атмосферы // Результаты комплексного аэрозольного эксперимента ОДАЭКС-87: Сб. статей. Томск: Изд-е ТНЦ СО АН СССР, 1989. С. 70–76.
13. Сакерин С.М., Кабанов Д.М., Пхалагов Ю.А., Ужegov В.Н. Исследование одновременных вариаций аэрозольного ослабления радиации на горизонтальных и наклонных трассах // Оптика атмосфер. и океана. 2002. Т. 15. № 4. С. 321–327.
14. Щелканов Н.Н. Двухпараметрическая модель аэрозольного ослабления для горизонтальных и наклонных трасс в области спектра 0,4–12 мкм // Аэрозоли Сибири. VIII Рабочая группа: Тезисы докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2001. С. 6.

N.N. Shchelkanov, M.V. Panchenko. Model estimates of effective heights of the aerosol atmosphere in the spectral region of 1.07–12 μm.

Experimental data on atmospheric transmittance at horizontal and slant paths in the spectral region of 0.44–1.06 μm are used to obtain the model estimates of the effective atmospheric heights for the aerosol extinction coefficients and their components in the spectral region of 1.07–12 μm. The mean value of the effective atmospheric height for the aerosol extinction coefficient is shown to decrease from 1 km in the visible spectrum to 0.2–0.3 km in the spectral region of 8–12 μm.