

УДК 551.521.3

Сезонные и суточные вариации коэффициента ослабления оптического излучения гнусом для летне-осенних условий 2018 г. приземной атмосферы Западной Сибири

Н.Н. Щелканов✉*

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

Поступила в редакцию 31.01.2023 г.;
после доработки 6.03.2023 г.;
принята к печати 15.03.2023 г.

Представлены сезонные и суточные вариации коэффициента ослабления оптического излучения за счет гнуса в июне, июле, августе и сентябре 2018 г. в Западной Сибири. Средние значения коэффициентов ослабления излучения гнусом в видимой и инфракрасной областях спектра составили: $\sim 0,06 \text{ км}^{-1}$ в июне, $\sim 0,05 \text{ км}^{-1}$ в июле, $\sim 0,04 \text{ км}^{-1}$ в августе и $0,02 \text{ км}^{-1}$ в сентябре. Суточный ход в эти месяцы имеет два максимума: первый приходится на 09:00; второй более выражен и наблюдается в 17:00. Минимальные значения коэффициентов наблюдаются в ночные часы (01:00–05:00) и в 12:00. Некоторые дни сентября характеризуются дополнительным типом суточного хода с одним максимумом в дневные часы и минимумом в темное время суток.

Ключевые слова: атмосфера, коэффициент ослабления, гнус, сезонный ход, суточный ход, Западная Сибирь; atmosphere, attenuation coefficient, midges, seasonal behavior, daily variation, Western Siberia.

Введение

В работе [1] на основе небольшого массива данных (137 точек) показано, что в приземном слое атмосферы Западной Сибири в июле – августе 2014 г. наблюдалось значительное ослабление оптического излучения за счет летающих насекомых, в основном гнуса (комар, мошка, мокрец и москит). В этом эксперименте среднее значение коэффициента ослабления излучения гнусом на длине волны 1060 нм составило $0,071 \text{ км}^{-1}$; оно определялось как разность между коэффициентами ослабления на высотах 2–4 м в фоновых условиях (п. Киреевск, Томской обл.) и на высотах 15–30 м в городских условиях (г. Томск). В работе [2] был впервые представлен суточный ход коэффициента ослабления излучения гнусом в приземном слое атмосферы Западной Сибири. Показано, что в летних условиях наблюдается значимый утренний максимум (09:00) исследуемого коэффициента ослабления. Однако визуальные наблюдения указывают на значительное повышение количества гнуса не только в утренние, но и в дневные часы. Работы по изучению суточного хода концентрации гнуса с использованием животного или человека в качестве объекта, приманивающего гнус, также указывают на наличие утреннего и дневного максимумов [3–12].

Цель нашего исследования – рассчитать сезонные и суточные вариации коэффициента ослабления оптического излучения гнусом на основе экспериментальных данных, полученных в фоновых летне-осенних условиях Западной Сибири.

Условия эксперимента и методика

Коэффициенты ослабления оптического излучения гнусом исследовались с 16 июня по 17 сентября 2018 г. в обсерватории «Фоновая» ИОА СО РАН, находящейся на расстоянии 60 км к западу от г. Томска. Коэффициенты ослабления оптического излучения измерялись в участках спектра с центрами на длинах волн 548, 632, 692, 868 и 1056 нм с помощью измерителя спектральной прозрачности атмосферы [13] на трассе с отражением общей длиной 1,2 км. Измерительная трасса проходила над травяным полем на высотах 2–4 м над подстилающей поверхностью и на расстоянии 50–80 м от правого берега р. Оби. Коэффициенты ослабления усреднялись за 30-минутный интервал в начале каждого часа. Чтобы исключить влияние аэрозольного ослабления на результаты исследования, не учитывались данные, полученные при дальности видимости менее 10 км и в дождевых условиях. Всего получено 1342 спектров коэффициентов ослабления, в том числе в июне – 162, июле – 402, августе – 445 и сентябре – 333. Случайная средне-

* Николай Николаевич Щелканов (snn@iao.ru).

квадратическая погрешность расчета коэффициента ослабления рассчитывалась по методике [14] и составила $0,007 \text{ км}^{-1}$.

Спектральный ход коэффициента ослабления вычисляется по формуле [15]:

$$\beta(\lambda) = \beta_{\text{midges}} + \beta_{\text{cd}} + \beta_{\text{sm}}(1) \cdot \lambda^{-n}, \quad (1)$$

где β_{midges} — коэффициент ослабления излучения гнусом; β_{cd} — коэффициент ослабления грубодисперсной фракции аэрозольных частиц; третий член описывает спектральный ход коэффициента ослабления субмикронной фракции частиц по формуле Ангстрема; λ — длина волны; $\beta_{\text{sm}}(1)$ — коэффициент ослабления субмикронной фракцией аэрозольных частиц на длине волны 1 мкм; n — показатель Ангстрема. Следует отметить, что коэффициент ослабления β_{midges} будет иметь нейтральный спектральный ход в видимой и инфракрасной областях спектра [16], так как размер насекомых много больше длин волн излучения, для которых проводится исследование.

Коэффициент ослабления излучения гнусом определялся на $\lambda = 868 \text{ нм}$, так как на ней наблюдались максимальные значения оптических сигналов. Для вычисления β_{midges} из общего коэффициента ослабления вычитались субмикронная и грубодисперсная компоненты аэрозольного ослабления. Для исключения вклада субмикронной компоненты

аэрозольного ослабления вычисляется разность между коэффициентами ослабления на $\lambda = 548$ и 868 нм , которая пропорциональна концентрации этого аэрозоля [17]. Грубодисперсная компонента аэрозольного ослабления исключалась по однопараметрической модели [18, 19], где в качестве входного параметра использовался коэффициент ослабления на $\lambda = 548 \text{ нм}$. Таким образом, формула для расчета коэффициента ослабления излучения за счет гнуса имеет вид

$$\beta_{\text{midges}} = \beta(868) - 0,78(\beta(548) - \beta(868)) - \beta_{\text{cd}}, \quad (2)$$

где $\beta(548)$, $\beta(868)$ — коэффициенты ослабления на $\lambda = 548$ и 868 нм . Величина случайной среднеквадратической погрешности одного измерения коэффициента ослабления излучения за счет гнуса составила $\sim 0,02 \text{ км}^{-1}$. С учетом этого близкими к нулю будем считать значения $\beta_{\text{midges}} \leq 0,02 \text{ км}^{-1}$.

Сезонный ход коэффициента ослабления излучения гнусом

На рис. 1 представлен временной ход среднесуточных значений коэффициента ослабления излучения гнусом на $\lambda = 868 \text{ нм}$ в июне, июле, августе и сентябре 2018 г.

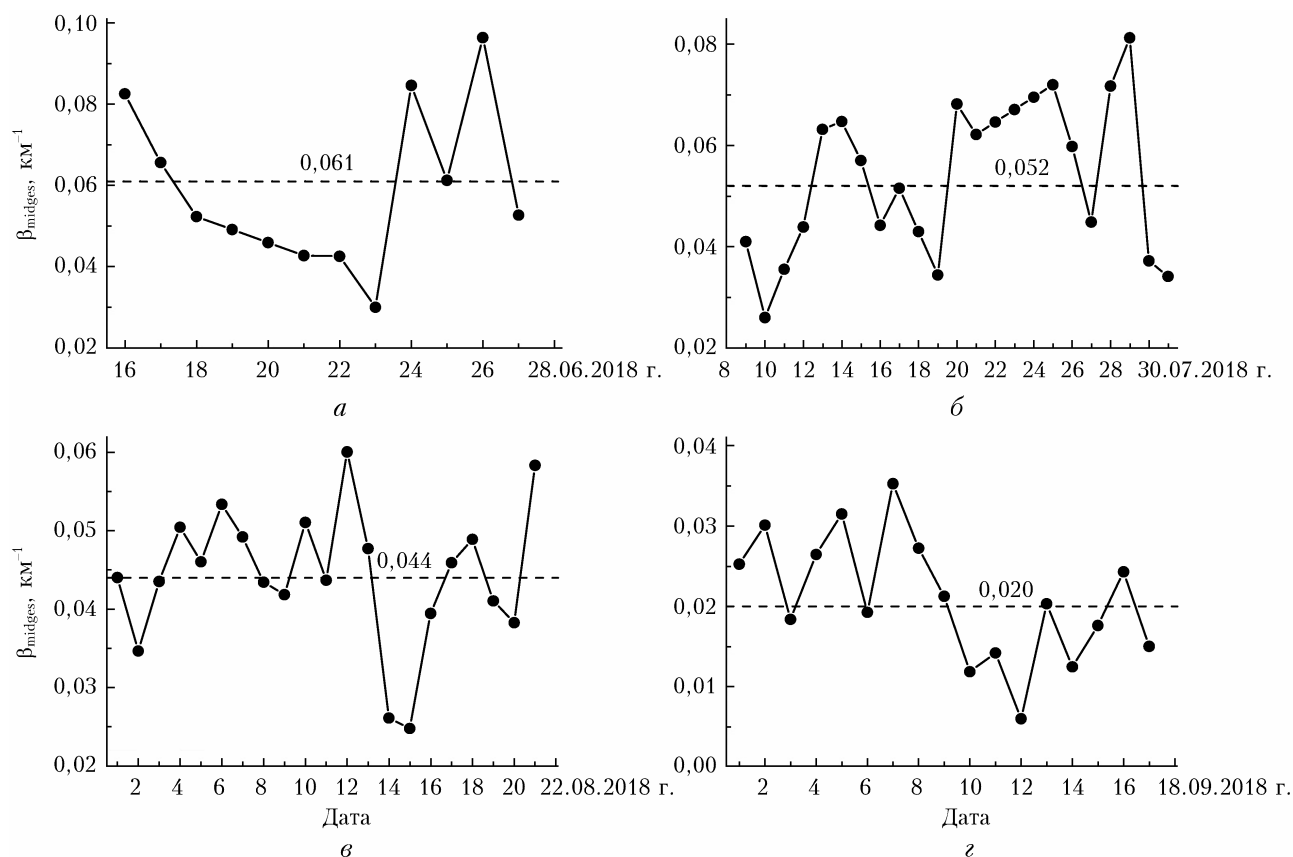


Рис. 1. Временной ход среднесуточных значений коэффициента ослабления излучения гнусом на $\lambda = 868 \text{ нм}$ с 16 по 27 июня (а), с 9 по 31 июля (б), с 1 по 21 августа (в) и с 1 по 17 сентября (з) 2018 г.; штриховые прямые — среднemesячные значения

Из рис. 1 видно, что среднесуточные значения коэффициента ослабления изменяются в следующих пределах: июнь — от 0,030 до 0,096 км⁻¹, июль — от 0,027 до 0,081 км⁻¹, август — от 0,025 до 0,060 км⁻¹, сентябрь — от 0,006 до 0,035 км⁻¹. Среднемесячные значения составили 0,061; 0,052; 0,044 и 0,020 км⁻¹ соответственно. Таким образом, сезонный ход β_{midges} характеризуется уменьшением его минимальных и максимальных среднесуточных, а также среднемесячных значений от июня к сентябрю.

Суточный ход коэффициента ослабления излучения гнусом

На рис. 2 приведены суточные вариации коэффициента ослабления излучения гнусом на $\lambda = 868$ нм в июне, июле, августе и сентябре 2018 г. Видно, что максимальные значения коэффициента не превышали соответственно 0,17; 0,14; 0,12 и 0,08 км⁻¹.

В среднем суточном ходе в июне, июле и августе имеются два максимума. Первый максимум приходится на 09:00. Он соответствует результатам [2], полученным летом 2014 г. Второй максимум более выражен и наблюдается в 17:00. Минимальные значения коэффициента наблюдаются в ночные часы (01:00–05:00) и в 12:00. При этом летом максимумы и минимумы проявляются не только для сред-

них, но и для минимальных и максимальных значений коэффициентов.

В сентябре имеются три небольших максимума — в 09:00, 13:00 и 17:00 и один минимум в ночные часы. Вероятности отличия средних значений коэффициентов в 09:00, 13:00 и 17:00 от среднего значения в 04:00, рассчитанные по t -критерию Стьюдента, составили 0,998; 0,99 и 0,999 соответственно.

На рис. 3 приведены суточные вариации коэффициента ослабления излучения гнусом на $\lambda = 868$ нм в отдельные дни.

В июне и июле в основном наблюдаются два типа суточного хода. Первый тип характеризуется большими и примерно одинаковыми значениями утреннего и дневного максимумов (рис. 3, б, з); второй тип — более высокими значениями дневного максимума по сравнению с утренним (рис. 3, а, в). По сравнению с данными июня и июля, в августе и сентябре отмечаются более низкие значения коэффициентов и утренний максимум всегда меньше дневного (рис. 3, д, е). В отдельные дни июня, июля, августа и сентября утренний максимум наблюдается с 08:00 до 10:00, полуденный минимум — с 11:00 до 15:00, дневной максимум — с 14:00 до 19:00, а ночной минимум — с 23:00 до 05:00. В июне, июле и августе 2018 г. не зафиксировано дней с нулевыми значениями коэффициентов ослабления излучения гнусом в дневное время.

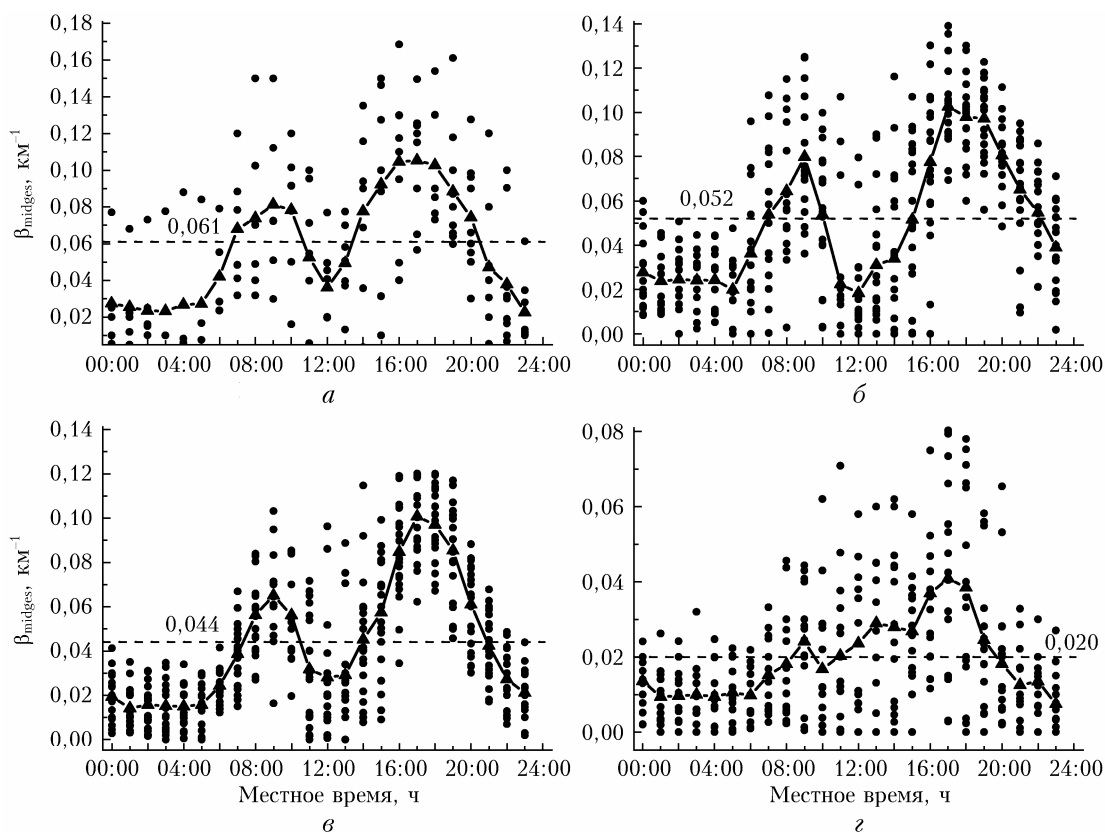


Рис. 2. Суточные вариации коэффициента ослабления излучения гнусом на $\lambda = 868$ нм с 16 по 27 июня (а), с 8 по 31 июля (б), с 1 по 21 августа (в) и с 1 по 17 сентября (з) 2018 г. Точки — отдельные экспериментальные данные; треугольники — среднечасовые значения коэффициента ослабления; штриховые линии — среднемесячные значения коэффициента

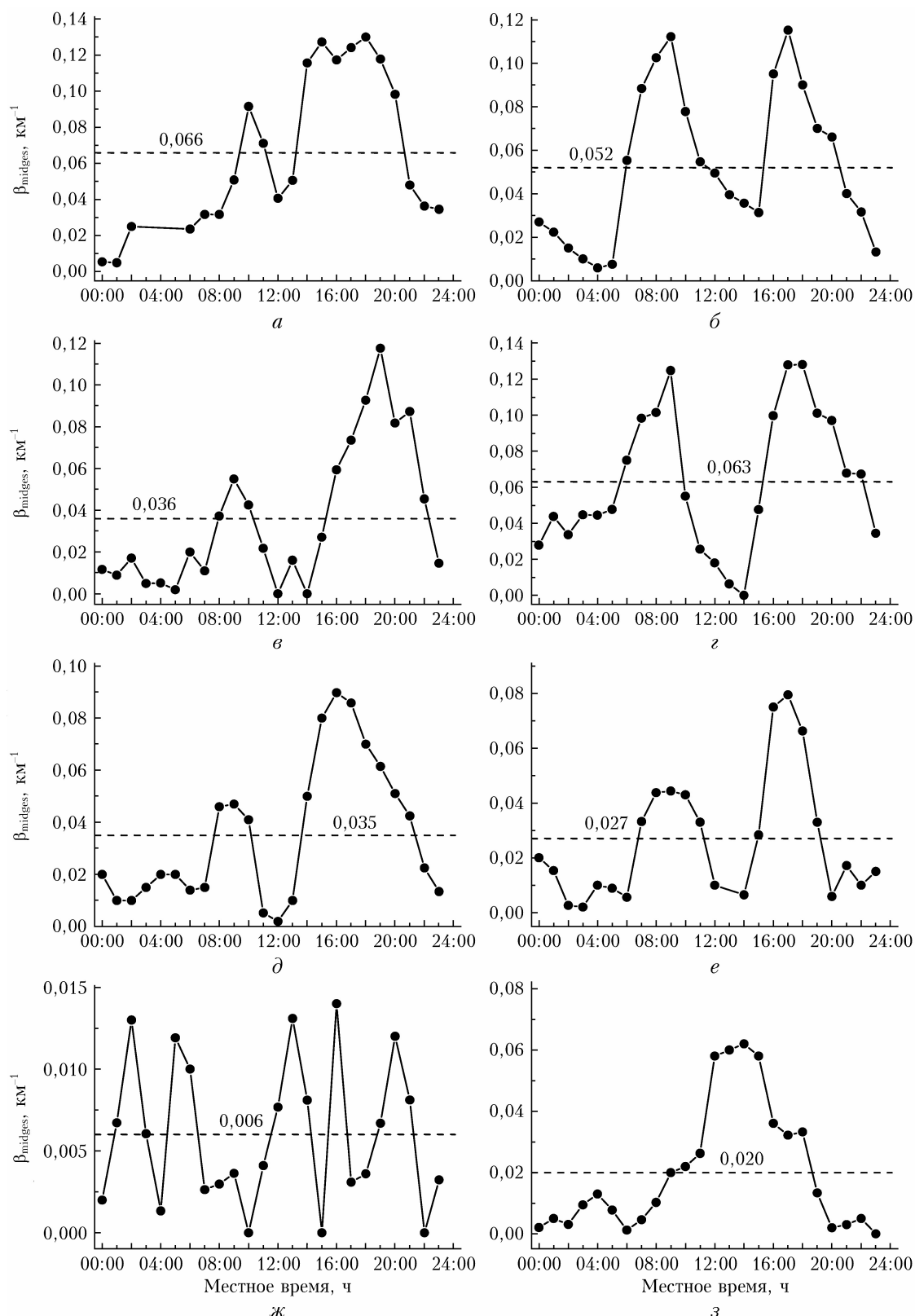


Рис. 3. Суточные вариации коэффициента ослабления излучения гнусом на $\lambda = 868$ нм 17 и 18 июня (а, б), 11 и 13 июля (в, г), 2 августа (д), 4, 12 и 13 сентября (е–з) 2018 г.

Только в сентябре наблюдались близкие к нулю значения коэффициентов ослабления в течение всего дня (рис. 3, ж).

В сентябре реализуется новый тип суточного хода с одним дневным максимумом в интервале 12:00–15:00 (рис. 3, з) и минимумом в темное время

суток. Такой дневной максимум приводит к появлению локального максимума на 13:00–14:00 в среднем суточном ходе для сентября (рис. 2, з).

Заключение

В итоге проведенных исследований получены следующие результаты.

1. Сезонный ход коэффициентов ослабления излучения гнусом в 2018 г. характеризуется уменьшением их минимальных, средних и максимальных значений от июня к сентябрю. Средние значения коэффициентов составили: в июне $0,061 \text{ км}^{-1}$, в июле $0,052 \text{ км}^{-1}$, в августе $0,044 \text{ км}^{-1}$, в сентябре $0,020 \text{ км}^{-1}$.

2. Средний суточный ход летом имеет два максимума (утренний и дневной) и два минимума. При этом максимумы и минимумы проявляются не только для средних, но и для минимальных и максимальных значений коэффициентов. Утренний максимум приходится на 09:00. Дневной максимум является более выраженным и наблюдается в 17:00. Минимальные значения коэффициентов наблюдаются в ночные часы и в 12:00.

3. В июне и июле выявлено два типа суточного хода. Первый тип характеризуется большими и примерно одинаковыми значениями утреннего и дневного максимумов; второй тип – более высокими значениями дневного максимума.

4. В среднем суточном ходе в сентябре есть три небольших максимума в 09:00, 13:00 и 17:00 и один минимум с 21:00 до 06:00. При этом максимум на 13:00 обусловлен дополнительным типом суточного хода для этого месяца с одним максимумом в 12:00–15:00 и минимум в темное время суток.

5. В июне, июле и августе 2018 г. при видимости более 10 км и отсутствии дождей не зафиксировано дней с близкими к нулю значениями коэффициентов ослабления излучения гнусом в течение дневного времени. Только в сентябре реализуются ситуации, когда коэффициенты ослабления оптического излучения гнусом в течение всего дня близки к нулю.

Как показало проведенное исследование, вклад гнуса в коэффициент ослабления оптического излучения в теплые периоды года является значительным. Так, в инфракрасной области спектра он сопоставим с ослаблением излучения грубодисперсным аэрозолем, который в среднем составляет $\sim 0,06 \text{ км}^{-1}$. Это указывает на необходимость учета гнуса в моделях ослабления оптического излучения для приземного слоя атмосферы. Полученные результаты могут использоваться для оценки эффективности работы разных оптических систем, в том числе лазерных линий связи.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ИОА СО РАН.

Список литературы

1. Щелканов Н.Н., Ужегов В.Н. Оценки вклада гнуса в ослабление оптического излучения для фоновых ус-

ловий лета Западной Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2017. Т. 30, № 5. С. 388–392; *Shchelkanov N.N., Uzhegov V.N.* Estimates of a midge contribution to the extinction of optical radiation in background summer conditions of western Siberia // Atmos. Ocean. Opt. 2017. V. 30, N 5. P. 446–450. DOI: 10.1134/S1024856017050104.

2. Щелканов Н.Н. Суточный ход коэффициента ослабления оптического излучения гнусом и его зависимость от метеорологических параметров атмосферы для фоновых условий лета Западной Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2018. Т. 31, № 9. С. 760–763; *Shchelkanov N.N.* Daily variation in the radiation extinction coefficient due to midges and its dependence on meteorological parameters of the atmosphere in background summer conditions of Western Siberia // Atmos. Ocean. Opt. 2019. V. 32, N 1. P. 80–84. DOI: 10.1134/S1024856019010159.

3. Мезенев Н.П. Влияние внешних факторов на активность нападения комаров и ее суточный ритм в Заполярье // Паразитология. 1971. Т. 3. С. 254–260.

4. Боброва С.И. Фауна и экология мошек (diptera, simuliidae) бассейна р. Анадырь Магаданской области // Паразитология. 1973. Т. 7, № 5. С. 457–464.

5. Макатов Т.К. Экологические основы защиты животных от кровососущих мошек (diptera, simuliidae) в Павлодарском Прииртышье: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень: ГНУ ВНИИВЭА, 2008. 11 с.

6. Решетников А.Д., Прокопьев З.С., Барашкова А.И., Семенова К.Е. К суточной активности компонентов гнуса северо-восточной Якутии // Изв. Самарского научного центра РАН. 2009. Т. 11, № 1. С. 147–148.

7. Петров Ю.Ф., Егоров С.В. Экология кровососущих комаров и мошек–переносчиков возбудителей паразитарных болезней животных в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ // Российский паразитологический журнал. 2011. № 4. С. 52–54.

8. Петров Ю.Ф., Егоров С.В. Биотопическое распределение мошек (Diptera, Simuliidae) в центральном районе Нечерноземной зоны России // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2012. Т. 13, № 1. С. 47–49.

9. Егоров С.В. Экология кровососущих двукрылых насекомых (Insecta, Diptera: Culicidae, Simuliidae, Tabanidae) и защита животных от них в центральном районе Нечерноземной зоны Российской Федерации: автореф. дис. ... доктора биол. наук. Москва: ФГБОУ ВПО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева», 2013. 53 с.

10. Барашкова А.И. Кровососущие двукрылые насекомые (insecta, diptera: tabanidae, culicidae, simuliidae) агроценозов Якутии: дис. ... докт. биол. наук. Якутск: ФГБНУ ЯНИИСХ, 2016. 289 с.

11. Федорова О.А., Гавричкин А.А. Кровососущие мошки (diptera, simuliidae) южной тайги Тюменской области // Вестн. Оренбургского гос. ун-та. 2016. № 2. С. 94–97.

12. Сурков А.А., Концевая А.С., Юрченко В.Д. Видовое разнообразие и суточная активность кровососущих комаров Гомельского района // Молодой ученый. 2019. № 37 (275). С. 106–108.

13. 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.

14. Щелканов Н.Н. Методы вычисления случайных погрешностей параметров окружающей среды из экспе-

- риментальных данных // Оптика атмосф. и океана. 2012. Т. 25, № 9. С. 815–821.
15. 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.
 16. Зуев В.Е., Кабанов М.В. Современные проблемы атмосферной оптики. Т. 4. Оптика атмосферного аэрозоля. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 255 с.
 17. Щелканов Н.Н., Пхалазов Ю.А. Двухпараметрическая модель аэрозольного ослабления для атмосферных дымок // Оптика атмосф. и океана. 1999. Т. 12, № 12. С. 1089–1092.
 18. Shchelkanov N.N. Model of spectral course of aerosol attenuation coefficient for meteorological range of visibility more 15 km // Proc. SPIE. 2021. V. 11916. DOI: 10.1117/12.2602870.
 19. Щелканов Н.Н. Модель спектрального хода коэффициента аэрозольного ослабления для приземного слоя атмосферы при метеорологической дальности видимости более 10 км // XIV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу: тез. докл. рос. конф. с международным участием / под ред. Е.А. Головацкой. Томск, 2021. С. 216–219. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46680572_95842721.pdf.

N.N. Shchelkanov. Seasonal and daily variations in the optical radiation extinction coefficient due to midgets in the surface air in Western Siberia in summer–autumn 2018.

The seasonal and daily variations in the radiation extinction coefficient due to midgets (RECM) in Western Siberia are calculated for June, July, August, and September 2018. The average RECM values in the visible and infrared spectral regions were $\sim 0.06 \text{ km}^{-1}$ in June, $\sim 0.05 \text{ km}^{-1}$ in July, $\sim 0.04 \text{ km}^{-1}$ in August, and $\sim 0.02 \text{ km}^{-1}$ in September. There are two maxima in the daily variations in June, July, August, and September. The first maximum falls at 9 a.m. The second maximum is more pronounced and is observed at 17 p.m. The RECM is minimal in nighttime and at noon. In addition, a different daily behavior is characteristic for certain days of September, with a maximum in daytime and a minimum in nighttime.