

ГЕОФИЗИКА

Е. Н. ПАВЛОВА, С. Ф. РОДИОНОВ, М. С. СОМИНСКИЙ и Л. М. ФИШКОВА

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКОСТИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НОЧНОГО НЕБА ПО НЕБЕСНОМУ СВОДУ**

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 4 V 1950)

Осенью 1949 г. нами было предпринято дальнейшее фотометрическое исследование инфракрасного излучения ночного неба в области $\lambda \geq 1 \mu$. Основной задачей являлось измерение распределения яркости инфракрасного излучения по небесному своду и определение на основе полученных данных высоты эффективного излучающегося слоя; кроме того, исследовались ночные вариации излучения, экстремальный характер которых был обнаружен нами в 1948 г. (1).

Измерения Б. И. Красовского (2) показали, что первоначальные данные о спектральном составе инфракрасного излучения ночного неба вблизи 1μ , полученные Стеббинсом, Уайтфордом и Свингсом (3), неверны; в области 900—1100 м μ в спектре ночного неба имеется несколько эмиссионных линий, а не одна линия $\lambda = 1040 \text{ м}\mu$, как утверждали эти авторы. Учет новых данных о спектральном распределении излучения мало меняет полученные нами ранее величины интенсивности излучения в области 900—1100 м μ , выраженные в абсолютных единицах. Так, расчет по данным статьи Красовского дает для измеренной нами в 1949 г. на высоте 2200 м средней интенсивности величину $I = 1,28 \text{ эрг}/\text{см}^2 \text{ сек. стерад.}$, предполагая же в этом интервале 900—1100 м μ наличие одной только линии $\lambda = 1040 \text{ м}\mu$, мы получили бы $I = 1,32 \cdot 10^{-2} \text{ эрг}/\text{см}^2 \text{ сек. стерад.}$.

Измеряемые нами величины I , очевидно, представляют суммарную интенсивность длин волн 10827, 10374, 10217, 9976 и 9391 Å, обнаруженных Красовским.

Обнаруженный нами максимум инфракрасного излучения в полночь был объяснен нами (1) присутствием в верхних слоях атмосферы ночью ультрафиолетовой радиации солнца, диссоциирующей возбужденные в результате реакций рекомбинации молекулы и тем препятствующие их высвечиванию; интенсивность этой радиации проходит через минимум в полночь, благодаря чему в полночь и наблюдается максимум инфракрасного излучения неба.

Измерения инфракрасного излучения ночного неба осенью 1949 г. производились на Эльбрусе на высотах 2200 и 4200 м с помощью фотометров с вторично-электронной электростатической трубкой (4); область 900—1100 м μ выделялась светофильтром. Угол охвата прибора при сохранении достаточной чувствительности мог быть доведен до 25 кв. град. Спектральная чувствительность фотометра вместе со светофильтром была определена в абсолютных единицах предварительной градуировкой (см. рис. 1). При измерениях систематически контролировалась прозрачность атмосферы в исследуемой области спектра

путем измерений светового потока от небольшого прожектора, расположенного на расстоянии 1 км от фотометра. В ряде случаев отсутствие в условиях наблюдений сколько-нибудь заметных колебаний прозрачности в течение ночи констатировалось посредством измерения лунного света при различных зенитных расстояниях луны.

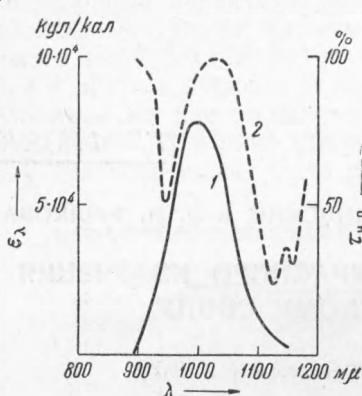


Рис. 1. Спектральная чувствительность фотометра (1) и пропускание водяного пара (2)

сек. стерад., что весьма близко к величинам, полученным в 1948 г. на той же высоте в том же районе. Несмотря на то, что ошибка при измерении фототока не превышает 1%, ошибка при определении интенсивности в абсолютных единицах составляет около 20%, в основном вследствие трудности точного определения угла охвата фотометра с электростатической трубкой.

Одновременные измерения на высотах 2200 и 4200 м дали для средней интенсивности излучения $1,12 \cdot 10^{-2}$ и $3,07 \cdot 10^{-2}$ эрг/см² сек. стерад. соответственно, что дает для слоя атмосферы толщиной 2 км между соответствующими пунктами величину поглощения инфракрасной радиации $\sigma = 2,7$. Следует заметить, однако, что эта величина получена на основании лишь нескольких измерений.

Зависимость инфракрасной яркости неба от зенитного расстояния и от азимута измерялась на высотах 2200 и 4200 м.

Типичное распределение яркости инфракрасного излучения по зенитному расстоянию приведено на рис. 2; нами было получено около сотни таких кривых.

Одна из многих полученных нами кривых азимутального распределения (сечение, параллельное горизонту) для двух зенитных расстояний дана на рис. 3. Как видно из рис. 3, инфракрасная яркость, в отличие от видимой яркости неба, распределение которой по небесному своду изучено (⁵), почти не зависит от азимута (правда, регулярно повторяются небольшие отклонения, заметные и на рис. 3).

Полученные данные о распределении яркости инфракрасного излучения неба по зенитным расстояниям позволяют вычислить эффективную высоту излучающего слоя. Несмотря на то, что область

В результате ряда измерений подтверждалось наличие максимума инфракрасного излучения в полночь при практической неизменной в течение ночи прозрачности воздуха.

Было наблюдано два случая отсутствия максимума (из 12 ночей), причем один из них сопровождался уменьшением прозрачности в середине ночи; 5 IX наблюдалась кратковременная вспышка излучения, когда в течение нескольких минут интенсивность излучения возросла в 10 раз, быстро упав затем до первоначального значения.

Интенсивность инфракрасного излучения в полночь на высоте 2200 м для августа — октября 1949 г. меняется в пределах от $0,82 \cdot 10^{-2}$ до $2,05 \cdot 10^{-2}$ эрг/см²

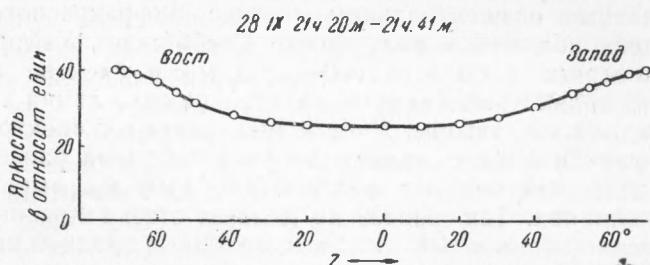


Рис. 2. Зенитное распределение яркости инфракрасного излучения неба

чувствительности фотометра сравнительно широка (см. рис. 1) и в нее попадают 5 линий, могущих принадлежать разным атомам и молекулам, определение эффективной высоты излучающего слоя имеет большое значение.

Если предположить, как это делается обычно, что яркость ночных неба определяется равномерным свечением некоторого тонкого слоя, расположенного на высоте h , то наблюдаемая под углом z (зенитное расстояние) яркость равна:

$$B(z) = AL(z)P(z), \quad (1)$$

где A — постоянная, $L(z)$ — толщина светящегося слоя в направлении наблюдения и $P(z) < 1$ — прозрачность атмосферы в данном направлении. В правом приближении можно положить:

$$L(z) = \sec z = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 z}{(1 + h/R)^2}}}, \quad (2)$$

где h — эффективная высота излучающего слоя и R — радиус земли.

Величину $P(z)$ В. Г. Фесенков⁽⁶⁾ полагает равной $(p + \alpha)^{f(z)}$, где p — прозрачность атмосферы к свету данной длины волны, α — фактор, учитывающий вторичное рассеяние, и $f(z)$ — воздушная масса. На основании (1) и (2):

$$B(z) = \frac{A(p + \alpha)^{f(z)}}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 z}{(1 + h/R)^2}}}. \quad (3)$$

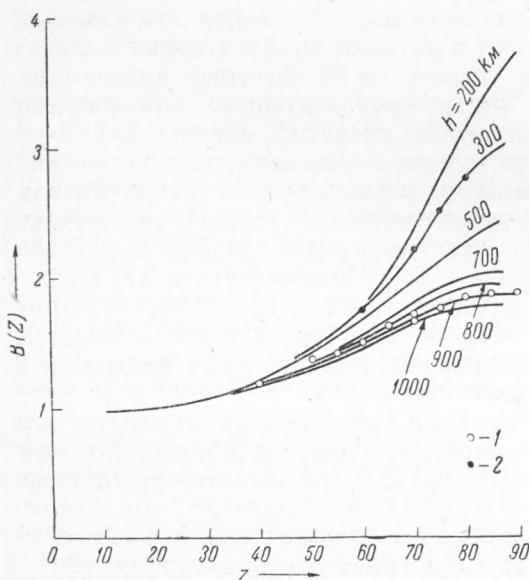


Рис. 4. Определение высоты эффективного излучающего слоя: 1 — данные для инфракрасного излучения, 2 — данные М. Г. Каримова для зеленой линии

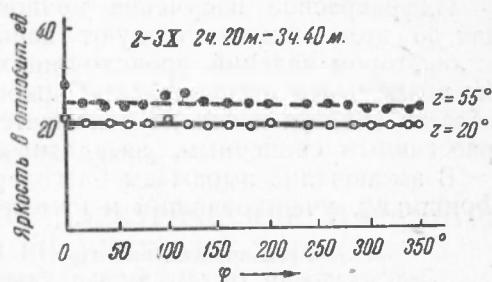


Рис. 3. Азимутальное распределение яркости инфракрасного излучения ночного неба

Высота излучающего слоя была нами определена путем сравнения наблюденных значений яркости со значениями $B(z)$, вычисленными для разных h по формуле (3). Величины прозрачности были вычислены с помощью сводной таблицы, составленной из имеющихся литературных данных и собственных измерений с учетом поглощения водяного пара (пунктирная кривая рис. 1). Результаты этого сравнения сводной кривой инфракрасной яркости ночного неба, полученной нами на высотах 2200 и 4200 м, с расчетными данными приведены на рис. 4. Как видно из рис. 4, точки хорошо ложатся на кривую для $h = 900$ км. На том же

рисунке приведены для сравнения также данные В. Г. Фесенкова⁽⁶⁾ и М. Г. Каримова⁽⁷⁾ о зенитном распределении яркости зеленой линии светимости ночного неба. Вычисленная нами по этим данным эффективная высота соответствующего излучающего слоя $h = 300$ км в пределах ошибки сходится с данными вычислений Каримова.

Инфракрасное излучение ночного неба в области 1μ является, как об этом свидетельствуют данные настоящей работы, удобным индикатором явлений, происходящих в верхних слоях атмосферы, хотя бы потому, что распределение яркости по небесному своду для этой области спектра почти не искажается (в отличие от видимой области) рассеянным солнечным, звездным и зодиакальным светом.

В заключение выражаем благодарность Э. И. Безверхнему и Л. Г. Фришману, участвовавшим в измерениях.

Физический институт
Ленинградского государственного университета
им. А. А. Жданова и
Эльбруssкая экспедиция Геофизического института
Академии наук СССР

Поступило
4 IV 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Ф. Родионов и Е. Н. Павлова, ДАН, **65**, № 7, 831 (1949). ² Б. И. Красовский, ДАН, **70**, № 6 (1950). ³ J. Stebbins, A. Whitford and P. Swings, Phys. Rev., **66**, 225 (1944). ⁴ А. Л. Ошерович, Е. Н. Павлова, С. Ф. Родионов и Л. М. Фишкова, ЖТФ, **19**, в. 2, 184 (1949). ⁵ И. А. Хвостиков, Свечение ночного неба, Изд. АН СССР, 1948. ⁶ В. Г. Фесенков, Изв. АН СССР, сер. физ., **11**, № 1, 19 (1947). ⁷ М. Г. Каримов, Астрон. журн., **24**, 114 (1947).