

К. К. ЧУВАЕВ

## О СВЕЧЕНИИ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ

(Представлено академиком Г. А. Шайном 1 X 1952)

1. Как известно, фотометры с вторично-электронными умножителями, разработанные несколько лет назад, позволили начать совсем недавно электрофотометрические исследования спектра ночного неба путем регистрации световых потоков в относительно узких участках спектра (1-3). Уже в первых работах такого рода были получены очень интересные результаты.

Роч и Петит (2) впервые детально исследовали структуру слоев, излучающих  $\lambda$  5577 и  $\lambda$  5892, и высказали ряд соображений об их движениях. Кроме того, они сделали новое определение эффективной высоты слоя [O1] 5577. Барбье, Дюфей и Вильямс (3) нашли, что верхние слои земной атмосферы являются не только источником монохроматических излучений, но и источником свечения с непрерывным спектром. При этом оказалось, что изменения интенсивности последнего тесно связаны с изменениями интенсивности зеленой линии кислорода  $\lambda$  5577.

К сожалению, перечисленные выводы получены в результате некоторых недостаточно обоснованных предположений и при небезукоризненной методике обработки. Наиболее серьезное возражение вызывает предположение о распределении энергии в непрерывном спектре ночного неба, которое считается таким же, как у звезд спектрального класса G0. С другой стороны, важный вывод о существовании свечения атмосферы в непрерывном спектре был получен на основании непосредственных электрофотометрических наблюдений лишь в одном узком участке непрерывного спектра ночного неба.

В свете изложенного представлялось интересным при помощи наблюдений в нескольких участках непрерывного спектра подтвердить выводы Барбье, Дюфея и Вильямса, а также изучить характер распределения энергии в непрерывном спектре свечения земной атмосферы.

2. Для наблюдений был использован фотометр с сурьмяно-цезиевым фотоумножителем, установленный на азимутальном штативе. Оптическая схема представляла собой известную схему Фабри. Объектив фотометра типа «Триплет Цейсса» имел  $F = 700$  мм и светосилу 1:5. Рабочее поле равнялось 8,8 кв. градусов.

На рис. 1 изображены кривые пропускания интерференционных фильтров в комбинации со стеклянным фильтром GG-7, использованных для выделения различных участков спектра. Согласно Эльви, Свингсу и Линке (4), в пределах полос пропускания указанных фильтров, исключая фильтр  $\lambda$  5580, действительно нет ни одной эмиссионной линии или полосы, интенсивность которой превосходила бы 0,01 интенсивности зеленой линии  $\lambda$  5577. Полосы гидроксидов, как показывают теоретические расчеты И. С. Шкловского (5) и Мейнела (6) и наблюдения Роча, Петит и Вильямса (7), в указанной области также слабы.

Все измерения яркостей калибровались фотометрическим стандартом (радиофосфором). Яркость фотометрического стандарта в абсолютных единицах была найдена путем сравнений со звездами с таким же распределением энергии, как и в спектре Солнца. Средняя квадратичная ошибка одного отчета фотометра оказалась порядка 1% от измеряемых величин.

За интенсивность зеленой линии кислорода принималась разность между измеренной интенсивностью с фильтром  $\lambda_{\text{ср}} 5580$  и соответствующей интенсивностью излучения в непрерывном спектре. Последняя находилась как результат интерполяции непрерывного спектра по наблюдениям с остальными фильтрами. Учет поглощения и рассеяния света в земной атмосфере проводился по методу В. Г. Фесенкова<sup>(8)</sup>. Коэффициент прозрачности для каждой ночи определялся несколько раз из наблюдений избранных звезд.

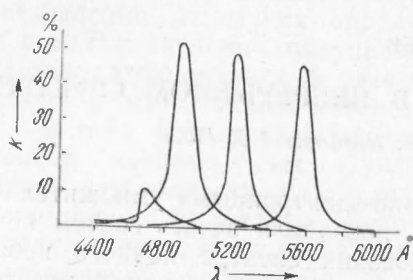


Рис. 1

3. Уже первые наблюдения, начатые в октябре 1951 г. на Крымской астрофизической обсерватории АН СССР (в Симеизе), показали, что распределение энергии в непрерывном спектре свечения ночного неба заметно отличается от распределения в звездах типа G0 и скорее соответствует распределению у звезд типа K5.

Этот факт нельзя понять, если полагать, что свечение ночного неба обусловлено только светом звезд (распределение энергии в спектре суммарного света звезд считается близким к G0<sup>(9, 2, 3)</sup>) и зодиакальным светом (спектральный состав которого также близок к G0<sup>(10, 11)</sup>).

Далее на рис. 2 изображены кривые изменения яркости ночного неба в различных участках спектра для полярной области ночью 2—3 XII 1951 г. В нижней части рисунка представлен график изменений коэффициента прозрачности в ту же ночь для  $\lambda 5220 \text{ \AA}$ .

Легко видеть, что от 21 часа 15 мин. до 1 часа ночи наблюдаемая яркость возросла более чем на 40%. Такое сильное изменение не может быть объяснено изменениями звездного света, так как фотометр тщательно наводился на одну и ту же конфигурацию звезд. Не может объяснить его и незначительное изменение коэффициента прозрачности. Что касается зодиакального света, то в литературе нет указаний, которые в какой-либо степени подтверждали возможность быстрых и больших изменений его яркости. Таким образом, мы приходим к выводу о существовании нестационарного свечения земной атмосферы с непрерывным спектром.

Серьезным аргументом в пользу высказанного предположения является также следующий факт.

В табл. 1 даны (в десятых долях яркости фотометрического стандарта) наблюдаемые яркости участка неба в 24-й площадке Каптейна ( $I_{24}$ ) на различных зенитных расстояниях ( $Z_{24}$ ) и обычно фотометрируемой площадки в полярной области ( $I_p$ ). Приведенные значения относятся к участку спектра около  $\lambda 5220 \text{ \AA}$  без редукации за рассеяние и поглощение в атмосфере.

При внимательном рассмотрении таблицы нельзя не признать роста

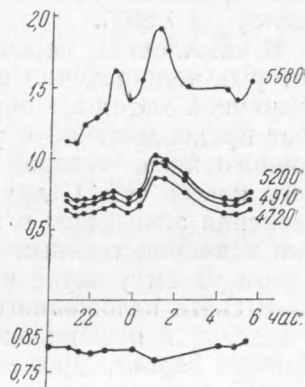


Рис. 2

$I_{24}$  по мере увеличения зенитного расстояния. В ночь 29—30 XII 1951 г. указанный эффект очевиден. Относительно ночи 23—24 I 1952 г. сделаем некоторые пояснения.

Расчет яркости, обусловленной звездным и зодиакальным светом, показывает, что она должна уменьшаться по мере роста зенитного расстояния. Но согласно таблице яркость при  $Z = 63^\circ$  не меньше, а несколько больше, чем при  $Z = 10^\circ$ ! Далее, обратим внимание на некоторый спад яркости в полярной области, который, вероятно, имел место и в области площадки Каптейна. Можно думать, что без отмеченного спада рост яркости по мере приближения к горизонту был бы хорошо заметен.

Приведенный факт является непосредственным подтверждением существования источника света земного происхождения, излучающего непрерывный спектр.

При определении интенсивности в различных областях непрерывного спектра свечения атмосферы мы опирались на оценки интенсивности звездного и зодиакального света, произведенные Барбье, Дюфеом и Вильямсом (3). Кроме того, считалось, что распределение энергии в спектрах этих составляющих для полярной области такое же, как и у звезд типа GO (<sup>9-11</sup>).

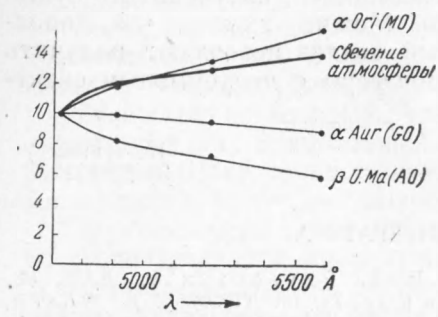


Рис. 3

Результаты обработки наблюдений указывают на существенные изменения интенсивности в непрерывном спектре в течение отдельных ночей и еще большие изменения от ночи к ночи.

В табл. 2 для сравнения даны предельные значения интенсивностей излучения за все время наблюдений (с октября 1951 г. по апрель 1952 г.) зеленой линии кислорода и непрерывного спектра атмосферного свечения на участке от  $\lambda$  4720 Å до  $\lambda$  5580 Å. Все величины относятся к зениту наблюдателя с учетом поглощения и рассеяния. Для того же участка спектра дана интенсивность излучения в полярной области, обусловленная звездным и зодиакальным светом.

Характер распределения энергии в непрерывном спектре атмосферного свечения оказался более или менее неизменным, исключая ночи с небольшой интенсивностью, когда он мог искажаться даже небольшими ошибками в оценке звездной и зодиакальной составляющих. На рис. 3 даны кривые относительного распределения энергии в непрерывном спектре этого свечения и спектра некоторых звезд, полученные из наблюдений.

В заключение приведем результаты сопоставления изменений интенсивности  $\lambda$  5577 и непрерывного спектра атмосферного свечения в области около  $\lambda$  5220 Å.

Таблица 1

29—30 XII 1951			23—24 I 1952		
$Z_{24}$	$I_{24}$	$I_p$	$Z_{24}$	$I_{24}$	$I_p$
$1^\circ$	8,0	6,9	$10^\circ$	8,2	6,9
$18^\circ$	8,6	7,2	$28^\circ$	8,6	7,0
$34^\circ$	9,7	8,2	$50^\circ$	8,4	6,4
$44^\circ$	9,8	7,9	$63^\circ$	8,3	6,1

Таблица 2

Источники свечения	$I_{\max}$	$I_{\min}$
	в эрг/см <sup>2</sup> ·сек·кв. градус	
Непрерывн. спектр . . . . .	$6,77 \cdot 10^{-8}$	$1,20 \cdot 10^{-8}$
[01] 5577 . . . . .	$1,38 \cdot 10^{-8}$	$0,29 \cdot 10^{-8}$
Звездн. и зодиак. свет . . . . .	$3,6 \cdot 10^{-8}$	

На рис. 4 по оси  $X$  отложены интенсивности излучения  $\lambda 5577$ , по оси  $Y$  — соответствующие интенсивности излучения в непрерывном спектре ночного неба. Обе интенсивности получены по наблюдениям в полярной области в различные ночи (на рисунке различные значки), в которые коэффициент прозрачности менялся незначительно. Редукция интенсивностей в непрерывном спектре за звездный и зодиакальный свет не проводилась, так как она только сместила бы нульпункт, не изменяя общей картины.

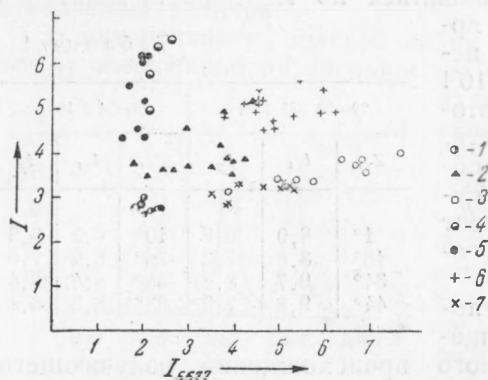


Рис. 4. 1—28—29 XI 1951; 2—2—3 XII 1951; 3—21—22 XII 1951; 4—23—24 XII 1951; 5—25—26 XII 1951; 6—28—29 XII 1951; 7—21—22 II 1952

Вильямса, согласно которым между указанными излучениями существует тесная однозначная зависимость. Можно думать, что дополнительные наблюдения и их тщательный анализ позволяют получить новые данные о природе свечения атмосферы с непрерывным спектром.

Крымская астрофизическая обсерватория  
Академии наук СССР

Поступило  
27 IX 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> С. Ф. Родионов, Е. Н. Павлова, Е. В. Рдудтовская, ДАН, **66**, 55 (1949); Е. Н. Павлова, С. Ф. Родионов и др., **73**, 69 (1950). <sup>2</sup> F. Roach, H. Pettit, J. Geophys. Res., **56**, 395 (1951). <sup>3</sup> D. Barbier, J. Dufay, D. Williams, Ann. d'Astrophys., **14**, No. 4, 399 (1951). <sup>4</sup> С. Т. Elvey, P. Swings, W. Linke, Ap. J., **93**, 337 (1941). <sup>5</sup> И. С. Шкловский, Изв. Крымск. астр. obs., **7**, 34 (1951). <sup>6</sup> A. V. Meinel, Ap. J., **112**, 120 (1950). <sup>7</sup> F. Roach, H. Pettit, D. Williams, J. Geophys. Res., **55**, No. 2, 183 (1950). <sup>8</sup> В. Г. Фесенков, Метеорная материя в междупланетном пространстве, изд. АН СССР, 1947. <sup>9</sup> F. A. Шайн, П. Ф. Шайн, ДАН, **35**, 152 (1942). <sup>10</sup> С. Т. Elvey, P. Rudnik, Ap. J., **86**, 342 (1937). <sup>11</sup> H. C. van de Hulst, ibid., **105**, 471 (1947).