

УДК 551.521.3

Оценки вклада гнуса в ослабление оптического излучения для фоновых условий лета Западной Сибири

Н.Н. Щелканов, В.Н. Ужегов*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 28.03.2017 г.

Получены первые оценки вклада гнуса в ослабление оптического излучения для фоновых условий лета Западной Сибири. Коэффициент ослабления излучения гнусом, рассчитанный на основе экспериментальных данных, на длине волны 1,06 мкм изменялся от 0 до 0,14 км⁻¹. Оценка среднего значения коэффициента ослабления излучения гнусом в видимой и инфракрасной областях спектра составила ~0,07 км⁻¹. Показано, что относительный вклад гнуса в коэффициент ослабления оптического излучения в области спектра 0,5–16 мкм является существенным и в среднем варьируется от 26 до 63%.

Ключевые слова: атмосфера, коэффициент ослабления, гнус, лето, Западная Сибирь; *atmosphere, extinction coefficient, midges, summer, Western Siberia.*

Введение

Ослабление оптического излучения в «окнах прозрачности» атмосферы определяется субмикронным и грубодисперсным аэрозолем [1]. Однако в приземном слое атмосферы в теплые периоды года излучение может дополнительно ослабляться за счет летающих насекомых, или гнуса, представляющего собой совокупность живых организмов размерами несколько миллиметров, включая комара, мошку, мокреца, москита, слепня и муху-жигалку. Работы по изучению гнуса в основном направлены на уменьшение его негативного воздействия на людей и животных. Исследуются вопросы биологии и экологии гнуса [2–6], классификации его представителей [7], роения [8], сезонного и суточного хода [9–11]. В монографиях [12–15] обобщены результаты многолетних исследований по всем вышеобозначенным проблемам. В настоящее время отсутствуют работы по изучению влияния гнуса на распространение оптических сигналов в атмосфере. Однако очень важно получить данные по изменчивости коэффициента ослабления излучения гнусом в приземном слое атмосферы, где работают различные оптические приборы в видимой и инфракрасной областях спектра.

Целью нашего исследования является получение оценок вклада гнуса в ослабление оптического излучения для фоновых условий лета Западной Сибири. Следует заметить: в виду того, что размер насекомых много больше длин волн излучения, на которых проводилось исследование, коэффициент ослабления за счет гнуса будет иметь нейтральный спектральный ход.

* Николай Николаевич Щелканов (snn@iao.ru); Виктор Николаевич Ужегов (uzhegov@iao.ru).

Условия эксперимента

Коэффициенты ослабления оптического излучения определялись двумя измерителями спектральной прозрачности атмосферы, установленными в Академгородке г. Томска [16] и в фоновом районе около п. Киреевск Томской обл., на территории обсерватории «Фоновая» ИОА СО РАН [17], которая находится на расстоянии 60 км от Академгородка, в азимутальном направлении 264°. Измерения выполнялись с 24 июля по 13 августа 2014 г. в начале каждого часа в течение 30 мин. Сравнение коэффициентов ослабления в Киреевске и Томске проводилось на длинах волн 0,55; 0,69; 0,87 и 1,06 мкм. Длины горизонтальных трасс с отражением составляли 950 м (Томск) и 1200 м (Киреевск), они проходили на высотах 15–30 и 2–4 м над подстилающими поверхностями соответственно. Согласно [15] гнус обычно поднимается до высот 4–10 м и практически не достигает верхушек деревьев, высота которых в районе томской измерительной трассы составляла 15–20 м. Поэтому высоты 15–30 м для Томска и 2–4 м для Киреевска оказались оптимальными для проводимого исследования. Измерительная трасса на территории обсерватории «Фоновая» проходила над травяным полем на расстоянии 50–80 м от правого берега р. Обь. Значения коэффициентов ослабления определялись с использованием методов [18–21]; при этом коэффициенты рэлеевского рассеяния вычитались согласно [1]. Для того чтобы исключить влияние местных климатических факторов на результаты исследования, из рассмотрения исключались данные, полученные при дальности видимости менее 8 км и в дождевых условиях. Отбренный по таким критериям массив экспериментальных данных составил 137 спектров.

Оценка коэффициента ослабления излучения гнусом из экспериментальных данных

Коэффициент ослабления излучения гнусом определялся на основе экспериментальных данных как разность между коэффициентами ослабления на длине волны 1,06 мкм, где вклад субмикронной фракции является минимальным для исследуемой области спектра 0,55–1,06 мкм, в фоновых и городских условиях. На рис. 1 приведено сравнение измеренных коэффициентов ослабления (β) на длине волны 1,06 мкм в городских (г. Томск) и фоновых (п. Киреевск) условиях. Штриховые прямые с коэффициентом наклона, равным единице, показывают диапазоны изменчивости коэффициентов ослабления в фоновых условиях.

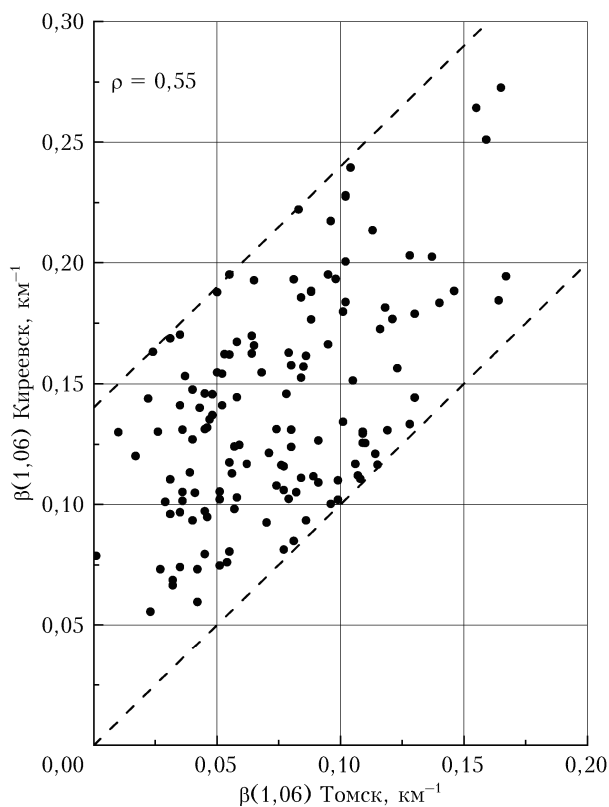


Рис. 1. Сравнение коэффициентов ослабления на длине волны 1,06 мкм в Томске и Киреевске

Из рис. 1 следует, что для используемого массива данных коэффициенты ослабления на длине волны 1,06 мкм в Киреевске всегда были больше, чем в Томске; разность между ними изменялась от 0 до 0,14 км⁻¹. Коэффициент корреляции между коэффициентами ослабления $\rho = 0,55$ при его критическом значении 0,16 на уровне значимости 95%. Средние значения коэффициентов ослабления (и их среднеквадратические отклонения (СКО)) на длине волны 1,06 мкм для Киреевска и Томска оказались равны 0,140 (0,044) и 0,075 (0,036) км⁻¹. Разность между коэффициентами ослабления в фоновых и городских условиях составила 0,065 км⁻¹, а ее СКО 0,038 км⁻¹.

Причиной существенно более высоких коэффициентов ослабления в фоновых условиях по сравнению с городскими является большое количество гнуса на измерительной трассе в теплый период года.

Влияние субмикронной фракции на оценку коэффициента ослабления излучения гнусом

При получении оценки коэффициента ослабления гнуса на длине волны 1,06 мкм предполагалось, что в пределах одной и той же воздушной массы [22] коэффициенты ослабления субмикронной и грубодисперсной фракций аэрозольных частиц для Томска и Киреевска равны между собой. Однако это условие может не выполняться [23], поэтому разные концентрации частиц в городских и фоновых условиях могут приводить как к завышенным, так и к заниженным оценкам коэффициента ослабления гнуса.

Согласно данным 2011 г. [24], средние концентрации аэрозоля в приземном слое атмосферы в г. Томске в среднем превышают их значения на обсерватории «Фоновая». Для проверки этого результата проведено сравнение разностей между измеренными коэффициентами ослабления на длинах волн 0,55 и 1,06 мкм, которые пропорциональны концентрациям субмикронного аэрозоля [25, 26] в городских и фоновых условиях. Средние значения разности между коэффициентами ослабления на этих длинах волн (и их СКО) для Томска и Киреевска составили 0,114 (0,048) и 0,103 (0,044) км⁻¹. Из представленных данных следует, что эта разность для Томска больше, чем для Киреевска, на 0,011 км⁻¹. Это говорит о повышенной концентрации субмикронной фракции аэрозольных частиц в городских условиях, что качественно согласуется с данными [24]. Отсюда следует, что наша оценка коэффициента ослабления излучения гнусом на длине волны 1,06 мкм является заниженной. Поэтому представляется интересным оценить коэффициент ослабления излучения гнусом, исключив влияние субмикронной фракции аэрозольных частиц. Для этого можно использовать аппроксимации спектральных зависимостей коэффициентов ослабления в область спектра, где ослабление определяется в основном грубодисперсным аэрозолем и гнусом.

Оценка коэффициента ослабления излучения гнусом на основе аппроксимаций

Аппроксимации спектральной зависимости коэффициентов ослабления для области спектра 0,5–16 мкм выполнялись на основе экспериментальных данных в интервале 0,55–1,06 мкм по формуле [27]:

$$\beta(\lambda) = \beta_0 + \beta_{sm}(1)\lambda^{-n}, \quad (1)$$

где первый член β_0 в общем случае представляет собой сумму коэффициентов ослабления грубодисперсной фракции аэрозольных частиц и гнуса, а второй

член описывает спектральный ход коэффициента ослабления субмикронной фракции частиц по формуле Ангстрема (λ – длина волны, $\beta_{sm}(1)$ – коэффициент ослабления субмикронной фракцией аэрозольных частиц на длине волны 1 мкм, n – показатель Ангстрема).

В таблице приведены значения параметров подгонки формулы (1), полученные методом наименьших квадратов [28], и их среднеквадратические погрешности (СКП).

Параметры подгонки и их среднеквадратические погрешности для Киреевска и Томска

Пункт измерений	Параметры формулы (1)		
	β_0 (СКП), км ⁻¹	$\beta_{sm}(1)$ (СКП), км ⁻¹	n (СКП)
п. Киреевск	0,113 (0,016)	0,029 (0,015)	-2,5 (0,6)
г. Томск	0,042 (0,027)	0,036 (0,024)	-2,4 (0,9)

На рис. 2 представлены спектральные зависимости коэффициентов ослабления в фоновых и городских условиях, где по оси абсцисс используется логарифмическая шкала по основанию 2. Звездочками и кружками показаны усредненные по массиву экспериментальные данные для Киреевска и Томска в области спектра 0,55–1,06 мкм соответственно, а сплошными линиями – их аппроксимации по формуле (1), штриховыми прямыми – значения свободного члена β_0 для Киреевска и Томска.

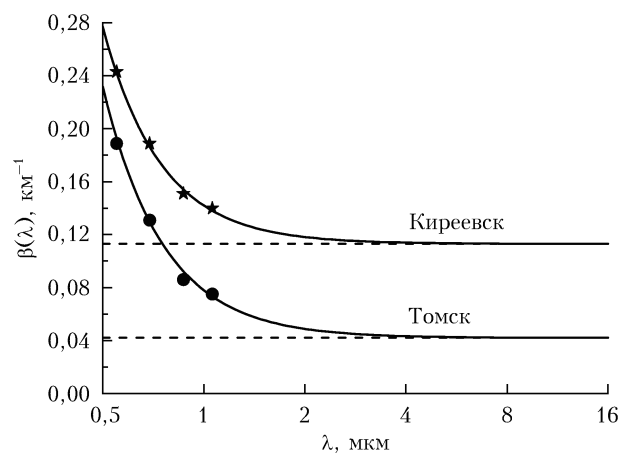


Рис. 2. Спектральные зависимости коэффициентов ослабления для Киреевска и Томска

Для того чтобы показать, как субмикронная фракция влияет на оценку коэффициента ослабления излучения гнусом, на рис. 3 представлены разности между средними значениями коэффициентов ослабления в фоновых и городских условиях. Звездочками показаны разности между экспериментальными данными в области спектра 0,55–1,06 мкм; сплошной кривой – разность между их аппроксимациями для области спектра 0,5–16 мкм; штриховой прямой – разность между значениями свободного члена β_0 для Киреевска и Томска.

Из рис. 3 видно, что оценки коэффициента ослабления излучения гнусом, которые представляют собой разности между значениями коэффициентов

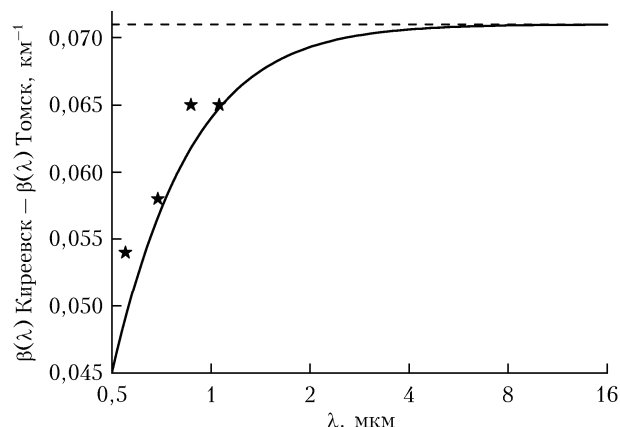


Рис. 3. Разности между средними значениями коэффициентов ослабления в Киреевске и Томске

ослабления для Киреевска и Томска, увеличиваются с ростом длины волны. Это связано с уменьшением вклада субмикронной фракции частиц в ослабление оптического излучения в длинноволновой области спектра. В области спектра более 4 мкм влияние субмикронной фракции на оценку коэффициента ослабления гнуса становится незначительным (менее 0,001 км⁻¹).

Разность между значениями свободного члена β_0 в формуле (1) для Киреевска и Томска представляет собой оценку коэффициента ослабления излучения гнусом, полученную с исключением влияния их субмикронных фракций. Таким образом, оценка коэффициента ослабления излучения гнусом, полученная на основе аппроксимаций спектральных ходов коэффициентов ослабления для Киреевска и Томска, составила 0,071 км⁻¹, а его среднеквадратическая погрешность, согласно [28], оказалась равна $\sqrt{0,016^2 + 0,027^2} = 0,031$ км⁻¹.

На рис. 4 приведен относительный вклад гнуса в коэффициент ослабления оптического излучения в фоновых условиях лета Западной Сибири. Звездочки показывают отношение коэффициента ослабления излучения гнусом (равного 0,071 км⁻¹) к измеренным значениям коэффициентов ослабления

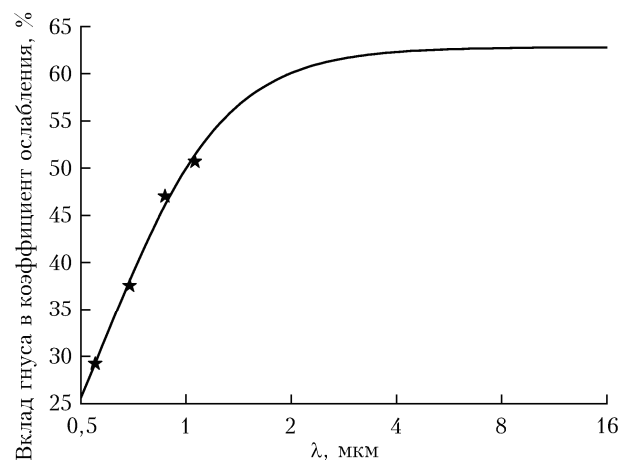


Рис. 4. Вклад гнуса в коэффициент ослабления оптического излучения в фоновых условиях лета Западной Сибири

для Киреевска; сплошная кривая — отношение коэффициента ослабления излучения гнусом к значениям коэффициентов ослабления, полученным на основе их аппроксимации для Киреевска.

Из рис. 4 видно, что вклад гнуса в коэффициент ослабления оптического излучения в области спектра 0,5–16 мкм является существенным; он увеличивается с ростом длины волны и составляет 26–63%.

Заключение

Экспериментальные оценки значений коэффициента ослабления излучения гнусом на длине волны 1,06 мкм с 24 июля по 13 августа 2014 г. изменялись от 0 до 0,14 км⁻¹, а его среднее значение составило 0,065 км⁻¹. Среднее значение коэффициента ослабления гнусом, полученное на основе аппроксимации спектральных ходов коэффициентов ослабления для Киреевска и Томска, в области спектра 0,5–16 мкм равно 0,071 км⁻¹, а его среднеквадратическая погрешность 0,031 км⁻¹. Вклад гнуса в коэффициент ослабления оптического излучения, представляющий собой сумму вкладов аэрозоля и гнуса, является существенным и изменяется от 26% на длине волны 0,5 мкм до 63% в области спектра более 4 мкм. Это указывает на необходимость учета гнуса в моделях ослабления оптического излучения для приземного слоя атмосферы в фоновых условиях Западной Сибири.

1. Зуев В.Е., Кабанов М.В. Современные проблемы атмосферной оптики. Т. 4. Оптика атмосферного аэрозоля. Л.: Гидрометеониздат, 1987. 255 с.
2. Внуковский В.В. Материалы по фауне и биологии комаров (*Culicidae*) Томского округа // Сиб. мед. ж. 1926. № 2. С. 17–26.
3. Плетнев Е.Н. Биология и экология комаров (*Culicidae*) Томского края // Архив натуралистов. 1926. № 12. С. 1–27.
4. Штакельберг А.А. Кровососущие комары Палеарктики. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. 258 с.
5. Мончадский А.С. Летящие кровососущие двукрылые — гнус. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 66 с.
6. Мирзаева А.Г., Смирнова Ю.А., Юрченко Ю.А., Кононова Ю.А. К познанию фауны и экологии кровососущих комаров (*Diptera: Culicidae*) лесостепных и степных районов Западной Сибири // Паразитология. 2007. Т. 41, № 4. С. 253–267.
7. Reinert J.F. New classification for the composite genus *Aedes* (*Diptera: Culicidae: Aedini*), elevation of subgenus *Ochlerotatus* to generic rank, reclassification of the other subgenera, and notes on certain subgenera and species // J. Am. Mosq. Control Assoc. 2000. N 16(3). P. 175–188.
8. Мирзаева А.Г. К вопросу о роении кровососущих мокрецов подрода *Avaritia* рода *Culicoides* (*Ceratopogonidae*) // Сиб. экол. ж. 2000. Т. 7, № 4. С. 419–423.
9. Редькина Н.В., Островерхова Н.В., Островерхова Г.П. О фауне кровососущих комаров (*Diptera: Culicidae*) г. Томска // Вестн. Том. гос. ун-та. 2007. № 300 (II). С. 221–227.
10. Мирзаева А.Г., Глуценко Н.П. Факторы, влияющие на динамику численности кровососущих комаров в окрестностях Новосибирского научного центра // Евразийский энтомолог. ж. 2008. Т. 7, вып. 3. С. 268–278.
11. Решетников А.Д., Прокопьев З.С., Барашикова А.И., Семенова К.Е. Сезонный ход численности компонентов гнуса северо-восточной Якутии и их фенологическая сигнализация // Наука и образование. 2009. № 2. С. 100–103.
12. Патрушева В.Д. Мошки Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1982. 322 с.
13. Мирзаева А.Г. Кровососущие мокрецы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Сиб. отделение, 1989. 232 с.
14. Service M.W. Mosquito ecology: Field sampling methods. London; New York: Elsevier Appl. Sci., 1993. 988 p.
15. Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Madon M., Kaiser A. Mosquitoes and their control. 2nd ed. Berlin; Heidelberg: Springer, 2010. 608 p. DOI: 10.1007/978-3-540-92874-4.
16. Ужегов В.Н., Ростов А.П., Пхалагов Ю.А. Автоматизированный трассовый фотометр // Оптика атмосф. и океана. 2013. Т. 26, № 7. С. 590–594.
17. Пхалагов Ю.А., Ужегов В.Н., Щелканов Н.Н. Автоматизированный многоволновой измеритель спектральной прозрачности приземной атмосферы // Оптика атмосф. и океана. 1992. Т. 5, № 6. С. 667–671.
18. Щелканов Н.Н. Методы коррекции аэрозольной оптической толщи атмосферы на горизонтальных и наклонных трассах // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18, № 11. С. 1020–1023.
19. Shchelkanov N.N. Methods for correction of the aerosol optical thickness of the atmosphere in the wavelength range 0.4 to 12 micron // Proc. SPIE. 2005. V. 6160. Part 1. Article Number: 6160 1L. 5 p. DOI: 10.1117/12.675330.
20. Щелканов Н.Н. Обобщенный метод построения линейной регрессии и его применение для построения однопараметрических моделей аэрозольного ослабления // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18, № 1–2. С. 86–90.
21. Щелканов Н.Н. Методы вычисления случайных погрешностей параметров окружающей среды из экспериментальных данных // Оптика атмосф. и океана. 2012. Т. 25, № 9. С. 815–821.
22. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеониздат, 2000. 778 с.
23. Белан Б.Д., Задде Г.О., Кусков А.И. Пространственная изменчивость спектральной прозрачности атмосферы // Оптика атмосф. и океана. 1994. Т. 7, № 10. С. 1420–1422.
24. Яушева Е.П., Панченко М.В., Козлов В.С., Терпугова С.А., Чернов Д.Г. Влияние города на аэрозольные характеристики атмосферы Академгородка г. Томска в переходные сезоны // Оптика атмосф. и океана. 2014. Т. 27, № 11. С. 981–988.
25. Щелканов Н.Н., Пхалагов Ю.А. Двухпараметрическая модель аэрозольного ослабления для атмосферных дымок // Оптика атмосф. и океана. 1999. Т. 12, № 12. С. 1089–1092.
26. Shchelkanov N.N., Pkhalagov Yu.A. Two-parameterical model of aerosol extinction in the wavelength range 0.4–12 μm // Proc. SPIE. 1999. V. 3983. P. 32–35.
27. Филиппов В.Л., Макаров А.С., Иванов В.П. Построение региональных полуэмпирических моделей оптических характеристик атмосферы // Докл. АН СССР. 1982. Т. 265, № 6. С. 1353–1356.
28. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин. Л.: Наука, 1985. 112 с.

N.N. Shchelkanov, V.N. Uzhegov. **Estimates of the contribution of midges in the extinction coefficient of optical radiation for background conditions of summer in Western Siberia.**

The first estimates of a contribution of midges into extinction of optical radiation for background conditions of summer in Western Siberia are received. Values of the midges extinction coefficient received on the basis of experimental data on a wavelength of $1.06 \mu\text{m}$ change from 0 to 0.14 km^{-1} . The estimate of the mean value of midges extinction coefficient in visible and infrared regions makes 0.07 km^{-1} . It is shown that the relative contribution of midges into extinction coefficient of optical radiation in the $0.5\text{--}16 \mu\text{m}$ is essential and changes on average from 26 to 63%.