

УДК 551.521.3

# Суточный ход коэффициента ослабления оптического излучения гнусом и его зависимость от метеорологических параметров атмосферы для фоновых условий лета Западной Сибири

Н.Н. Щелканов\*

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

Поступила в редакцию 26.04.2018 г.

Показано, что суточный ход коэффициента ослабления оптического излучения гнусом имеет ярко выраженный утренний статистически значимый максимум, приходящийся на 09:00. Этот максимум не связан с экстремумами температуры или относительной влажности воздуха. Максимальные значения коэффициента ослабления гнусом наблюдаются при температуре 12–17 °С и относительной влажности воздуха 60–80%. Связь коэффициента ослабления излучения гнусом с температурой и относительной влажностью воздуха является статистически значимой. Коэффициенты наклона прямой в зависимостях ослабления излучения гнусом от температуры и относительной влажности воздуха составляют  $-0,04 \text{ км}^{-1}/5 \text{ °С}$  и  $+0,04 \text{ км}^{-1}/20\%$  соответственно. Обнаружено, что максимальные значения коэффициента ослабления излучения гнусом наблюдаются при направлениях ветра со стороны заболоченных участков леса и скорости ветра 2–4 м/с, а минимальные — со стороны р. Оби и незаболоченного, смешанного и борового лесов при скорости ветра 1–4 м/с.

*Ключевые слова:* атмосфера, коэффициент ослабления, гнус, суточный ход, лето, метеорологические параметры, Западная Сибирь; atmosphere, extinction coefficient, midges, daily course, summer, meteorological parameters, Western Siberia.

## Введение

Разным аспектам активности нападения гнуса на животных и людей посвящено большое количество монографий [1–8] и статей [9–15]. Вопросы суточного хода концентрации гнуса и его зависимости от внешних факторов исследуются в работах [16–20]. В этих исследованиях объектом, приманивающим гнус, было животное или человек.

В работе [21] приведена первая оценка вклада гнуса в ослабление оптического излучения, полученная в районе п. Киреевск Томской области. Среднее значение коэффициента ослабления гнусом в области спектра 0,5–16 мкм для летних условий 2014 г. составило  $0,071 \text{ км}^{-1}$ . При таком коэффициенте на трассе длиной 10 км оптический сигнал уменьшается в 2 раза, что говорит о значительном вкладе гнуса в ослабление оптического излучения. В приземном слое атмосферы эта компонента по величине сравнима с ослаблением излучения атмосферным аэрозолем в ИК-спектре [22]. Это говорит о важности изучения поведения этой компоненты.

Целью нашего исследования является получение суточного хода коэффициента ослабления излучения гнусом и его зависимости от метеорологических

параметров атмосферы для фоновых условий лета Западной Сибири.

## Условия эксперимента

Для исследования использовался массив коэффициентов ослабления оптического излучения гнусом, полученный с 24.07 по 13.08.2014 г. в районе п. Киреевск Томской области, на территории обсерватории «Фоновая» ИОА СО РАН. На рис. 1 (цв. вкладка) приведена карта территории обсерватории и ее окрестностей.

Измерительная трасса (красная линия на рис. 1) проходила над травяным полем на высотах 2–4 м над подстилающей поверхностью и на расстоянии примерно 70 м от правого берега р. Оби. Длина измерительной трассы с отражением составляла 1200 м, а ослабляющий объем воздуха был равен  $15 \text{ м}^3$ . Вблизи трассы отсутствовали биологические и другие объекты, приманивающие гнус. Значения коэффициентов ослабления определялись с помощью методов [23–26]. Коэффициент ослабления излучения гнусом рассчитывался как разность между коэффициентами ослабления на длине волны 1,06 мкм, полученными на территории обсерватории «Фоновая» и в Академгородке г. Томска [21]. Метеорологические параметры атмосферы измерялись на высоте

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

10 м над подстилающей поверхностью [27]. Расстояние от точки измерения метеорологических параметров атмосферы (точка Meteo на рис. 1) до разных участков трассы составляло 80–340 м. Из рассмотрения исключались данные, полученные при дальности видимости менее 8 км и в дождевых условиях. Совместный массив коэффициентов ослабления излучения гнусом и метеорологических параметров атмосферы составил 137 точек.

### Суточный ход коэффициента ослабления излучения гнусом

На рис. 2 сплошной кривой показан суточный ход средних значений коэффициента ослабления гнусом. Видно, что коэффициент ослабления изменяется от 0 до  $0,14 \text{ км}^{-1}$ , а его среднее значение равно  $0,071 \text{ км}^{-1}$  (штриховая линия). В суточном ходе наблюдаются три максимума и три минимума.

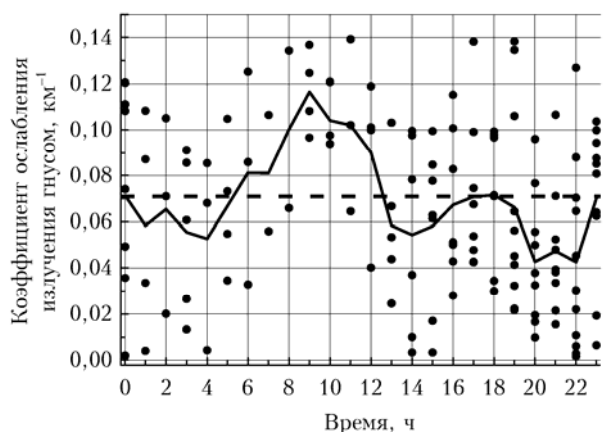


Рис. 2. Суточный ход коэффициента ослабления излучения гнусом в фоновых условиях лета Западной Сибири с 24.07 по 13.08.2014 г.

Первый максимум приходится на 09:00, а область повышенных значений коэффициентов — на интервал времени 06:00–12:00. Этот максимум является ярко выраженным, здесь коэффициенты ослабления имеют максимальные значения и изменяются от  $0,09$  до  $0,14 \text{ км}^{-1}$ . Первый максимум является статистически значимым. Так, вероятность отличия средних значений коэффициентов в 09:00 и 20:00 по  $t$ -критерию Стьюдента составила  $0,96$ , а их разность —  $0,074 \text{ км}^{-1}$ .

Второй максимум приходится на 16:00–19:00, третий — на 23:00–24:00. Первый минимум коэффициентов ослабления выпадает на 04:00, второй — на 14:00 и третий — 20:00–22:00. Первые два максимума и два минимума видны по средним, минимальным и максимальным значениям коэффициентов ослабления. Третий максимум и третий минимум проявляются только по средним значениям. Второй и третий максимумы и три минимума статистически не отличаются друг от друга, вероятность отличия их средних значений не превышает  $0,5$ .

На рис. 3 приведены суточный ход температуры, относительной влажности воздуха и их средних значений.

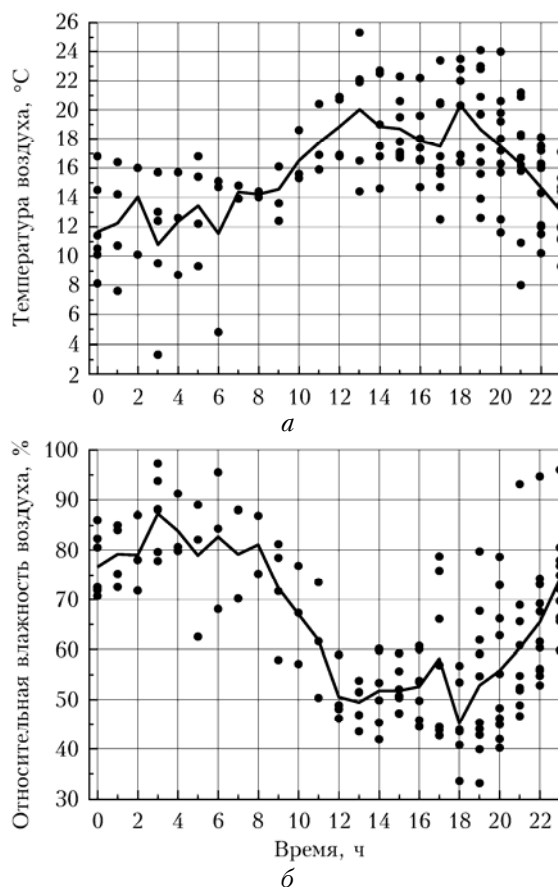


Рис. 3. Суточный ход температуры (а), относительной влажности воздуха (б) и их средних значений (точки — экспериментальные данные, кривые — среднечасовые значения)

Из сравнения рис. 2 и 3 видно, что утренние максимальные значения коэффициента ослабления, приходящиеся на 06:00–12:00, не связаны с экстремумами температуры или относительной влажности воздуха. Так, в этот интервал времени средняя температура воздуха увеличилась с  $12$  до  $19 \text{ °С}$ , а влажность уменьшилась с  $82$  до  $50\%$ . Максимальное среднее значение коэффициента ослабления наблюдалось при среднем значении температуры воздуха  $\sim 15 \text{ °С}$  и относительной влажности  $\sim 72\%$ .

### Зависимость коэффициента ослабления излучения гнусом от температуры и относительной влажности воздуха

Рассчитанные значения коэффициентов корреляции ослабления излучения гнусом с температурой и относительной влажностью воздуха составили  $-0,33$  и  $+0,30$  соответственно, при его критическом значении равном  $0,16$  для уровня значимости  $0,95$ . Это говорит о статистически значимой связи коэффициента ослабления с температурой и относительной

влажностью воздуха. Небольшие значения коэффициентов корреляции указывают на то, что температура и относительная влажность воздуха являются факторами, влияющими главным образом не на величину, а на динамику коэффициента ослабления излучения гнусом в приземном слое атмосферы. Коэффициенты наклона прямых в этих зависимостях рассчитывались по обобщенной формуле линейной регрессии [23] с учетом случайных погрешностей измеряемых величин [24] и составили: для температуры воздуха  $-0,04 \text{ км}^{-1}/5 \text{ }^\circ\text{C}$ , для относительной влажности воздуха  $+0,04 \text{ км}^{-1}/20\%$ . На рис. 4 приведена статистическая связь коэффициента ослабления излучения гнусом с температурой воздуха.

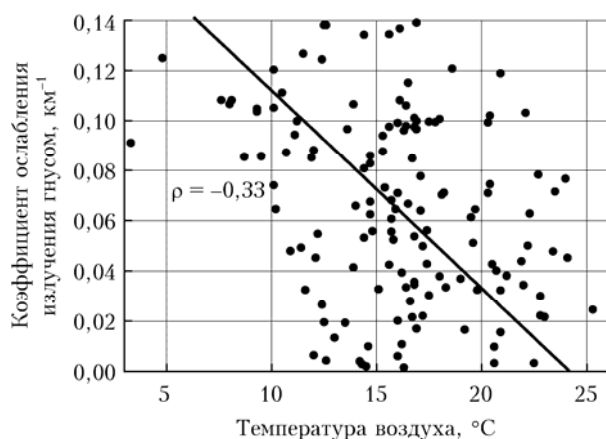


Рис. 4. Статистическая связь коэффициента ослабления излучения гнусом с температурой воздуха (точки – экспериментальные данные, прямая – линейная аппроксимация)

Из рис. 4 видно, что максимальные значения коэффициента ослабления гнусом наблюдаются при температуре  $12\text{--}17 \text{ }^\circ\text{C}$ , которой соответствует относительная влажность воздуха  $60\text{--}80\%$ .

### Зависимость коэффициента ослабления излучения гнусом от скорости и направления ветра

Для рассмотренного массива не обнаружено зависимости коэффициента ослабления излучения гнусом отдельно от скорости и направления ветра. Здесь коэффициенты корреляции ослабления излучения гнусом со скоростью и направлением ветра составили  $0,01$  и  $-0,02$  соответственно. Однако рассмотрение зависимости коэффициента ослабления гнусом одновременно от скорости и направления ветра позволило заметить некоторые закономерности. На рис. 5 (цв. вкладка) приведена такая зависимость в полярной системе координат.

Из рис. 5 видно, что при скорости ветра больше  $2 \text{ м/с}$  и направлениях ветра  $60\text{--}110$  и  $160\text{--}210$  наблюдаются наибольшие значения коэффициента ослабления гнусом. Это обусловлено тем, что в данных направлениях в  $\sim 600 \text{ м}$  от измерительной трассы находятся заболоченные участки леса, выделен-

ные на рис. 1 белыми кружками. Таким образом, можно предположить, что с этих направлений происходит занос гнуса ветром на измерительную трассу. Причем занос гнуса с указанных направлений происходит по имеющимся малолесистым или свободным от леса участкам местности. С направления  $60\text{--}110$  – это малолесистый участок местности шириной  $100\text{--}200 \text{ м}$ , а с направления  $160\text{--}210$  – это лесная дорога и просека ЛЭП общей шириной  $7\text{--}10 \text{ м}$ , а также малолесистый участок местности шириной  $20\text{--}50 \text{ м}$ .

При скорости ветра  $1\text{--}3 \text{ м/с}$ , направлении ветра  $310\text{--}350$ , а также при скорости ветра  $2\text{--}4 \text{ м/с}$ , направлении ветра  $240\text{--}280$  наблюдаются наименьшие значения коэффициента ослабления гнуса. В этих направлениях находятся р. Обь ( $240\text{--}350$ ), а также незаболоченный, смешанный и боровой леса ( $0\text{--}50$ ).

### Заключение

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. В летних условиях наибольшие значения коэффициента ослабления излучения гнусом приходятся на интервал времени  $06:00\text{--}12:00$ , а его статистически значимый максимум – на  $09:00$ . Вероятность отличия средних значений коэффициентов ослабления в  $09:00$  и  $20:00$  по  $t$ -критерию Стьюдента составила  $0,96$ .

2. Максимум коэффициента ослабления гнусом, приходящийся на  $09:00$ , не связан с экстремумами температуры или относительной влажности воздуха. Максимальные значения коэффициента ослабления гнусом наблюдались при температуре воздуха  $12\text{--}17 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $60\text{--}80\%$ .

3. Связь коэффициента ослабления излучения гнусом с температурой и относительной влажностью воздуха является статистически значимой. Коэффициенты наклона прямой в зависимостях ослабления излучения гнусом от температуры и относительной влажности воздуха составили  $-0,04 \text{ км}^{-1}/5 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $+0,04 \text{ км}^{-1}/20\%$  соответственно.

4. Максимальные значения коэффициента ослабления гнусом наблюдаются при направлениях ветра со стороны заболоченных участков леса. Причем занос гнуса на измерительную трассу происходит по имеющимся малолесистым или свободным от леса участкам местности при скорости ветра  $2\text{--}4 \text{ м/с}$ .

5. Минимальные значения коэффициента ослабления гнусом наблюдаются при направлениях ветра со стороны р. Оби, а также незаболоченного, смешанного и борового лесов и скорости ветра  $1\text{--}4 \text{ м/с}$ .

1. Штакельберг А.А. Кровососущие комары Палеарктики. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. 258 с.
2. Мончадский А.С. Летающие кровососущие двукрылые – гнус. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 66 с.
3. Патрушева В.Д. Мошки Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1982. 322 с.
4. Мирзаева А.Г. Кровососущие мокрецы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Сиб. отд., 1989. 232 с.

5. Service M.W. Mosquito ecology: Field sampling methods. London; New York: Elsevier applied science, 1993. 988 p.
6. Чернышев В.Б. Экология насекомых: учеб. М.: Изд-во МГУ, 1996. 304 с.
7. Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Madon M., Kaiser A. Mosquitoes and their control. 2nd Edition. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003, 2010. 608 p. DOI: 10.1007/978-3-540-92874-4.
8. Барашкова А.И., Решетников А.Д. Двукрылые кровососущие насекомые агроценозов Якутии и защита от гнуса сельскохозяйственных животных. Белгород: ИП Е.П. Ткачева (АПНИ), 2015. 164 с.
9. Внуковский В.В. Материалы по фауне и биологии комаров (*Culicidae*) Томского округа // Сиб. мед. журн. 1926. № 2. С. 17–26.
10. Плетнев Е.Н. Биология и экология комаров (*Culicidae*) Томского края // Архив натуралистов. 1926. № 12. С. 1–27.
11. 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. V. 3, N 16. P. 175–188.
12. Мирзаева А.Г. К вопросу о роении кровососущих мокрецов подрода *Avaritia* рода *Culicoides* (*Ceratopogonidae*) // Сиб. экол. журн. 2000. Т. 7, № 4. С. 419–423.
13. 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.
14. 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.
15. Полторацкая Н.В., Мирзаева А.Г. О новых находках редкого для Западной Сибири вида комаров *Aedes sibiricus* Danilov et Filippova, 1978 (*Diptera, Culicidae*) // Евразиат. энтомол. журн. 2013. Т. 12, № 2. С. 144–146.
16. Мезенев Н.П. Влияние внешних факторов на активность нападения комаров и ее суточный ритм в Заполярье // Паразитология. 1971. Т. 5, № 3. С. 254–260.
17. Мирзаева А.Г., Глущенко Н.П. Факторы, влияющие на динамику численности кровососущих комаров в окрестностях Новосибирского научного центра // Евразиат. энтомол. журн. 2008. Т. 7, № 3. С. 268–278.
18. Решетников А.Д., Прокотьев З.С., Барашкова А.И., Семенова К.Е. К суточной активности компонентов гнуса Северо-Восточной Якутии // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. Т. 11, № 1–2. С. 147–149.
19. Мирзаева А.Г. Кровососущие двукрылые севера Красноярского края. Сообщение 1. Кровососущие комары // Евразиат. энтомол. журн. 2017. Т. 16, № 2. С. 158–172.
20. Барашкова А.И. Кровососущие двукрылые насекомые (*Insecta, Diptera: Tabanidae, Culicidae, Simuliidae*) агроценозов Якутии: Дис. ... д-ра биол. наук. М.: Всерос. науч.-исслед. ин-т фундам. и прикл. паразитологии животных и растений им. К.И. Скрябина, 2017. 302 с.
21. Щелканов Н.Н., Ужegov В.Н. Оценки вклада гнуса в ослабление оптического излучения для фоновых условий лета Западной Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2017. Т. 30, № 5. С. 388–392. DOI: 10.15372/AOO20170505.
22. Рахимов Р.Ф., Ужegov В.Н., Макенко Э.В., Пхалазов Ю.А. О наиболее вероятных значениях коэффициента аэрозольного ослабления атмосферной дымки по долговременным рядам наблюдений на приземной горизонтальной трассе // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18, № 7. С. 566–573.
23. 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.
24. Щелканов Н.Н. Методы вычисления случайных погрешностей параметров окружающей среды из экспериментальных данных // Оптика атмосф. и океана. 2012. Т. 25, № 9. С. 815–821.
25. 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.
26. Shchelkanov N.N. Methods for correction of the aerosol optical thickness of the atmosphere in the wavelength range 0.4 to 12  $\mu\text{m}$  // Proc. SPIE. 2005. V. 6160, Part 1. 5 p. DOI: 10.1117/12.675330.
27. URL: <http://lop.iao.ru/RU/fon/meteo/> (дата обращения: 20.03.2018).

**N.N. Shchelkanov. Daily variation in the radiation extinction coefficient due to midges and its dependence on meteorological parameters of the atmosphere under background conditions of summer of Western Siberia.**

It is shown that the daily variation in the radiation extinction coefficient due to midges (RECM) has a morning statistically significant maximum at 09:00. This maximum is not connected with extremes of air temperature or relative humidity. The RECM maxima are observed at air temperature of 12–17 °C and relative humidity of 60–80%. Correlations between RECM and air temperature and relative humidity are statistically significant. Straight line inclination coefficients in RECM dependences on air temperature and relative humidity are  $-0.04 \text{ km}^{-1}/5 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $+0.04 \text{ km}^{-1}/20\%$ , respectively. It is revealed that the RECM maxima are observed at winds of 2–4 m/s directed from boggy forest sites, and minima, at winds of 1–4 m/s from the Ob River and dry mixed and pine forests



Рис. 1. Карта территории обсерватории «Фоновая» ИОА СО РАН и ее окрестностей: красная линия – измерительная трасса; точка Meteo – место измерения метеорологических параметров атмосферы; белые кружки – заболоченные участки леса

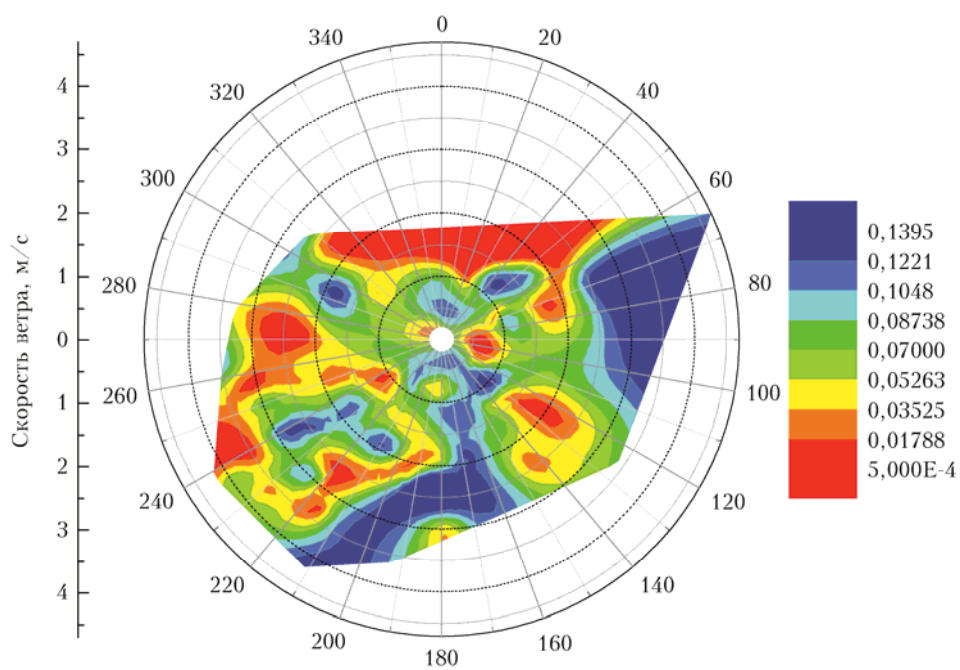


Рис. 5. Зависимость коэффициента ослабления излучения гнусом одновременно от скорости (0–4,7 м/с) и направления (0–360°) ветра