

НАБЛЮДЕНИЯ ИНФРАКРАСНЫХ ПОЛОС *OH* СВЕЧЕНИЯ НОЧНОГО НЕБА ПРИ ПОМОЩИ РЕГИСТРИРУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРА

Л. М. ФИШКОВА

С целью более детального исследования суточных и пространственных вариаций интенсивности инфракрасного излучения гидроксила верхней атмосферы и дальнейшего усовершенствования проводимой в Абастуманской обсерватории многолетней электрофотометрической службы эмиссии *OH* [2, 5, 6] нами изготовлен простой регистрирующий электрофотометр. Блоксхема его приводится на рис. 1. Питающей оптикой служит короткофокусное параболическое зеркало Z_1 диаметром 280 мм и фокусным расстоянием 280 мм; рассеивающая линза L_1 удлиняет фокус системы до 420 мм; диагональное зеркало Z_2 направляет лучи на фотокатод фотумножителя фэу-22; линза Фабри L_2 строит на фотокатоде изображение зеркала Z_1 ; D — вращающийся диск со светофильтрами; фототок фэу-22 усиливается фабричным усилителем постоянного тока, выполненным по балансной схеме на двух лампах — двойном электрометрическом тетраде 2Э2П (входная лампа) и двойном триоде 6Н15П; регистрирующим прибором является трехточечный электронный потенциометр ЭПП-09. Для питания фэу-22 используется стабилизированный выпрямитель ВС-9. Диск D имеет три отверстия: два для светофильтров, а третье отверстие закрыто заглушкой и это положение служит для регистрации нулевой линии (темного фона). Диск вращается мотором M ; когда на ЭПП-09 каретка ставит точку, она задней своей планкой нажимает на кнопку K_1 и включает мотор, который начинает вращать диск и автоматически выключается концевым выключателем K_2 , когда светофильтр займет положение на оптической оси. Таким образом происходит автоматическая смена трех положений диска и в течение ночи осуществляется непрерывная запись интенсивности излучения в двух спектральных участках и запись нулевой линии. Самописец ставит точки с интервалом в 20 сек, таким образом один цикл — отсчет в двух светофильтрах и ноль — длится одну минуту.

Электрофотометр укреплен на горизонтальной монтировке. Оптическая часть, блок с фэу и входом усилителя находятся на наблюдательной площадке, а усилитель, регистрирующая часть и питание — на расстоянии 11 метров двумя этажами ниже.

Механическая часть электрофотометра выполнена в обсерватории А. К. Майером.

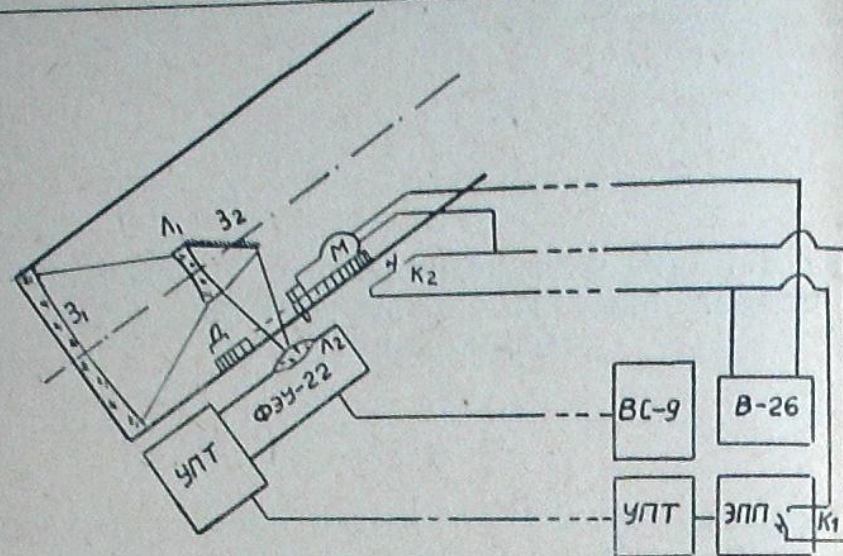


Рис. 1.

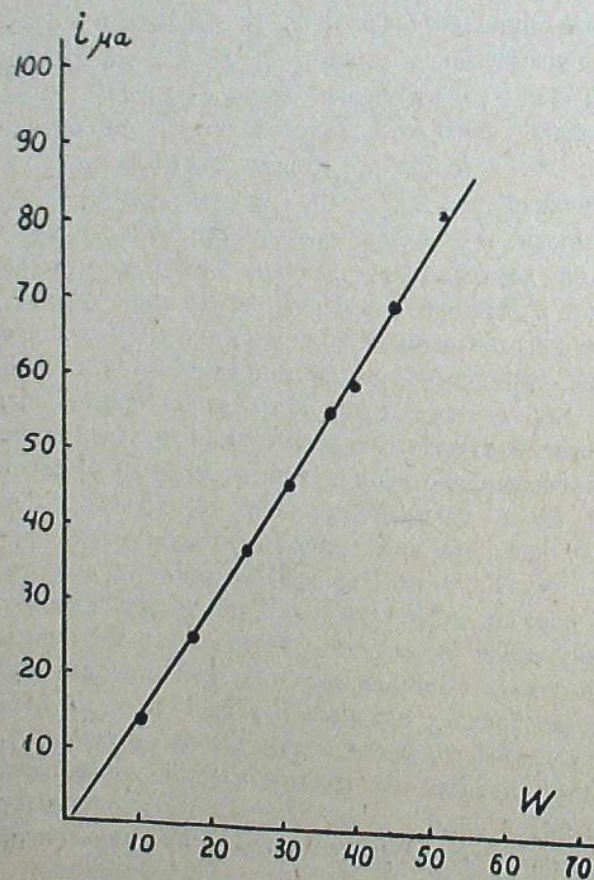


Рис. 2.

В электрофотометре использованы два светофильтра: 1) первый, интерференционный, с полушириной полосы пропускания 90 ангстрем и максимумом для 8450 ангстрем; пропускание измерялось в тех условиях, в которых светофильтр стоит в электрофотометре; 2) второй светофильтр типа ИКС-3 толщиной 6 мм, коротковолновая граница полосы пропускания 9200 ангстрем, длинноволновая граница определяется границей чувствительности фотокатода фэу и равна 11800 ангстрем; для определения эффективной кривой пропускания этого светофильтра измерялась спектральная чувствительность используемого фэу-22 по методу, описанному ранее [1,2].

Электрофотометр работает стабильно, флуктуации темнового фона на выходе электрофотометра, определяющие точность отсчета, не превышают 1% от средней величины отсчета при выбранном напряжении питания фэу-22 (1200 в) и выбранном усилении усилителя по току (37000). Линейность электрофотометра приводится на рис. 2, где на оси ординат — отсчеты на выходе ЭПП-09, на оси абсцисс — измеряемый световой поток в относительных единицах. Чувствительность электрофотометра контролируется каждый час по измерениям светового потока эталонной лампы, смонтированной в крышку бленды. В случае использования фэу-22 такой ежедневный контроль совершенно необходим, т. к. чувствительность фотоумножителя фэу-22 может медленно увеличиваться в течение длительной непрерывной работы (примерно на 30—50% за 4—6 часов).

Область пропускания первого светофильтра (Φ_1) охватывает полностью полосу ОН (6—2), а область пропускания второго светофильтра (Φ_2) охватывает шесть полос: ОН (8—4), ОН (3—0), ОН (9—5), ОН (4—1), ОН (5—2) и ОН (6—3). Калибровка в абсолютных единицах выполнялась при помощи метода Роча [3] по измерениям через каждый светофильтр яркости звезды α Возничего. Абсолютная чувствительность электрофотометра составляет в светофильтре Φ_1 $q_\lambda = 21$ рэлей/деление и в светофильтре Φ_2 $q_\lambda = 43$ рэлей/деление (где 1 рэлей равен $4\pi \cdot 10^6$ квант/см² сек стерад.). Тогда абсолютная интенсивность полосы ОН (6—2) равна:

$$I_{6-2} = n_g q_\lambda \sum_i \frac{I_i}{\sum_i I_i T_i} \text{ рэлей,}$$

где n_g — показания ЭПП-09, I_i — относительная интенсивность i -й линии полосы (6—2), а T_i — пропускание светофильтра для соответствующей длины волны. Относительные интенсивности взяты из „Атласа спектров свечения ночного неба“ [4]. Величина суммы определялась в соответствии с вращательной температурой эмиссии ОН, измерявшейся для каждой ночи наблюдений спектрографическим методом, однако легко показать, что величина этой суммы в пределах точности измерений не зависит от $T_{ОН}$ и для данного случая равна $10,7 \pm 0,6$. Тогда наблюдаемая абсолютная интенсивность полосы ОН (6—2) равна

$$I_{6-2} = 225 n_g \text{ рэлей.}$$

Абсолютная интенсивность каждой из полос $ОН$, входящих в область пропускания светофильтра Φ_2 , будет равна

$$I_{\epsilon-\epsilon''} = n_g q_{\lambda} \frac{\bar{I}_{\epsilon-\epsilon''}}{\sum \bar{I}_{\epsilon-\epsilon''} T_{\epsilon-\epsilon''}} \text{ рэлей,}$$

где $\bar{I}_{\epsilon-\epsilon''}$ — средняя относительная интенсивность каждой из полос по [4], а $T_{\epsilon-\epsilon''}$ — средний эффективный коэффициент пропускания светофильтра для данной полосы. Такой способ определения $I_{\epsilon-\epsilon''}$ из абсолютных измерений суммарной интенсивности полос в светофильтре Φ_2 является, конечно, приближенным, так как относительное распределение интенсивности по этим полосам может меняться от ночи к ночи, однако далее будет показано, что эти изменения не выходят за пределы ошибок измерений. Тогда, например $I_{3-2} = 634 n_g$ рэлей, и т. д. для других полос для каждой свой численный множитель.

Непрерывный фон свечения ночного неба не учитывался в данных измерениях интенсивности инфракрасных полос $ОН$, так как в этой области спектра он пренебрежимо мал по сравнению с интенсивностью самих полос $ОН$. Действительно, эквивалентная ширина пропускания светофильтров (т. е. $\Delta\lambda = \int T_{\lambda} d\lambda$) составляет для Φ_1 : $\Delta\lambda = 31,4$ ангстрема и для Φ_2 : $\Delta\lambda = 73,5$ ангстрема. Согласно имеющимся в литературе данным [8] средняя интенсивность непрерывного фона в ближней инфракрасной области будет $\sim 0,5$ рэлей/А. Тогда вклад непрерывного фона составит для светофильтра Φ_1 не более 1% от измеряемой интенсивности $ОН$, а для светофильтра Φ_2 — еще меньше, т. к. интенсивность входящих в него полос на порядок больше.

Диаметр поля зрения электрофотометра составляет $3^{\circ},5$. Ввиду большой ошибки поля проводились специальные измерения эффективной площади поля зрения из наблюдений прохождения звезд по полю. Эффективная площадь поля зрения составила 2,4 кв. град., с точностью $\pm 12\%$. Точность этих измерений поля в основном и определяет ошибку измеряемых абсолютных интенсивностей при помощи данного электрофотометра.

Регулярные наблюдения абсолютной интенсивности полосы $ОН$ (6—2) проводятся с января 1963 г., а полос (8—4), (3—0), (9—5), (4—1) (5—2), (6—3) с ноября 1964 г. Собран большой наблюдательный материал. Для характеристики работы электрофотометра и его возможностей в таблице 1 приводятся данные для пяти ночей наблюдений. Во втором и третьем столбцах интенсивность полос $ОН$ (6—2) и $ОН$ (5—2) в рэлях в зените, в четвертом столбце отношение интенсивностей этих полос, в конце таблицы приводятся средние интенсивности и средняя величина их отношения за указанные пять ночей, а также, для сравнения, интенсивности по данным вероятностей перехода для линейного дипольного момента [7] полученными.

Таблица 1

Таблица 1					Таблица 2				
Дата	t	I_{6-2}	I_{5-2}	I_{6-2}/I_{5-2}	Дата	t	$I_{\text{ш.г.}}$	$I_{\text{рег.}}$	$I_{\text{ш.г.}}/I_{\text{рег.}}$
2—3 XI 64	21 ^h 00 ^m	1390	8800	0,16	2—3 XI 64	21 ^h 00 ^m	16400	13600	1,20
	0 30	1550	10000	15		0 30	20800	15600	33
	1 30	2020	12600	16		1 30	22000	19500	13
	2 00	1860	11300	16		2 00	23400	17500	20
3—4 XI 64	21 00	1390	11200	12	3—4 XI 64	21 20	22700	17400	30
	0 20	1260	8600	15		0 20	19400	13500	40
	1 12	1410	10000	14		1 12	20700	15900	30
	2 10	1560	11100	14		2 10	21500	17900	20
	3 50	1660	13600	12		3 50	24000	21400	12
4—5 XII 64	20 14	1430	12500	11	4—5 XII 64	20 14	21900	19700	11
	21 00	1540	13000	12		21 00	22200	20500	08
	22 00	1570	11100	14		22 00	20000	17500	14
	23 00	1340	8900	15		23 00	17900	14000	28
	0 00	1340	8600	16		0 00	17100	13600	26
	1 00	1200	8400	14		1 00	17600	13200	33
	2 45	1250	8900	14		2 45	22400	14000	60
	3 40	1500	11300	13		3 40	22300	17800	25
	6—7 XII 64	20 15	1920	16900		11	6—7 XII 64	20 15	29600
21 00		1840	13200	14	21 00	25600		20800	23
22 00		1730	12300	13	22 00	24600		20200	22
23 00		1600	10500	15	23 00	22000		16600	32
0 00		1770	12200	14	0 00	21900		19200	14
1 00		1490	10000	15	1 00	20300		15700	29
4—5 I 65	2 00	1250	9700	13	4—5 I 65	2 00	19700	15300	29
	3 00	1270	9400	14		3 00	20800	14800	40
	21 00	1080	9000	12		21 00	16100	14200	13
	22 00	1420	11100	13		22 00	18700	15500	07
	0 00	1230	9250	13		0 00	20100	14600	37
	1 10	980	6650	15		1 10	15600	10500	48
Средн.		1500	11000	0,14	Средн.		—	—	1,25
	Вычисл.		1700	12000		0,14			

В таблице 2 приводится сравнение интенсивностей полос $ОН$, полученных при помощи описанного в данной работе регистрирующего электрофотометра, с интенсивностями этих же полос, измеренных одновременно на широкоугольном электрофотометре, который систематически используется нами с 1952 года для изучения вариаций эмиссии $ОН$ [2, 5]. Во втором столбце приводится суммарная интенсивность в зените четырех полос $ОН$ (8—4), (3—0), (9—5), (4—1), измеренная на широкоугольном электрофотометре, в третьем столбце — суммарная интенсивность этих же полос, полученная из измерений на регистрирующем электрофотометре в светофильтре Φ_2 , в четвертом — отношение суммарных интенсивностей, полученных на обоих приборах. Результатом таблицы 2 является тот факт, что суммарная интенсивность четырех полос $ОН$, полученная из наблюдений на регистрирующем электрофотометре, прокалиброванном по звезде, в среднем с точностью до 25% совпадает с одновременными наблюдениями на широкоугольном фотометре, прокалиброванном независимо в 1954 и в 1956 г., путем измерения распределения энергии в калиброванной лампе [2]. Тот факт, что интенсивности, измеренные на широкоугольном фото-

метре, на 25% выше измеренных на регистрирующем, можно объяснить тем, что ввиду большого угла зрения (72°) на первом приборе измеряется не интенсивность в зените, а средняя интенсивность, соответствующая кругу радиусом 36° и с центром в зените, поэтому измеренные интенсивности будут несколько завышены в силу эффекта ван-Райна. Кроме того здесь еще будут играть роль пятнистость и неравномерность распределения свечения по небу. Регистрирующий фотометр имеет, как указывалось выше, малое поле зрения и даёт истинные интенсивности в зените.

Малый разброс значений величины отношения интенсивности полос $OH(6-2)$ к интенсивности полосы $OH(5-2)$ (табл. 1) свидетельствует о том, что отношение интенсивностей полос с близкими значениями верхнего колебательного уровня меняется мало, а так как в области пропускания светофильтра Φ_2 вклад полос с $v \leq 6$ составляет 85%, а с $v > 6$ лишь 15%, то описанный выше метод определения I_{v-1} по отсчетам светофильтра Φ_2 можно считать приемлемым в пределах ошибки наблюдений.

Апрель, 1965.

ლამის ცის ნათების ჰიდროქსილის ინფრარითელი ზოლის დაკვირვება მარეგისტრირებადი ელექტროფოტომეტრით

ლ. ფიშკოვა

(რეზიუმე)

აღწერილია მარეგისტრირებადი ელექტროფოტომეტრი, რომელიც გამოიყენება ატმოსფეროს მაღალი ფენების ჰიდროქსილის გამოსხივების გამოკვლევისათვის (ნახ. 1). ელექტროფოტომეტრი დაყალიბებულია აბსოლუტურ ერთეულებში და საშუალებას იძლევა ჩატარდეს $OH(6-2)$ და $9200-11800$ ანგსტრემის უბანში მყოფი ზოლების აბსოლუტური ინტენსივობების უწყვეტ რეგისტრაცია. ჰიდროქსილის ზოლების გაზომილი ინტენსივობები რეგისტრირდება და მათი ფარდობა კარგად ეთანხმება აბსოლუტურ ინტენსივობებსა და მათ ფარდობას, მიღებულთ ხაზოვანი დიპოლის მომენტისათვის აღბათობათა გადსვლის გამოყენებით (ცხრილი 1).

OBSERVATIONS OF AIRGLOW INFRARED OH BANDS WITH THE AID OF RECORDING ELECTROPHOTOMETER

L. M. FISHKOVA

(Summary)

The subject of the paper is a simple recording electrophotometer designed for observations of upper atmosphere infrared hydroxyl emission (fig. 1). The electrophotometer was calibrated in absolute units and enabled

les continuous simultaneous recording of absolute intensity of $OH(6-2)$ band and OH bands in the region of $\lambda\lambda(9200-11800) \text{ \AA}$ during a night in the given direction. The mean measured absolute intensities of the bands mentioned coincide well with those calculated with the aid of probabilities for linear moment.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ошерович А. Л., Павлова Е. Н., Родионов С. Ф., Фишкова Л. М. Фотоэлектрический метод регистрации малых световых потоков, Журн. Технич. Физики, 1949, т. 19, 184-204.
2. Фишкова Л. М. Вариации интенсивности свечения ночного неба в ближней инфракрасной области, Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. 1955, № 19, 3-23.
3. Roach F. E. Manual for photometric observations of the airglow during the IGY. National Bureau of Standards, № 5006, 1956, 1-33.
4. Атлас спектра излучения ночного неба $\lambda\lambda 3000-12400 \text{ \AA}$. Институт Физики Атмосферы АН СССР, 1962.
5. Фишкова Л. М., Маркова Г. В. Некоторые результаты электрофотометрических наблюдений эмиссий OI , Na , OH и непрерывного фона в свечении ночного неба. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс. 1959, № 24, 161-173.
6. Фишкова Л. М. Сезонные и годовые вариации интенсивности свечения ночного неба в Абастумани. Сборник статей „Полярные сияния и свечение ночного неба“, Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1962, № 9, 5-7.
7. Шефов Н. Н. О населенности колебательных уровней молекул гидроксила. Сборник статей „Полярные сияния и свечение ночного неба“, Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1962, № 6, 21-27.
8. Шефов Н. Н. Непрерывный спектр в свечении ночного неба. Сборник статей „Полярные сияния и свечение ночного неба“, Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 5, 39-41.