

С.И. Долгий, В.В. Зуев, В.А. Казюрин, В.Н. Маричев, А.И. Петров

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ НЕБА В УФ-ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Приведены первые результаты вертикальных наблюдений спектральной яркости неба в диапазоне 280–320 нм. Показано, что оптическая толщина τ в диапазоне 300–310 нм коррелирует с общим содержанием озона X , если измерения были выполнены при одних и тех же горизонтальных углах Солнца. Однако для получения однозначной связи между τ и X при разных горизонтальных углах Солнца требуется более детальная разработка методики учета молекулярного и аэрозольного рассеяния и поглощения озоном. В отдельных случаях был замечен аномальный ход яркости неба в диапазонах 300–310 и 310–320 нм относительно кульминации Солнца.

Исследование приходящей солнечной радиации в УФ-области спектра в диапазоне 280–320 нм важно с точки зрения ее биологического и радиационного воздействия. Первое обусловливается эритемной и бактерицидной эффективностью, которая в зависимости от дозы облучения может иметь положительную или отрицательную реакцию на организм человека. Второе вызвано заметным вкладом радиации в данном диапазоне в общую падающую солнечную радиацию, в целом формирующую климат планеты. При прохождении солнечной радиации в атмосфере Земли происходит ее ослабление за счет рассеяния на аэрозольных образованиях (аэрозоли, облака), молекулах воздуха и поглощения озоном, особенно в стратосферном озонном слое. В зависимости от изменения оптических толщ указанных компонент происходит изменение приходящей солнечной радиации. Таким образом, по анализу данных спектральной прозрачности атмосферы можно получить количественные характеристики аэрозольных образований и озона, в частности спектральные оптические толщи аэрозоля и общее содержание озона.

В настоящей статье анализируются данные вертикальных наблюдений спектральной яркости дневного неба в УФ-диапазоне 280–320 нм. Пространственный угол наблюдений не превышал $7,5 \cdot 10^{-3} \times 5 \cdot 10^{-4}$ ср. Излучение от вертикального столба атмосферы с помощью плоского зеркала направлялось на зеркальный телескоп с диаметром 30 см и фокусом 2 м. Оптическая ось и фокальная плоскость телескопа совмещались с оптической осью и плоскостью входной щели монохроматора МДР-23, входящего в измерительный комплекс КСВУ-23. Спектральное разрешение изменялось в зависимости от яркости неба в пределах 0,08 – 0,26 нм, время записи единичного спектра составляло 1,5 мин. Измерения проводились в течение дня с регистрацией времени измерений, по которому определялся угол положения Солнца. Для анализа были выбраны спектры, полученные в безоблачные дни периода 14 июля – 6 сентября 1994 г. с 9 до 20 ч местного времени. Результаты обработки экспериментальных данных сопоставлялись с измерениями общего содержания озона, проводимого за этот же период озонметром М-124, а также с измерениями освещенности люксметром в фокальной плоскости приемного телескопа. Типичные спектры яркости, полученные 29.06.94 в 14 и 20 ч местного времени (горизонтальные углы положения Солнца 56,5 и 22,4° с разрешением 0,1 и 0,13 нм), приведены на рис. 1. Видно, что уровня Земли достигает УФ-радиация с длиной волны $\lambda > 300$ нм. На рис. 2 дано сравнение освещенности E , замеренной люксметром в области спектра 400–700 нм, с интегральной яркостью неба I в интервале длин волн 310–320 нм. Поскольку в данных спектральных диапазонах в основном ослабление радиации не является селективным (поглощением озоном, водяным паром и окислами азота является незначительным) и обуславливается молекулярным и аэрозольным рассеянием, то, как и видно из рисунка, кривые хорошо коррелируют друг с другом. Коэффициент корреляции, рассчитанный по 53 парам точек, составляет 0,74.

Оптические толщи, обусловленные поглощением атмосферного озона, рассчитывались по формуле

$$\tau = \sin \theta \times \ln (I_2 / I_1), \quad (1)$$

где θ – горизонтальный угол Солнца; I_1 и I_2 – интегральные яркости в интервале длин волн 300–310 и 310–320 нм, I_2 выбрана в качестве опорного сигнала для учета рассеяния света.

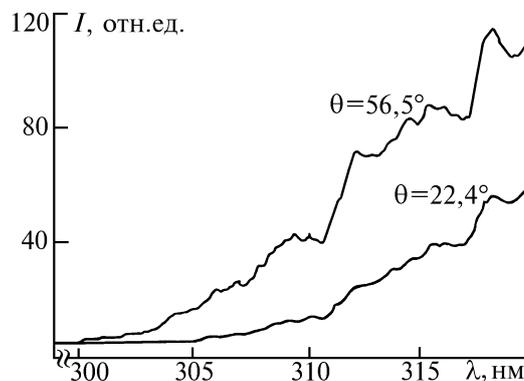


Рис. 1. Спектральные яркости, полученные при разных горизонтальных углах Солнца

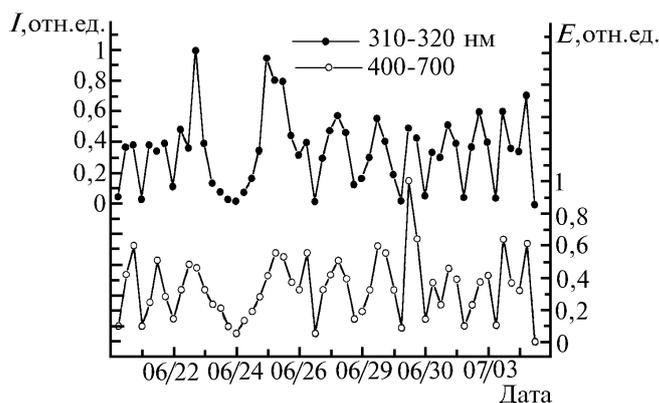


Рис. 2. Сравнение освещенности E (400–700 нм) с интегральной яркостью неба I (310–320 нм)

На рис. 3 показаны оптические толщи, полученные около 10 и 14 ч местного времени ($\theta = 33 \div 35^\circ$ и $55 \div 56,5^\circ$), и временной ход общего содержания озона X в единицах Добсона. Прослеживается идентичное поведение τ и X , что указывает на применимость измерений яркости в диапазоне 300–310 нм для наблюдений общего содержания озона. Вместе с тем попытка обобщить все данные для разных углов положения Солнца θ и найти однозначную связь между τ и X оказалась неудачной. В частности, оптические толщи τ принимали максимальные значения в утреннее и вечернее время измерений и становились минимальными в момент солнечной кульминации. Данный факт нельзя объяснить изменчивостью X , поскольку значения τ варьировались до 100%, а X – не более 8%. Здесь, по-видимому, сказываются условия формирования сигнала светорассеяния в конусе наблюдения и его частичного поглощения в атмосферном озоне. Учет этих факторов требует более детально разработанной методики обработки световых сигналов в зависимости от угла положения Солнца, содержания аэрозоля и озона в атмосфере.

В заключение приведем графики измерения яркости неба в течение двух дней в зависимости от угла положения Солнца (рис. 4). Если сравнивать на рисунке левые и правые ветви спектральных яркостей, полученных в областях спектра 300–310 и 310–320 нм до и после солнечной кульминации, то можно констатировать следующее. Так, для 28.06.94 (рис. 4, а) наблюдается аномальный ход яркости неба относительно кульминации Солнца, то есть при од-

них и тех же горизонтальных углах θ яркость неба после полудня выше яркости до полудня. Однако для следующего дня 29.06.04 (рис. 4, б) ход интегральной яркости в интервале 310–320 нм до кульминации и после практически идентичен.

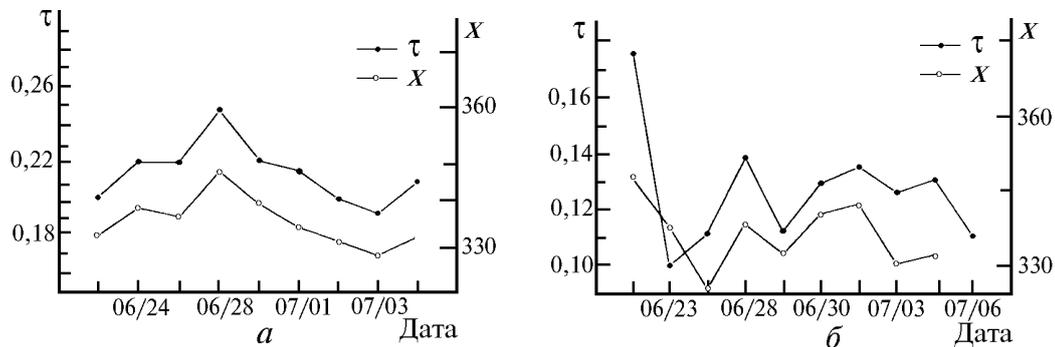


Рис. 3. Оптические толщи τ , измеренные в 10(а) и 14(б) часов местного времени, в сравнении с общим содержанием озона X

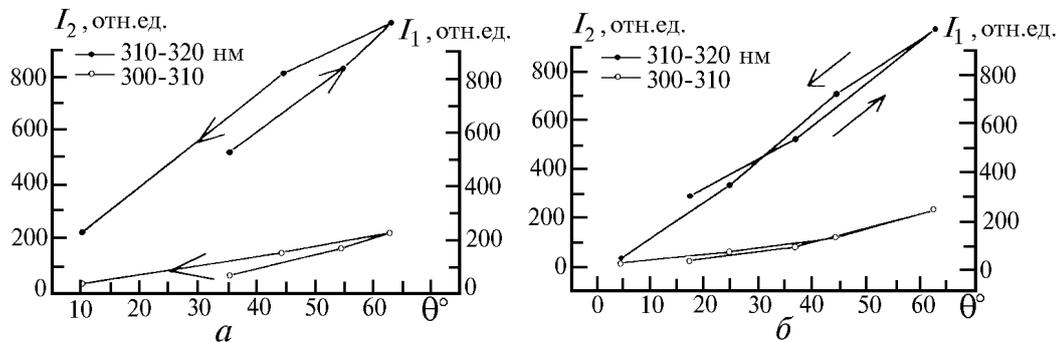


Рис. 4. Дневное измерение яркости неба в зависимости от горизонтального угла Солнца θ : а – 28.06.94, б – 29.06.94

Авторы выражают благодарность С.В. Смирнову за любезно предоставленные результаты измерений общего содержания озона.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 93–05–9383).

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
14 ноября 1994 г.

S.I. Dolgii, V.V. Zuev, V.A. Kazurin, V.N. Marichev, A.I. Petrov. **Preliminary Results of Experimental Investigations of Spectral Sky Brightness in the UV-Spectral Range.**

The paper presents the first results of vertical observation of spectral sky brightness in the range of 280–320 nm. It is shown that the optical depth τ in the range of 300–310 nm correlates with the total ozone content X , if the measurements are performed at one and the same horizontal solar angles. However, to obtain the singlevalued connection between τ and X for different horizontal solar angles a more detailed development of the method of taking account of molecular and aerosol scattering and absorption by ozone is required. In specific cases the anomalous behaviour of sky brightness is observed in the ranges of 300–310 and 310–320 nm relative to the sun culmination.