

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ
НАБЛЮДЕНИЙ ЭМИССИИ OI , Na , OH И НЕПРЕРЫВНОГО ФОНА
В СВЕЧЕНИИ НОЧНОГО НЕБА

Л. М. ФИШКОВА и Г. В. МАРКОВА

С июля 1957 года, в связи с началом Международного геофизического года, программа электрофотометрических наблюдений свечения ночного неба в Абастуманской обсерватории была значительно расширена [1]. Наряду с наблюдениями инфракрасного излучения, данные о временных вариациях которого за 1952—1954 гг. были опубликованы ранее [2], начаты наблюдения основных эмиссий ночного неба в видимой области спектра — излучения атомарного кислорода $\lambda 5577\text{\AA}$, $\lambda 63000\text{—}6364\text{\AA}$, атмосферного натрия $\lambda 5890\text{\AA}$, а также излучения ночного неба в непрерывном спектре. В данной статье излагаются некоторые результаты одновременного изучения основных эмиссий ночного неба как в видимой, так и в инфракрасной области спектра, полученные за период с июля 1957 г. по июнь 1958 г.

1. Абсолютная интенсивность полос OH в области $9000\text{—}10550\text{\AA}$

Интенсивность инфракрасного излучения ночного неба в области $\Delta \lambda 9000\text{—}10550\text{\AA}$ систематически измерялась при помощи инфракрасного электрофотометра, схема и параметры которого оставались теми же, что и в 1952—54 гг. [2]. Данные этих наблюдений дали возможность определить суммарную абсолютную интенсивность следующих полос атмосферного гидроксила: $OH(8\text{—}4)$, $OH(3\text{—}0)$, $OH(9\text{—}5)$, $OH(4\text{—}1)$. Для того, чтобы выразить измеряемые интенсивности в абсолютных единицах, необходимо знать абсолютную спектральную чувствительность электрофотометра. Ее можно определить двумя путями: либо измерить яркость стандартной звезды во всех используемых фильтрах, либо снять спектральную характеристику электрофотометра, пользуясь лампой с известной цветовой температурой. Так как инфракрасный электрофотометр не был снабжен оптикой, необходимой для измерения звезд, был избран второй путь. Промерялось распределение энергии в сплошном спектре эталонной лампы накаливания СЦ-62 (12 в, 100 вт, $T_{\text{ц}} = 2850^\circ\text{K}$) через монохроматор УМ-2 сначала при помощи термоэлемента с известной абсолютной чувствительностью, а затем, в том же режиме лампы, при помощи электрофотометра. Тогда спектральная чувствительность электрофотометра будет равна:

$$e_{\lambda} = \frac{i_g \sigma}{i_T (R_{gT} + R_T)} \text{ а/ватт} \quad (1)$$

где i_g — фототок на выходе электрофотометра в амперах, i_T — термоток, σ — чувствительность термоэлемента в вольтах на ватт, R_{gt} и R_T — сопротивления гальванометра термоэлемента и самого термоэлемента соответственно. Отдельно на спектрофотометре СФ-4 измерялась кривая пропускания светофильтра. На рис. 1 приводится кривая спектральной чувствительности электрофотометра с учетом пропускания T_λ светофильтра.

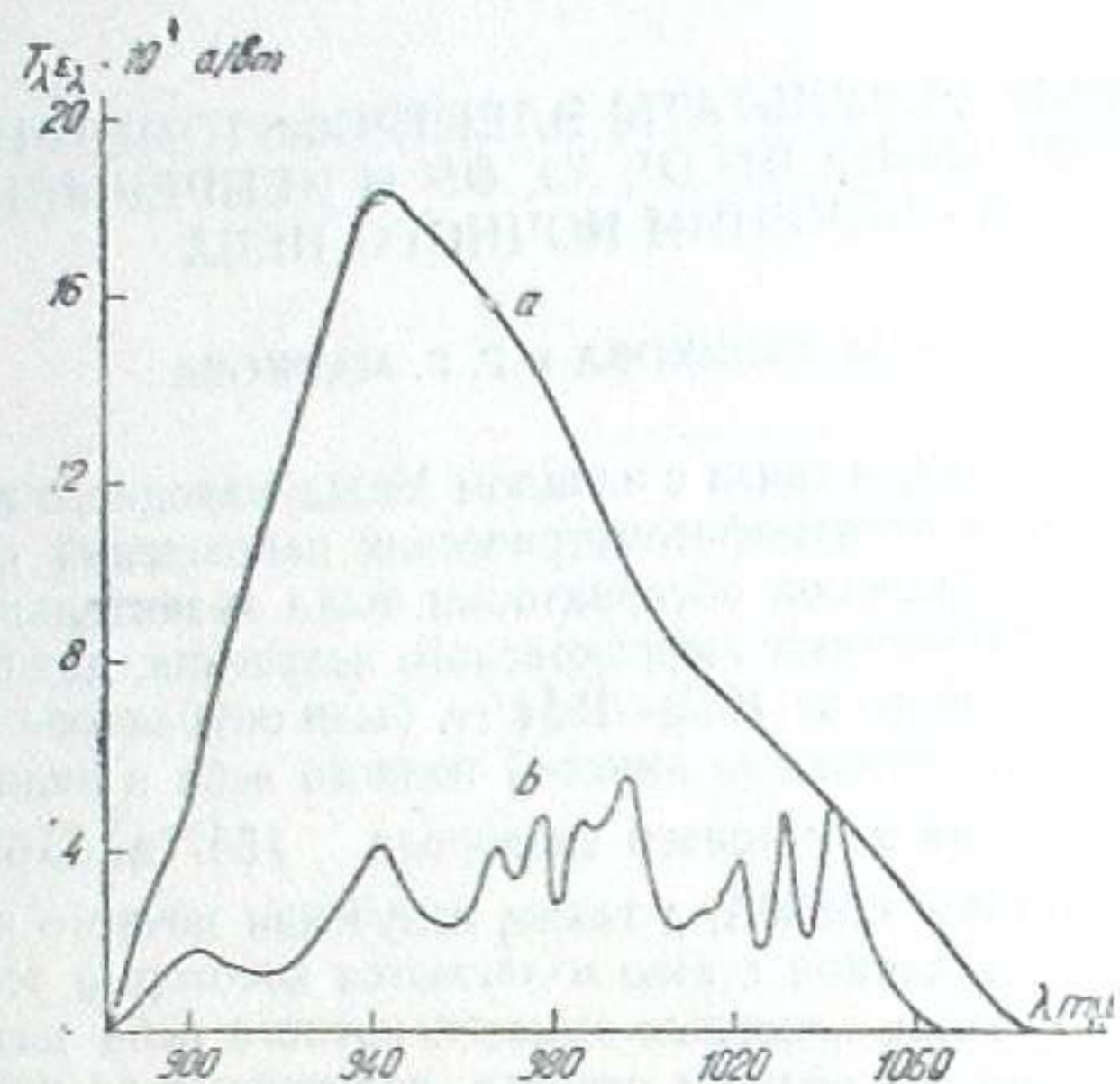


Рис. 1

Кроме спектральной чувствительности, для вычисления суммарной интенсивности полос ОН в участке $\Delta\lambda$ необходимо знать относительное распределение интенсивности J_λ в последнем. Для этого были использованы данные В. И. Красовского [3, 4] и Н. И. Федоровой [5] по распределению интенсивности в полосах ОН(8—4), (3—0), (9—5) и (4—1). Кривая б рис. 1 представляет собой спектральную чувствительность электрофотометра с учетом распределения энергии в исследуемом участке спектра, т. е.:

$$\int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} T_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda, \quad (2)$$

где J_{max} — максимальная интенсивность в области $\Delta\lambda$. Тогда, если фототок на выходе электрофотометра будет

$$i_g = \int_{\Delta\lambda} J_\lambda T_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda = J_{max} \int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} T_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda, \quad (3)$$

то измеренная полная интенсивность указанных полос будет равна

$$J_{OH} = \int_{\Delta\lambda} J_\lambda d\lambda = J_{max} \int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} d\lambda = i_g \frac{\int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} d\lambda}{\int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} T_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda}. \quad (4)$$

Или, если телесный угол электрофотометра равен Ω стерadians, а площадь окна электрофотометра S см², то

$$J_{OH} = 10^{-6} \frac{4\pi i_g}{S\Omega h\nu} \frac{\int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} d\lambda}{\int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} T_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda} \text{ рэлеев}; \quad (5)$$

1 рэлей-4 п В, где В — яркость ночного неба в единицах 10^6 квант/см² сек. стеррад. Для того, чтобы получить внеатмосферные значения J_{OH} , необходимо учесть ослабление в нижних слоях земной атмосферы, обязанное, с одной стороны, рэлеевскому рассеянию и, с другой стороны, поглощению водяным паром. Первая часть дает спектральный коэффициент прозрачности P_λ , который достаточно стабилен для горы Канобили и для $\lambda = 9600\text{Å}$ меняется в пределах 0.92 — 0.99. Гораздо более существенным является учет поглощения водяным паром, который имеет полосу поглощения $\rho\sigma\tau$, входящую в область чувствительности фотометра. Если ширина этой полосы $\Delta\lambda_w$ и функция полного пропускания $P(w)$, то при данном содержании водяного пара w_{cm} осажденной воды внеатмосферное значение интенсивности свечения J_{OH}^{on} будет:

$$J_{OH}^{on} = \frac{J_{OH}}{P_\lambda P'(w)}, \quad (6)$$

где

$$P'(w) = 1 - [1 - P(w)] \frac{\int_{\Delta\lambda_w} J_\lambda / J_{max} T_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda}{\int_{\Delta\lambda} J_\lambda / J_{max} T_\lambda \epsilon_\lambda d\lambda}. \quad (7)$$

Здесь J_λ , J_{max} , T_λ , ϵ_λ имеют значения, указанные выше. Содержание водяного пара определялось из метеорологических данных об абсолютной влажности [2], а $\Delta\lambda_w$ и $P(w)$ взяты из литературных источников [6, 7].

Из измеренной интенсивности свечения не вычитался сплошной фон, так как есть основания полагать, что в области 9000—10550Å его интенсивность невелика [2].

2. Измерение абсолютной интенсивности эмиссий ОI и Na.

Измерение интенсивности эмиссий $\lambda 5577\text{OI}$, $\lambda\lambda 6300-6364\text{OI}$, 5890Na производилось при помощи электрофотометра, состоящего из фотоэлектронного умножителя ФЭУ-32 с висмута-цезиевым фотокатодом и усилителя постоянного тока, собранного по схеме дифференциального катодного повторителя на двойном триоде 6Н2П. Электрофотометр снабжен объективом $D=80$ мм, $F=200$ мм, в фокальной плоскости которого имеется линза Фабри и диск с тремя диафрагмами, обеспечивающими поле зрения 29.4 кв. град, 19.2 кв. град (рабочая диафрагма) и 0,06 кв. град (используемая при измерении звезд). Перед объективом по-

мещается диск, вращающийся от мотора, с шестью интерференционными светофильтрами, имеющими диаметр 78 мм. Три светофильтра служат для измерения интенсивности эмиссионных линий и центрированы на длины волн 5577Å, 6320Å, 5890Å, а три других центрированы на длины волн 5290Å, 5730Å, 6060Å и служат для измерения интенсивности непрерывного фона. На рис. 2 приводится спектральная характеристика ФЭУ-32 в амперах/ватт при рабочем напряжении 960 вольт и кривые пропускания светофильтров. Для наводки на звезду имеется гид и призма прямого угла с окуляром, вдвигающаяся в пространство между линзой Фабри и

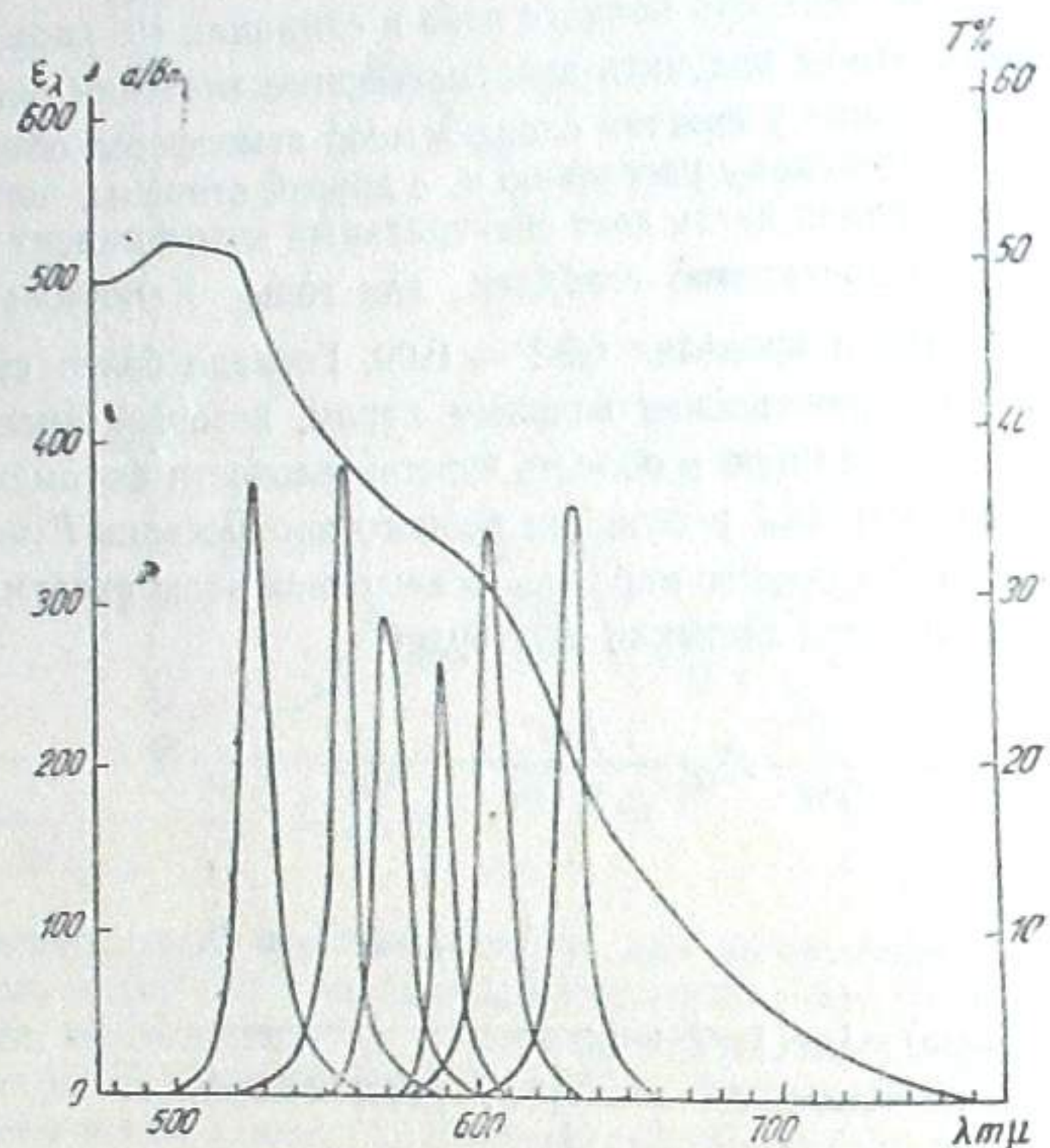


Рис. 2

ФЭУ. Электрофотометр проградуирован в абсолютных единицах по методу, предложенному Рошем в инструкции для электрофотометрических наблюдений свечения ночного неба по программе МГГ [8]. Во всех светофильтрах измерялась яркость звезды α Aurigae (Капелла) класса G0 и находилась звездная величина (C) звезды того же класса что и Солнце (G2), которая давала бы отклонение 1мм на выходе электрофотометра:

$$0,4c = \log n_k + E + D + 0,4 m_1, \quad (8)$$

где n_k — отсчет по Капелле, в мм, $E = 0,43 \tau m_2$ — поправка за атмосферную экстинкцию, D — логарифмическая поправка, приводящая отсчет по звезде класса G0 к отсчету по звезде класса G2, m_1 — звездная величина Капеллы. Число рэлеев на единицу отклонения, q_λ , будет равно:

$$q_\lambda = 10^{-6} \frac{4\pi J_\odot W \cdot 2,5^{m_\odot - c}}{\Omega h \nu T_{эм}} \text{ рэлеев,} \quad (9)$$

где Ω — телесный угол фотометра встерадианах, J_\odot — абсолютная энергия от Солнца в эрг/см сек. А, W — эквивалентная ширина пропускания светофильтра в Å, равная

$$W = \int T_\lambda d\lambda, \quad (10)$$

и $T_{эм}$ — пропускание для λ , соответствующей данной эмиссии, m_\odot — звездная величина Солнца. Интенсивность эмиссионной линии определялась вычитанием интенсивности, измеренной в фильтре фона, из интенсивности, измеренной в фильтре эмиссии:

$$J_{эм} = n_{эм} q_{эм} - n_\phi q_{\phi} k, \quad (11)$$

Здесь k — коэффициент, учитывающий неодинаковость ширин полос пропускания фильтра фона и фильтра эмиссии:

$$k = \frac{W_{эм} T_\phi}{W_\phi T_{эм}}, \quad (12)$$

Большое значение имеет контроль постоянства прозрачности в течение ночи, в особенности, если исследуется ночной ход свечения. Удобным способом является измерение яркости Полярной, ϵ U. Minoris. Если предварительно определить ее внеатмосферную яркость в единицах отклонения прибора, стоящего на выходе электрофотометра, то каждое измерение яркости Полярной будет давать коэффициент прозрачности в данный момент. Однако следует учесть, что Полярная является переменной звездой типа δ Цефея. Амплитуда изменения ее яркости в видимой области спектра в среднем равна $0^m.14$, а период — 3,97 суток [9]. Поэтому вначале была определена внеатмосферная кривая переменности Полярной, приведенная на рис. 3 (на оси ординат отложены отсчеты на выходе электрофотометра в мм). Звездой сравнения служила ϵ U. Minoris (4,^m4: G5), вне-

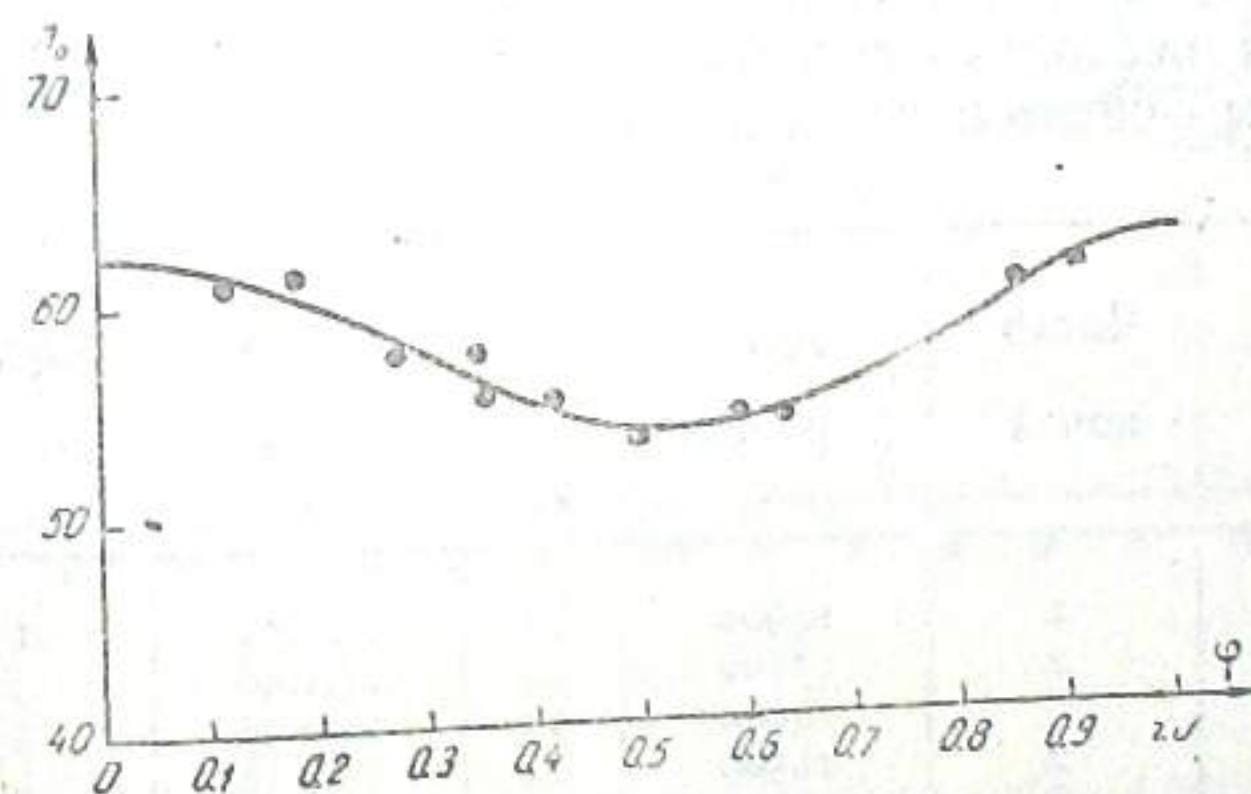


Рис. 3

атмосферная яркость которой определена в течение ряда хороших ночей с устойчивой прозрачностью, для которых p_λ определялся по методу Бугера из измерений α Aurigae для разных Z . Измерения Полярной и ϵ U. Minoris производились без светофильтра. Эффективная длина волны, для которой получена кривая переменности, $\lambda_{эф} = 5200\text{Å}$. В каждый данный

момент $p_{\lambda} = V \frac{m_{\lambda}}{n/n_0}$, где n — отсчет по Полярной, а n_0 — его внеатмосферное значение для данной фазы. Для перехода от p_{λ} для 5200 \AA к p_{λ} для 5577 \AA , 6300 \AA и т. д. использовалась кривая спектральной прозрачности по данным Моунт-Вильсон [10]. Учет рассеяния в нижних слоях атмосферы производился по методу В. Г. Фесенкова [11], согласно которому вместо p_{λ} следует брать $1,1 (p_{\lambda} + 0,03)^{0,7}$.

Постоянство чувствительности фотометра контролировалось в течение ночи по измерениям яркости эталонной лампы.

3. Результаты наблюдений

Согласно программе МГГ по электрофотометрии свечения ночного неба, наблюдения велись каждый час поясного времени в зените во всех указанных выше областях спектра. Кроме того, производились измерения в полярной области (для $Z=51^{\circ}$), а на инфракрасном фотометре и для $Z=35^{\circ}S$.

Величина измеренной суммарной интенсивности полос ОН(8—4), (3—0), (9—5) и (4—1) оказалась близкой по порядку к значениям, теоретически вычисленным Рочем [8]. Роч дает следующие интенсивности указанных полос (см. таблицу I):

$v'-v''$	$\lambda, \text{ \AA}$	I (в рэлях)
8—4	9382	2970
3—0	9788	440
9—5	10010	5770
4—1	10380	1690
Суммарная интенсивность		10870

В таблице II приводятся полученные в данной работе средние за период суммарные интенсивности указанных полос в зените; каждый период включает несколько соседних ночей; во втором столбце — средняя дата, в третьем — число ночей в периоде.

№ п. п.	Средн. дата	Число ночей	J_{OH} (в рэлях)	№ п. п.	Средн. дата	Число ночей	J_{OH} (в рэлях)
1	5.7.57	2	14900	11	13.1.58	1	23300
2	22.7.57	2	13500	12	23.1.58	3	27000
3	30.7.57	3	14000	13	12.2.58	3	21200
4	3.8.57	2	11500	14	19.2.58	2	21500
5	15.9.57	2	23300	15	26.3.58	1	17000
6	30.9.57	2	16200	16	13.5.58	1	19000
7	18.10.57	3	17300	17	18.5.58	2	14700
8	24.10.57	2	21400	18	22.5.58	2	18300
9	29.10.57	2	24500	19	14.6.58	3	20400
10	23.11.57	1	26100	20	23.6.58	1	22000
Средняя за все время							19400

Средняя величина J_{OH} за исследованный период почти в два раза больше вычисленной Рочем. Однако следует иметь в виду, что J_{OH} подвержена значительным сезонным и суточным вариациям. Например, минимальная величина J_{OH} в $1^h 50^m$ 30 июля 1957 г. составляла 7400 рэлеев, а максимальная величина, которая имела место в $3^h 23^m$ 30 октября 1957 г., составляла 34400 рэлеев. Т. е. колебания от минимального до максимального значения могут быть более чем в четыре раза.

Так же, как и в предыдущие годы, наибольшая интенсивность полос ОН наблюдалась в ноябре. Однако общий характер сезонного хода отличается от сезонного хода предыдущих лет. Если в 1953—1955 гг. ноябрьский максимум и летний минимум отчетливо выражены, то сезонный ход в 1957—1958 имеет более неправильный характер; появился ряд добавочных максимумов, а высота главного максимума и общая интенсивность за весь период возросли более чем на 30% по сравнению с 1954 годом (см. рис. 4). Рост J_{OH} в 1957—1958 гг. и более возмущенный характер сезонного хода можно объяснить ростом солнечной активности от минимума в 1954 г. к максимуму 1957 г. В то же время видно, что связь вариации свечения ночного неба с солнечной активностью невелика, т. к.

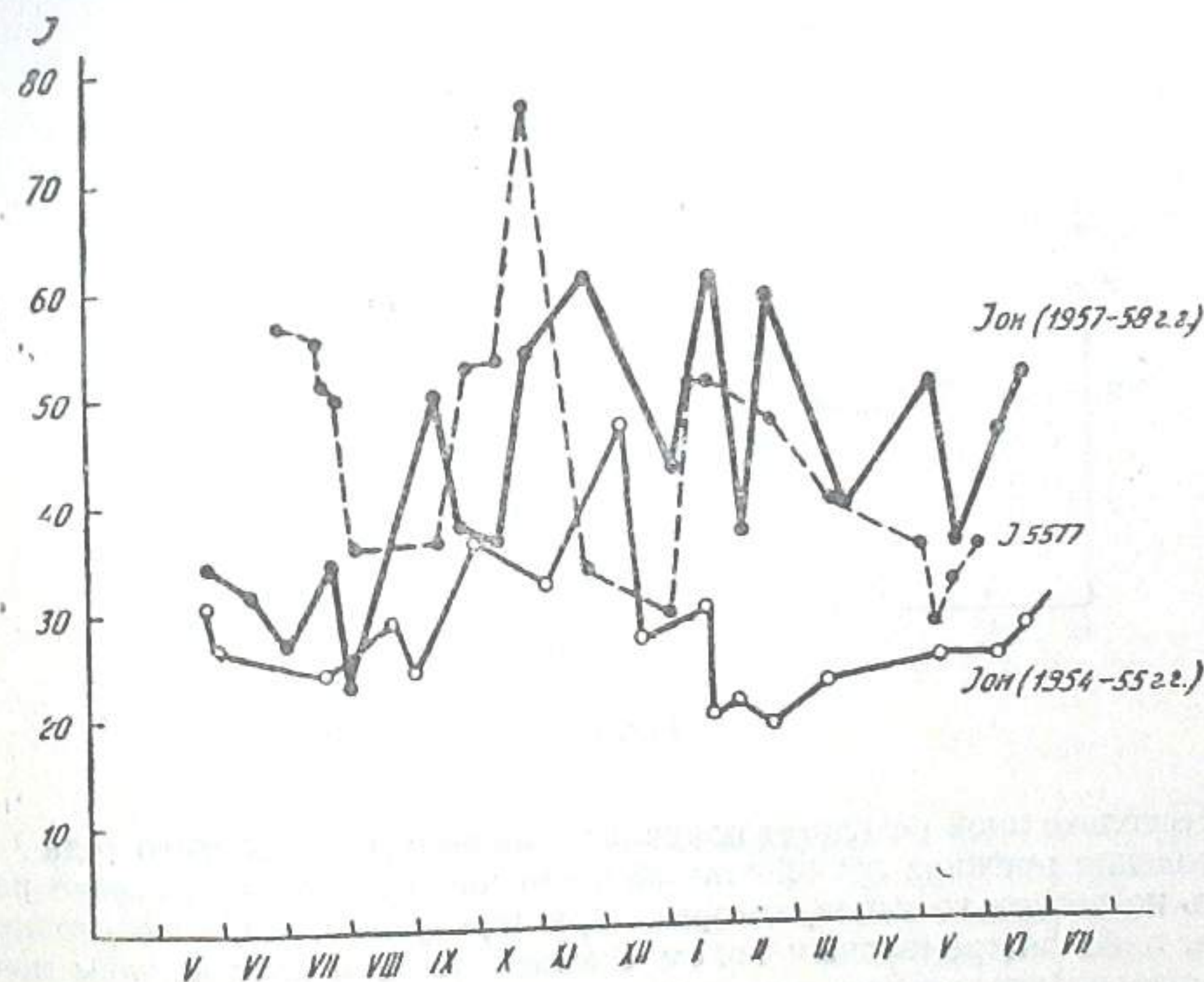


Рис. 4

от минимума к максимуму последней J_{OH} возросла всего на 30%. Этот факт находится в согласии с точкой зрения [12], заключающейся в том, что за свечение ночного неба ответственна, в общем, сравнительно мягкая ультрафиолетовая радиация Солнца с $\lambda > 1200 \text{ \AA}$, которая мало меняется с солнечной активностью. В то же время, в периоды повышенной солнечной активности может сказаться воздействие жесткого коротковолнового излучения, например: ультрафиолетового и рентгеновского

излучения короны [13], а также корпускулярного излучения, интенсивность которых зависит от солнечной активности.

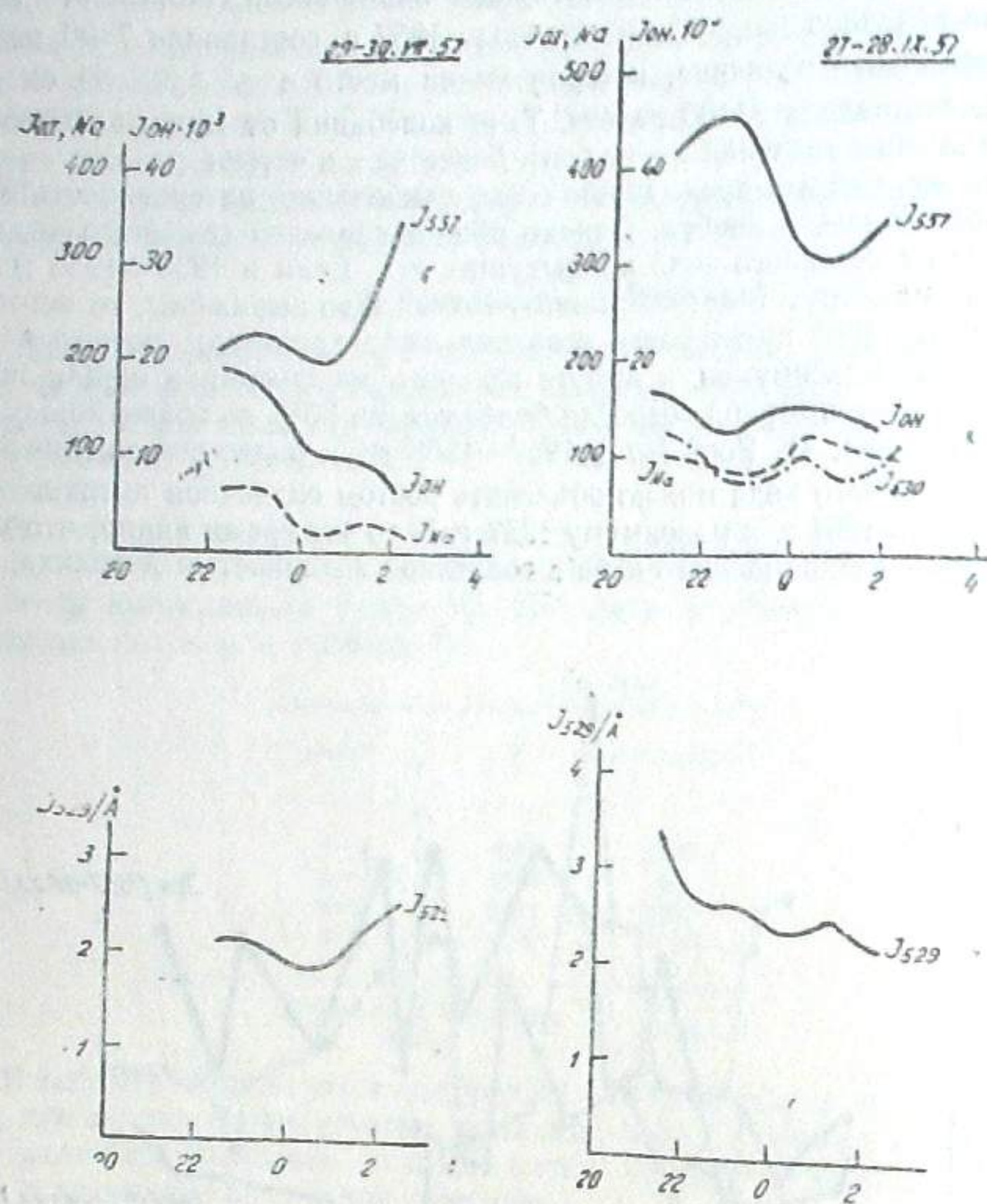


Рис. 5

Несколько иной результат получился также и для суточного хода J_{OH} . Наблюдения прежних лет [2] показали, что ночные вариации можно разделить на несколько типов, которые характеризуются либо монотонным ходом, либо экстремальным ходом с максимумом в разные часы ночи. При этом предполагалось, что в периоды повышенной солнечной активности должен преобладать экстремальный ход с максимумом в полночь, что согласуется с рекомбинационной теорией свечения ночного неба [14]. Однако, наблюдения ночных вариаций J_{OH} 1957—58 гг. для $\Delta\lambda$ 9000—10550 Å показывают другую картину: несмотря на максимум солнечной активности, число ночей с максимумом в полночь не увеличилось, а наоборот уменьшилось; лишь для одной ночи из двадцати полных ночей наблюдений имеет место максимум интенсивности J_{OH} в полночь. В подавляющем большинстве случаев максимум наблюдается во вторую половину ночи между 2-мя и 4-мя часами поясного времени. В особенности это характерно для ночей с большой интенсивностью свечения в кон-

це октября 1957 г. и в январе—феврале 1958 г. Ход свечения в эти ночи подобен вариациям интенсивности полосы OH(6—2) 8347 Å, наблюдавшимся Бертье в течение ряда лет: падение с вечера к полуночи, минимум в полночь и резкий максимум во второй половине ночи [15].

На рис. 5, 6, 7, приводятся ночные вариации интенсивности основных эмиссий J_{OH} , J_{557} , J_{630} , J_{589} и интенсивности излучения в непрерывном спектре (J_{ϕ}), для $\lambda\lambda$ 529 мμ, 606 мμ, 573 мμ для пяти ночей. На оси ординат отложена интенсивность в рэлях для эмиссионных линий и в рэлях на

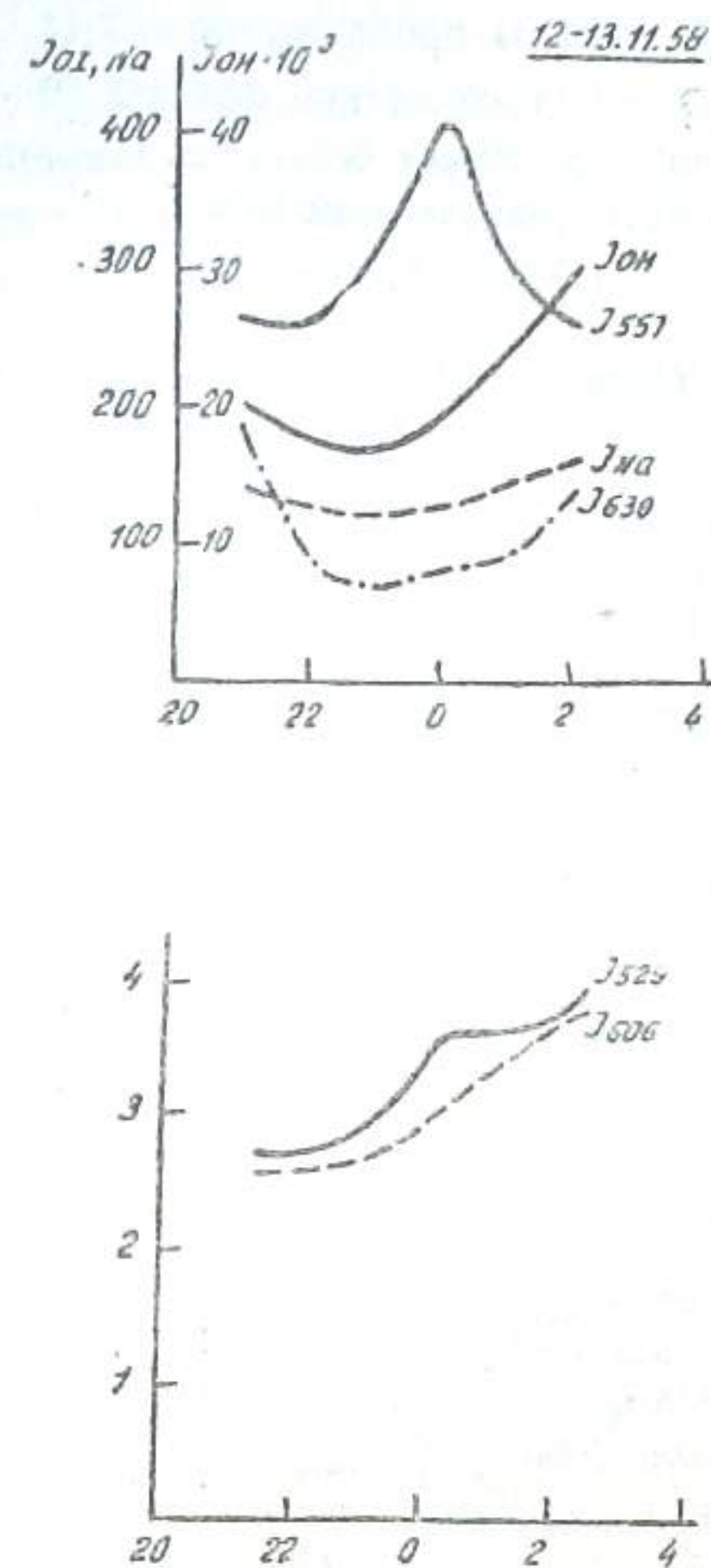


Рис. 6

ТА для непрерывного фона, на оси абсцисс—поясное время. Интересным является сопоставление вариаций интенсивности полос OH и эмиссии λ 5577 OI. Суточные вариации указанных эмиссий всегда имеют обратный ход. Если J_{OH} достигает максимума между 2—4 часами, то J_{557} опережает J_{OH} на 2—3 часа и преимущественно имеет максимум около полуночи, (см. рис. 5, 6, 7). Почти всегда минимум J_{OH} совпадает с максимумом J_{557} . Также при сравнении J_{OH} и J_{557} за ряд соседних ночей оказывается, что если в течение данного периода интенсивность свечения имеет экстремальный ход, то максимальное значение J_{OH} запаздывает при-

мерно на сутки по отношению к J_{557} . Это же отражается на сезонном ходе обеих эмиссий: максимум J_{557} (пунктирная кривая на рис. 4) опережает максимум J_{OH} примерно на месяц.

Красная линия кислорода $\lambda\lambda$ 6300—6364Å преимущественно наиболее интенсивна в начале и в конце ночи и минимальна в полночь. Что же касается D—линии натрия, то она в течение ночи повторяет ход J_{OH} . Это можно было бы объяснить тем, что на линию λ 5893Å накладывается Q ветвь полосы (8—2) OH, учесть которую при выбранном методе измерений весьма затруднительно, т. к. используются широкополосные светофильтры с полушириной полосы пропускания $\sim 70\text{Å}$. То же самое относится и к λ 6300 OT: отделить ее от ветвей полосы (9—3) OH невозможно, поэтому в те ночи, когда J_{OH} имеет большую величину, ночной ход J_{630} имеет небольшой максимум в то же время, что и J_{OH} (см. например 18—19.2.58 г. на рис. 7).

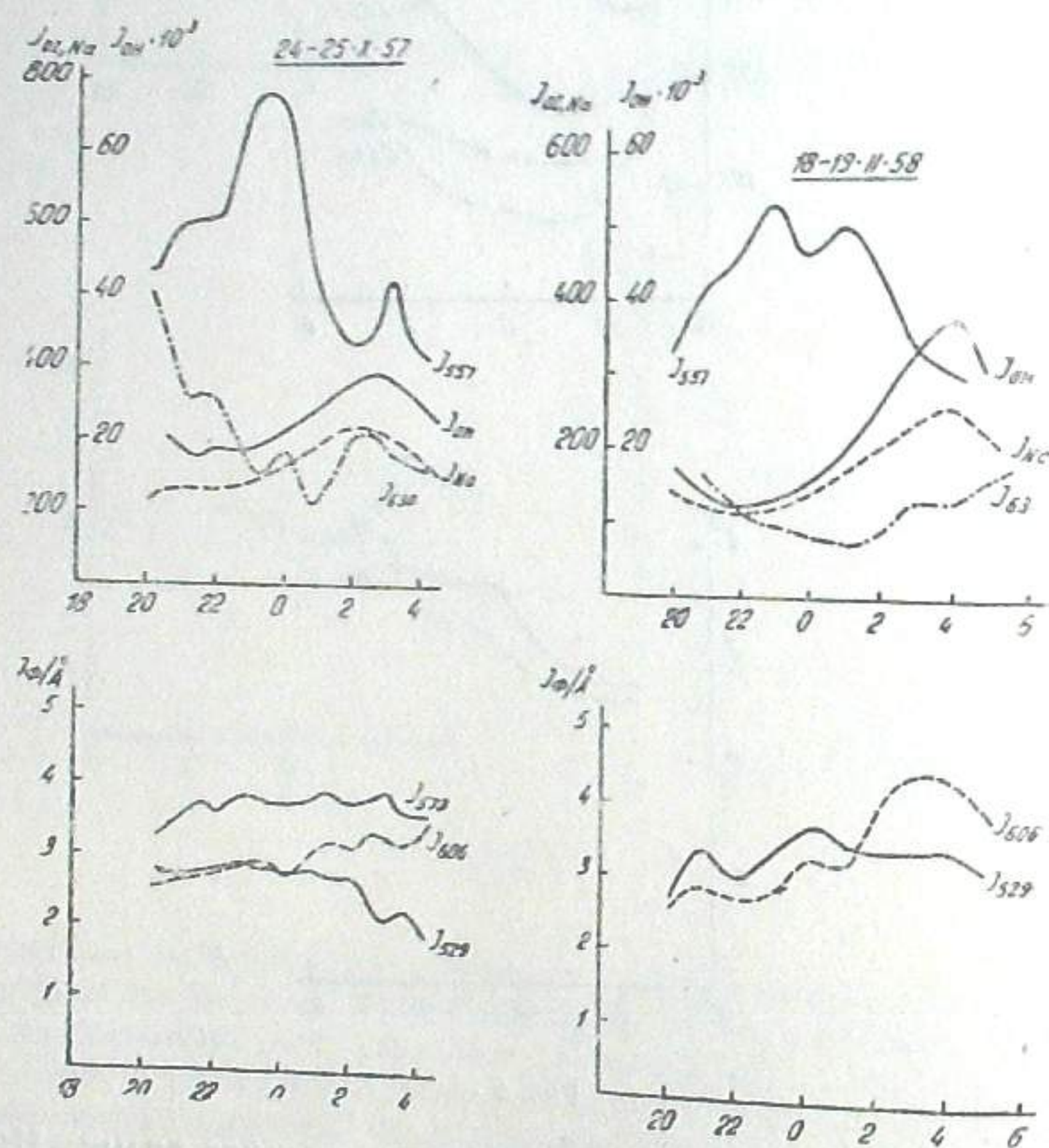


Рис. 7

Сезонные вариации J_{630} и J_{557} имеют обычный для этих эмиссий ход: максимум зимой и минимум летом. При этом следует отметить, что J_{557} в июле достигает такой малой величины, что находится в пределах ошибки измерений (< 10 рэлеев).

В таблице III приводятся максимальные, минимальные и средние интенсивности J_{557} , J_{630} , J_{589} в рэлях за исследованный период по измерениям в зените.

Таблица III.

	J_{557}	J_{630}	J_{589}
max	974	470	197
min	115	33	9
Средние	376	161	88

11—12.2.1958 г. J_{630} в первую половину ночи достигла в полярной области ($Z=51^\circ$) величины 2457 рэлеев, что объясняется наличием низкоширотных полярных сияний, которые характеризуются усилением интенсивности красной кислородной линии [16].

В трех областях спектра измерялась интенсивность непрерывного фона; центральные длины волн использованных для этой цели светофильтров — 5290Å, 5730Å, 6060Å и эквивалентная ширина $W=52,3\text{Å}$, 22,7Å, 21,4Å, соответственно. В таблице IV приводится максимальная, минимальная и средняя за весь период интенсивность фона в трех областях спектра на 1А, в полярной области. При этом из измерений вычиталась звездная и зодиакальная составляющие, которые в полярной области составляют 65 звезд 10^m класса GO на 1 кв. градус [17] или 0,4 рэля для исследованной области спектра.

Таблица IV

	J_{529}	J_{573}	J_{606}
max	3,5	—	3,2
min	2,0	2,6	1,9
Средние	2,5	2,9	2,5

Интенсивность непрерывного фона меняется в меньшей степени, чем интенсивность полос и линий. При этом наблюдаются три случая: 1) J_{ϕ} не коррелирует ни с одной из эмиссий (например, J_{529} на рис. 7). 2) J_{529} коррелирует с J_{557} , имея такой же ночной ход (рис. 5), а J_{606} коррелирует с J_{OH} (рис. 7). 3) Как J_{529} , так и J_{606} имеют ночной ход, аналогичный ночному ходу J_{OH} , причем этот случай главным образом имеет место во время большой интенсивности J_{OH} (например 12—13.2.58 г., рис. 6). Сезонный ход интенсивности фона отличен от сезонного хода интенсивности полос и линий: J_{ϕ} имеет два максимума — большой в январе—феврале и меньший в июне (см. рис. 8). Таким образом, намечаются три составляющие непрерывного фона: 1) Собственное свечение чашечного неба в непрерывном спектре, которое не коррелирует со свечением в полосах и линиях и дает январский максимум. 2) Неразрешенные полосы, интенсивность которых ведет себя так же, как и J_{557} и J_{OH} . Особенно это заметно для J_{606} , т. к. в область пропускания соответству-

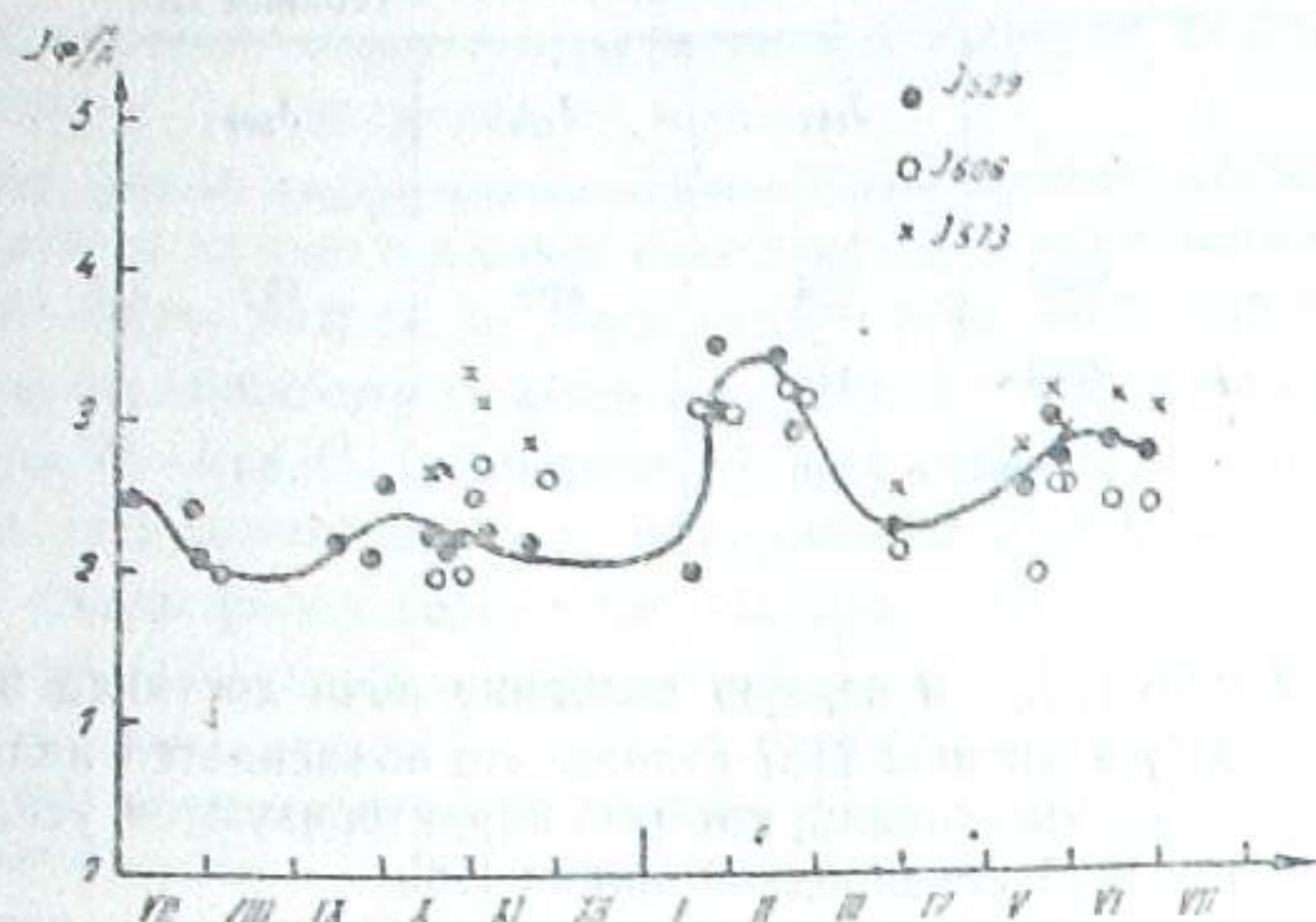


Рис. 8

ющего светофильтра попадают P ветви полосы (8—2) OH и R ветви полосы (5—0) OH ; поэтому вариации J_{606} почти всегда совпадают с вариациями интенсивности инфракрасных полос OH . Последний факт может служить доказательством одинакового поведения как видимых, так и инфракрасных полос атмосферного гидроксидов. 3) Наконец, третьей составляющей непрерывного фона является рассеянный солнечный свет, который присутствует в атмосфере даже в полночь [18] и ответственен за июньский максимум сезонного хода интенсивности непрерывного фона, когда количество рассеянного солнечного света должно увеличиваться, в особенности в северной части неба, в направлении на которую велись наблюдения ($Z=51^\circ N$).

Октябрь, 1958

SOME RESULTS OF THE ELECTROPHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF THE OI , Na , OH EMISSIONS AND CONTINUUM IN THE AIRGLOW

L. M. FISHKOVA, G. V. MARKOVA

(Summary)

The total intensity of the airglow OH bands in the near infrared and intensity of the $[OI]$ 5577, $[OI]$ 6300, Na 5893 airglow emissions have been measured at the Abastumani astrophysical observatory within the period from July 1957 to June 1958. The value obtained for the mean total intensity of the OH (8—4), (3—0), (9—5), (4—1) bands is 19400 rayleighs; this value is 30 per cent greater than in 1954—55; seasonal variations of the OH emission in 1957—58 have more irregular character than in 1954—55. The slight increase in the OH intensity correlate with maximum of solar activity in 1957—58. The diurnal variations of the OH intensity as the same years have minimum at the midnight and maximum between 2^h and 4^h local time. The

$[OI]$ 5577 intensity has diurnal maximum near the midnight and pass ahead of the OH intensity by 2—3 hours; the diurnal variations of the Na 5893 intensity correlate with the OH bands; the $[OI]$ 6300 emission is more intensive at the beginning and at the ending of night. The continuum intensity has been measured at $\lambda\lambda$ 5290 \AA , 5730 \AA , 6060 \AA , its diurnal variations are either independent or parallel to the $[OI]$ 5577 or OH . The seasonal variations of the continuum intensity has two maxima—the great at January and low at June. It is assumed, that continuum consists of three components; a) the own emission of the upper atmosphere, b) the nonresolved bands. c) the scattered solar light.

October, 1958

ЛИТЕРАТУРА

1. Мегрелишвили Т. Г. и Фишкова Л. М. Об исследовании свечения верхней атмосферы. Информац. бюллет., Международный геофизический год, 1958, № 5.
2. Фишкова Л. М., Вариации интенсивности свечения ночного неба в ближней инфракрасной области. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс., 1955, № 19.
3. Красовский В. И. Новое излучение ночного неба на участке 8000—11000 \AA . Изв. Крым. астрофиз. обс., 1950, 5.
4. Красовский В. И. Природа инфракрасного излучения ночного неба. ДАН СССР, 1950, 70, № 4; 73, № 6.
5. Фёдорова Н. И. Инфракрасный спектр северного ночного неба в области 9500—11500 \AA . Астрон. журн., 1957, 34, № 2.
6. Торопова Т. П. Определение количества водяного пара, содержащегося в атмосфере, спектроскопическим методом. ДАН СССР, 1952, 86, № 1.
7. Кузнецов В. С. Вычисление коэффициентов поглощения водяного пара при отклонениях от закона Буге. Труды ГЕОФИАН, 1954, № 23 (150).
8. Roach F. E. Manual for photometric Observations of the Airglow during the JGY. Nat. Bureau of Standards, 1956, Report № 5006.
9. Stebbins J. Six-color photometry of stars. IV. The variation of α Ursae Minoris at different wave lengths. Aph. J., 1946, 103, № 2.
10. Schoenberg E. Theoretische photometry. Handl der Aph., 1929, 2, 202.
11. Фесенков В. Г. Метеорная материя в межпланетном пространстве. Изд. АН СССР, 1947.
12. Красовский В. И. Происхождение гидроксильной системы в излучении ночного неба. Усп. физ. наук., 1957, 63, вып. 4.
13. Фишкова Л. М. О связи свечения ночного неба с солнечной активностью. Бюлл. Солнечные данные, 1957, № 1.
14. Родионов С. Ф. и др. Годичный ход инфракрасного излучения ночного неба. ДАН ССР, 1954, 98, 957.
15. Berthier P. Variations d'intensité post-crépuseulaires et nocturnes des bands de OH et O_2 du proche infrarouge. C. R., 1955, 240, № 19.
16. Фишкова Л. М. и Маркова Г. В. Электрофотометрические наблюдения низкоширотного полярного сияния 11—12 февраля 1958 г. в Абастумани. Астрон. Цирк. АН СССР, 1958, № 191.
17. Barbier D., Dubay J., Williams D. Recherches sur l'émission de la raie vert de la lumière de ciel nocturne, Ann. d' Aph., 1951, 14, 399.
18. Хвостиков И. А. Свечение ночного неба. Изд. АН СССР, 1948.