

(продолжение)

Дата	Момент начала всплеска	Продолжительность всплеска в мин.	Момент максимума	Тип явления	Максимальный поток $10^{-22}$ ватт/м <sup>2</sup> гц	
					мгновенный	сглаженный
12	15 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	—	—	—	405	—
19	10 43	4	10 45	6	53	42
27	14 20	120	14 54	7	20	—
Июнь						
12	11 56	—	—	—	248	—
29	13 58	13	14 24	23	30	16
Июль						
14	10 38	27	11 03	23	128	40
	13 33	21	13 42	23	103	24
15	13 31	3	13 33	24	35	14
	15 49	2	15 50	24	25	8
Август						
12	12 40	4	12 41	624	36	18
17	11 14	—	—	—	531	—
	11 18	—	—	—	531	—
	11 20	—	—	—	450	—
18	14 26	14	14 30	674	777	—
	15 27	—	—	—	572	—
24	16 23	19	16 30	25	36	20
	16 41	11	16 53	23	40	14
Октябрь						
16	12 06	9	12 08	23	41	21
	13 18	10	13 20	234	40	23
17	14 30	26	14 47	23	30	15
	15 22	—	—	—	204	—
Декабрь						
5	10 33	—	—	—	1000	—
	10 34	—	—	—	531	—
	12 20	15	12 28	23	33	17

## THE OBSERVATIONS OF 1.44 m SOLAR RADIO-EMISSION

A. N. ALIMBARASHVILI, Sh. S. MAKANDARASHVILI, E. I. PARSADANOVA

(Summary)

The characteristics of bursts and of some unusual phenomena in 1.44 m solar radio-emission observed during 1958—1959 IGY and IGC are given in the form of the table. It contains unusual phenomena with instantaneous current  $>30 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} (\text{c/s})^{-1}$  and radio bursts with instantaneous current  $>200 \cdot 10^{-22} \text{ Wm}^{-2} (\text{c/s})^{-1}$ .

January, 1962.

## ВРАЩАТЕЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ГИДРОКСИЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

Л. М. ФИШКОВА

Во время Международного Геофизического Года (1957—1958 гг.) и Международного Геофизического Сотрудничества (1959 г.) в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР параллельно с электрофотометрическими наблюдениями свечения ночного неба, основные результаты которых опубликованы ранее [1, 2, 3, 4], велись и систематические спектрографические наблюдения свечения ночного неба в области спектра  $5400—7000 \text{ \AA}$ . Эти наблюдения продолжались и в 1960 г. С 1958 по 1960 г. получено около 120 спектров. В результате их обработки удалось изучить ряд существенных явлений, связанных с физическими свойствами верхних слоев атмосферы Земли. Прежде всего это касается гидроксильного и водородного излучения верхней атмосферы. Данная статья посвящена результатам исследования гидроксильного излучения и главным образом вариациям вращательной температуры последнего.

1. Метод наблюдений и обработки. Для наблюдений использовался светильный спектрограф СП-48 [6]. В качестве диспергирующей системы он имеет реплику с плоской отражательной дифракционной решеткой; размер заштрихованной площади  $136 \times 90 \text{ кв. мм}$ , 1200 штрихов/мм, общее число штрихов 163 200, преимущественная концентрация света в области  $3500—9000 \text{ \AA}$  в первом порядке; средняя линейная дисперсия в области  $5400—7000 \text{ \AA}$  составляет  $\sim 86 \text{ \AA/мм}$ . Относительное отверстие камеры 1:0,8 при фокусном расстоянии 70 мм, относительное отверстие коллиматора 1:4,5 при фокусном расстоянии 630 мм. Наблюдения велись при ширине входной щели 0,2 мм или  $3,5 \text{ \AA}$  по спектру.

Фотографирование спектров велось на высокочувствительной панхроматической киноплёнке типа  $D_n$ , чувствительность 350 ед. по ГОСТУ, коэффициент контрастности 0,7. До 1959 г. эта плёнка имела спектральную характеристику с максимумом светочувствительности около  $6400 \text{ \AA}$  и красной границей  $\sim 6700 \text{ \AA}$ . При этом она обладала средней зернистостью. С 1959 г. плёнка  $D_n$  стала выпускаться сенсibilизированной в

более длинноволновой области с максимумом светочувствительности около  $6800 \text{ \AA}$  и длинноволновой границей  $\sim 7000 \text{ \AA}$ . При этом зернистость возросла. Небольшая часть спектров фотографировалась на астрономических кинопленках А-700 и А-660, а также на панхроматической аэропленке тип-10 и мезкозернистой аэропленке 630 ед. Выяснилось, что все эти пленки по чувствительности уступают пленке  $D_n$ . Кроме того, пленка  $D_n$  имеет более равномерное распределение чувствительности по спектру: минимум в зеленой области для нее не так глубок, как для упомянутых выше пленок.

Пленка проявлялась в стандартном сенситметрическом проявителе № 2, время проявления 16 минут при  $20^\circ\text{C}$ .

Для повышения чувствительности пленки к длительным экспозициям она осветлялась при помощи кратковременной предварительной подсветки непосредственно перед экспозицией [7]. Длительность подсветки и плотность подсветки выбирались  $1/100^2$  и  $D_n \sim 0,3$  соответственно. На подсвеченной пленке  $D_n$  спектр свечения ночного неба, включающий все слабые эмиссии и непрерывный фон, получался примерно за 2—2,5 часа экспозиции.

Спектр экспонировался всю ночь. Экспозиция начиналась через 0,5—1 час после конца астрономических сумерек и прекращалась за 0,5—1 час до их начала. Таким образом, время экспозиции составляло не более 4—5 часов летом и не более 8—10 часов зимой.

Кассета спектрографа СШ-48 рассчитана на три кадра. Спектр ночного неба фотографировался на втором кадре, а на первом и третьем кадрах для построения характеристической кривой фотографировался девятиступенчатый ослабитель, освещаемый рассеянным от белого экрана светом лампы накаливания. Во время коротких ночей стандарт фотографировался один раз, до или после основной экспозиции. В результате специально проведенного исследования было установлено, что: 1) характеристические кривые, построенные по стандарту, сфотографированному до и после основной экспозиции, совпадают; 2) для съемки стандарта достаточно 5—10 минут, что меньше основной экспозиции в 20—60 раз. На рис. 1 приводятся три характеристические кривые подсвеченной пленки  $D_n$ , полученные по стандарту, сфотографированному последовательно на одном и том же куске пленки сначала с экспозицией 8 минут, затем при ослабленном освещении с экспозицией 5 часов и затем снова с экспозицией 8 минут. Совпадение указанных кривых удовлетворительное. В то же время съемка стандарта на том же куске пленки, на котором экспонируется основной спектр, ввиду возможной неоднородности как самой пленки, так и плотности подсветки, имеет свои преимущества.

Для определения спектральной характеристики аппаратуры (спектральная чувствительность пленки плюс поглощение в спектрографе) фотографировался спектр солнечного света, рассеянного белым экраном. Распределение энергии в спектре Солнца взято из работы Миньарта [8].

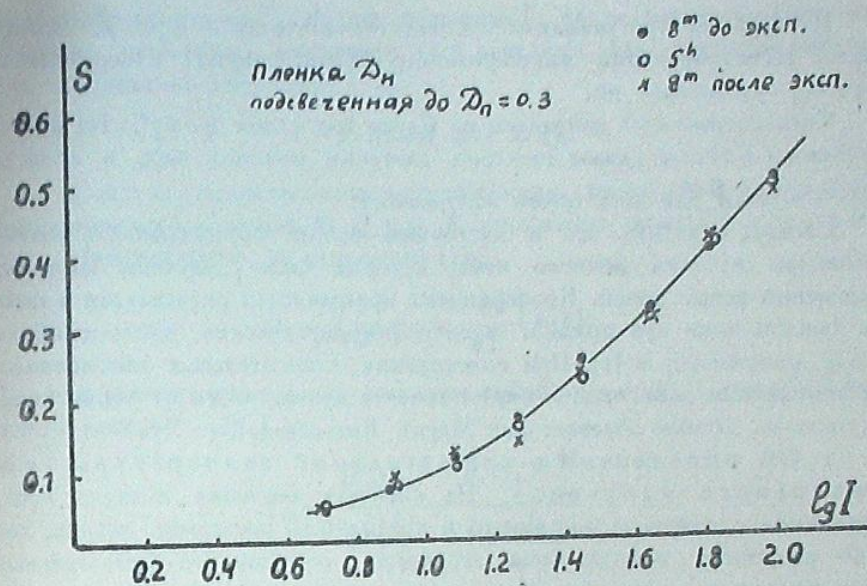
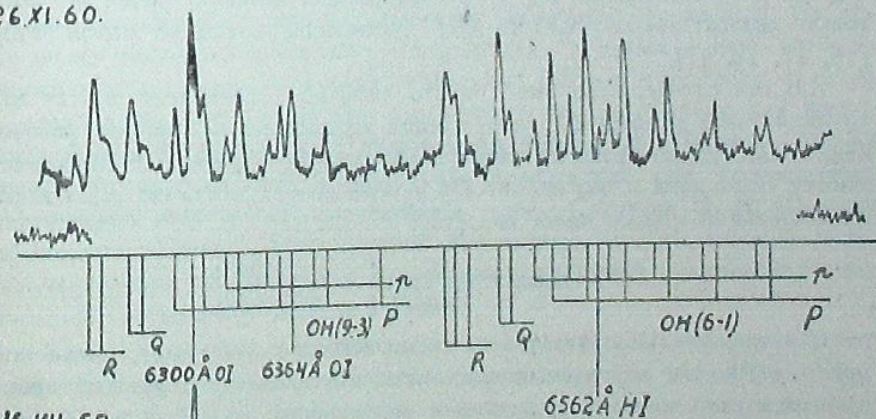


Рис. 1

25-26.XI.60.



15-16.VII.58.

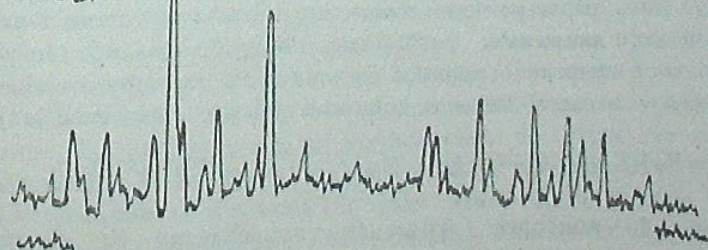


Рис. 2

На всех спектрограммах обработана область 6000—6700 Å. Использовался регистрирующий микрофотометр МФ-4; ширина измерительной щели 0,3, увеличение 20.

Спектрограф был направлен на Север под углом  $\varphi=67^\circ$ . На рис. 2 приводятся регистрограммы спектров свечения ночного неба в области 6000—6700 Å для двух ночей наблюдений.

Следует отметить, что в настоящей работе обрабатывались только те спектры свечения ночного неба, которые были получены во время совершенно ясных ночей. Коэффициент прозрачности определялся в течение каждой ночи при помощи электрофотометрических наблюдений по методу, описанному в [1]. При определении относительных интенсивностей учитывалась зависимость коэффициента прозрачности от длины волны согласно данным обсерватории Маунт Вильсон [9].

2. Об определении вращательной температуры гидроксильного излучения. На спектрах свечения ночного неба, полученных с помощью описанного в предыдущем параграфе метода, хорошо разрешена вращательная структура колебательно-вращательных полос основного состояния  ${}^2\Pi_{3/2, 1/2}$  молекулы гидроксила (см. рис. 2). Это дает возможность, измерив распределение интенсивности в  $R$ ,  $Q$ ,  $P$  ветвях указанных полос, определить одну из существенных характеристик верхней атмосферы—вращательную температуру гидроксильного излучения  $T_{\text{от}}$ . Метод определения  $T_{\text{от}}$  по распределению интенсивностей во вращательно-колебательных полосах  $OH$  рассмотрен подробно рядом авторов [16, 11, 15, 21].

В том случае, если имеет место тепловое равновесие между излучающим газом и энергией возбуждения вращательных уровней, распределение молекул по вращательным энергетическим состояниям подчиняется закону Больцмана и выражение для интенсивности линии во вращательно-колебательной полосе имеет вид [10]:

$$I(I') = \text{const } \nu^3 i(I') \exp\left[-F(I') \frac{hc}{kT}\right], \quad (1)$$

где  $I'$ —вращательное квантовое число верхнего состояния,  $\nu$ —волновое число,  $i(I')$ —так называемый множитель интенсивности, который пропорционален весу данного состояния и вероятности соответствующего перехода и может быть выражен через квантовые числа соответствующих моментов количества движения.  $F(I')$ —энергия вращательного уровня  $I'$ . Для вращательной энергии основного состояния  ${}^2\Pi$  двухатомных молекул типа  $OH$  Хиллом и ван Флеком выведено следующее выражение [10]:

$$F(I') = B_v' \left[ (I' + 1/2)^2 - 1 \pm 1/2 \sqrt{4(I' + 1/2)^2 + Y'(Y' - 4)} \right], \quad (2)$$

где  $Y' = \frac{A}{B_v'}$ ,  $A$ —константа дублетного расщепления на подуровни

${}^2\Pi_{3/2}$  и  ${}^2\Pi_{1/2}$ , причем подуровню  ${}^2\Pi_{3/2}$  соответствует знак минус,  $B_v'$ —вращательная константа верхнего колебательного уровня  $v'$ . В первом

приближении для не слишком больших  $I'$ , когда взаимодействие электронного движения с вращением ядер невелико, для вращательной энергии справедливо выражение [16]:

$$F(I') = B_v' I'(I' + 1). \quad (3)$$

Пользуясь приведенными соотношениями, можно, зная распределение интенсивностей в ветвях  $R$ ,  $Q$  или  $P$ , определить вращательную температуру. Действительно, на основании (1):

$$\ln \frac{I(I')}{i(I') \nu^3} \sim - \frac{hc}{kT} F(I'). \quad (4)$$

График зависимости (4) представляет собой прямую, угловой коэффициент которой дает  $T_{\text{от}}$ :

$$T_{\text{от}} = \frac{[F_1(I_1') - F_2(I_2')] \frac{hc}{k}}{\ln \frac{I_1}{i_1 \nu_1^3} - \ln \frac{I_2}{i_2 \nu_2^3}}. \quad (5)$$

Описанный метод подробно исследован Н. Н. Шефовым [11]. Им показано, что по крайней мере для  $I' \leq 6$  точки хорошо ложатся на прямую и Больцманово распределение по вращательным уровням сохраняется. Это свидетельствует о наличии равновесного состояния. По последним данным высота гидроксильного излучения не превышает 90 км [12]. На высоте 90 км число столкновений  $\sim 1.9 \cdot 10^3 \text{ сек.}^{-1}$ , время жизни возбужденного вращательного состояния молекулы  $OH \sim 2 \times 10^{-2} \text{ сек.}$ , т. е. за это время произойдет около 400 соударений, что достаточно для достижения теплового равновесия с излучающим газом [13]. Поэтому можно считать, что определяемая вращательная температура  $OH$  соответствует кинетической температуре излучающего слоя. Согласно Н. Н. Шефову [11] она представляет собой среднее взвешенное по концентрации излучающих молекул из температур для различных уровней излучающего слоя (примерно, температуру середины слоя).

В настоящей работе вращательная температура  $OH$  определялась по интенсивностям компонент  $P$ -ветвей, соответствующих подуровню  ${}^2\Pi_{3/2}$ , полос (9—3) и (6—1). Вычисления температуры производились по формулам первого приближения с использованием выражения (3) для  $F(I')$ . Полученные таким образом температуры завышены примерно на 8% по сравнению с температурами, вычисленными по формулам Хилла и ван Флека. Хотя эта величина близка к средней относительной ошибке измерений  $T_{\text{от}}$ , тем не менее все вычисленные по формулам первого приближения  $T_{\text{от}}$  были затем редуцированы к температурам, получающимся при использовании формулы (2). Для этого были учтены поправочные коэффициенты выведенные Уоллесом [14]. Константа  $B_v'$  равна, согласно Герману и Хёрнбеку [15]:

$$B_v' = B_v - \alpha_v (v' + 1/2), \quad (6)$$

где  $B_e = 18,867 \text{ см}^{-1}$  и  $\alpha_e = 0,708 \text{ см}^{-1}$ . Множитель интенсивности  $i(y')$  равен для Р-ветви [16]:

$$i(l) = \frac{(l+1+\Omega)(l+1-\Omega)}{(l+1)}; \quad (7)$$

здесь  $\Omega$  — квантовое число полного момента количества движения электронов относительно междядерной оси молекулы, в данном случае равное  $3/2$ . Относительные интенсивности линий определялись по максимумам на микрофотограмме. Предполагалось, что при ширине щели  $\approx 3,5 \text{ \AA}$  последняя будет больше собственной ширины измеряемых линий;

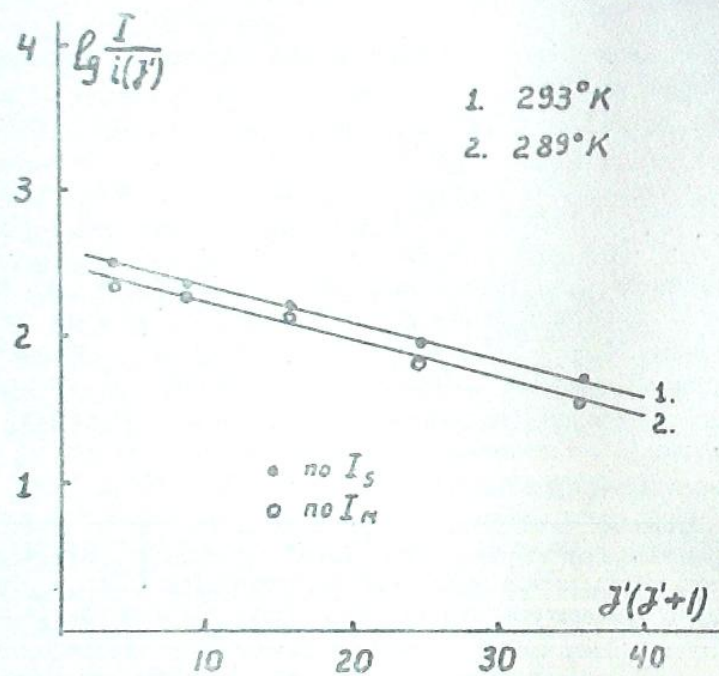


Рис. 3

тогда максимальные интенсивности будут пропорциональны интегральным интенсивностям линий [17]. Для проверки этого факта в некоторых случаях определялись как максимальные, так и интегральные интенсивности линий. Интегральные интенсивности вычислялись по площадям контуров соответствующих линий. На рис. 3 приводятся графики зависимости  $\lg \frac{I}{i y^4}$  от  $\frac{1}{T_{\text{он}}}$ , построенные как по максимальным, так и по интегральным интенсивностям, для 24—25 г 1958 г. Совпадение обеих прямых хорошее, измеренные по их наклону температуры совпадают с точностью до  $\pm 4^\circ$ .

3. Сезонные вариации вращательной температуры гидроксильного излучения верхней атмосферы. В таблице I приводятся величины вращательной температуры  $O_H$ , измеренной

для 106 ночей наблюдений за 1958—1960 гг. С I 1958 г. до 1959 г.  $T_{\text{он}}$  измерялась только по полосе (9—3), а с X 1959 г. по полосам (9—3) и (6—1). В столбцах 3 и 5 таблицы приводится абсолютная погрешность измерений  $\Delta T_{\text{он}}$ . Относительная ошибка измерений температуры составила 7% при относительной ошибке измерения интенсивностей  $10-13\%$ .

В таблице II приводятся средние за год  $T_{\text{он}}$  для Абастумани ( $\varphi = 41^\circ 45'$  с. ш.). В течение трех лет среднегодовая  $T_{\text{он}}$  оставалась почти постоянной. Средняя величина вращательной температуры гидроксильного излучения за исследованный трехлетний период для Абастумани составляет  $246 \pm 16^\circ \text{K}$ .

Таблица I

1	2	3	4	5	6	7	8
№	Д а т а	$T_{9-3}$	$\Delta T_{9-3}$	Среднее за период	$T_{6-1}$	$\Delta T_{6-1}$	Среднее за период
1	23—24 I 1958 24—25 I	314 280	$\pm 29$ 25	$297 \pm 27$	—	—	—
2	13—14 II 18—19 II 19—20 II	258 282 252	16 23 15	$264 \pm 18$	—	—	—
3	13—14 V 17—18 V	224	18	$225 \pm 18$	—	—	—
4	13—14 VI 14—15 VI	230 224	16 9	$227 \pm 12$	—	—	—
5	22—23 VI	226	20	$226 \pm 20$	—	—	—
6	14—15 VII 15—16 VII 16—17 VII	208 247 218	27 22 3	$224 \pm 17$	—	—	—
7	9—10 VIII 10—11 VIII	237 216	18 7	$226 \pm 12$	—	—	—
8	17—18 IX	238	20	$238 \pm 20$	—	—	—
9	11—12 X 12—13 X 14—15 X 18—19 X	277 270 257 242	16 43 14 23	$261 \pm 24$	—	—	—
10	12—13 XI 13—14 XI 14—15 XI 15—16 XI	274 245 302 298	18 14 7 21	$280 \pm 15$	—	—	—
11	10—12 XII	294	21	$294 \pm 21$	—	—	—
12	8—9 III 1959	245	36	$245 \pm 36$	—	—	—
13	2—3 IV 9—10 IV	226 236	25 33	$231 \pm 29$	—	—	—

продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8
14	9-10 VI	202	±14	225±21	—	—	—
	11-12 VI	224	9				
	13-14 VI	249	41				
15	12-13 VII	238	7	237±18	—	—	—
	13-14 VII	236	30				
16	2-3 VIII	239	20	239±20	—	—	—
17	27-28 VIII	219	20	239±14	—	—	—
	28-29 VIII	274	30				
	29-30 VIII	224	4				
18	27-28 IX	299	6	262±7	—	—	—
	28-29 IX	226	9				
19	4-5 X	252	25	233±21	216	±5	212±22
	8-9 X	214	17		208	40	
20	29-30 X	289	17	273±12	270	33	270±26
	30-31 X	270	15				
	31-1 XI	259	4				
21	3-4 XI	328	23	293±20	304	15	304±15
	4-5 XI	259	17				
22	29-30 XI	251	21	251±21	273	8	273±8
	1-2 XII	244	2				
23	2-3 XII	272	20	258±11	257	4	257±4
	26-27 XII	235	19				
24	5-6 I 1960	244	13	215±13	236	7	208±15
	6-7 I	185	12		180	23	
26	27-28 I	246	24	246±24	234	23	234±23
27	26-27 III	248	11	219±10	200	5	215±7
	27-28 III	191	8		229	10	
28	2-3 IV	216	19	216±19	203	20	203±20
29	24-25 V	238	30	238±30	—	—	—
30	21-22 VII	234	15	222±10	218	8	214±10
	22-23 VII	210	5		210	12	
31	14-15 VIII	193	8	194±9	220	20	204±15
	16-17 VIII	195	10		188	10	
32	26-27 VIII	250	20	233±20	268	5	240±13
	31-1 IX	216	20		213	22	
33	11-12 X	357	27	237±14	320	39	222±13
	12-13 X	246	6		222	24	
	13-14 X	245	24		231	15	
	15-16 X	217	13		195	3	
	16-17 X	—	—		224	9	
	18-19 X	232	12		240	13	

продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8
34	21-22 X	256	13	233±13	248	14	238±10
	22-23 X	208	6		218	11	
	24-25 X	246	2		228	4	
	25-26 X	223	30		252	13	
35	9-10 XI	274	21	274±12	264	13	261±9
	11-12 XI	202	10		216	8	
	12-13 XI	304	4		252	15	
	14-15 XI	274	19		260	9	
	15-16 XI	274	5		272	4	
	17-18 XI	246	8		259	6	
36	24-25 XI	318	8	293±11	301	1	280±5
	24-26 XI	269	14		259	8	
37	8-9 XII	245	13	265±14	264	7	270±13
	9-10 XII	280	5		296	2	
	10-11 XII	309	18		285	19	
	11-12 XII	227	4		213	28	
	12-13 XII	260	33		290	8	

Так же, как и при исследовании сезонного хода интенсивности эмиссий ночного неба, находились средние величины  $T_{on}$  за периоды наблюдений, включающие ряд соседних ночей. Средние за период  $T_{on}$  приводятся в столбцах 5 и 8 таблицы I. Всего было с 1958 по 1960 гг. 37 периодов наблюдений. На рис. 4. приводится кривая сезонного хода  $T_{on}$ , построенная на основании этих 37 точек. Из рис. 4 видно, что зимний максимум и летний минимум проявляются вполне отчетливо. Средняя величина  $T_{on}$  меняется от минимального значения 220°K до максимального 295°K, т. е. амплитуда сезонных колебаний  $T_{on}$  по наблюдениям в Абастумани составляет ~ 75°K.

Таблица II

	1958	1959	1960
$T_{0-3}$	253±17°K	248±18°K	244±14°K
$T_{6-1}$	—	—	240±13°K

Зависимость величины  $T_{on}$  от времени года была также замечена в Якутске ( $\varphi=62^\circ$  с. ш.) В. И. Уриным [18] и в Иеркской обсерватории ( $\varphi=40^\circ$  с. ш.) Уоллесом [19]. По их данным, полученным за период наблюдений около года,  $T_{on}$  также увеличивается зимой, однако амплитуда колебаний меньше: в Якутске она составляет ~ 60°, а в Иеркской обсерватории всего около 30°. Кроме того, ввиду меньшего количества наблюдений и большего разброса точек, сезонный ход выражен менее отчетливо.

Согласно наблюдениям в Абастумани (рис. 4) сезонные вариации  $T_{OH}$  в общем совпадают с сезонными вариациями интенсивности гидроксильного излучения [1, 2, 4]: и те и другие характеризуются наибольшим максимумом в ноябре-декабре. Различие лишь в том, что на температур-

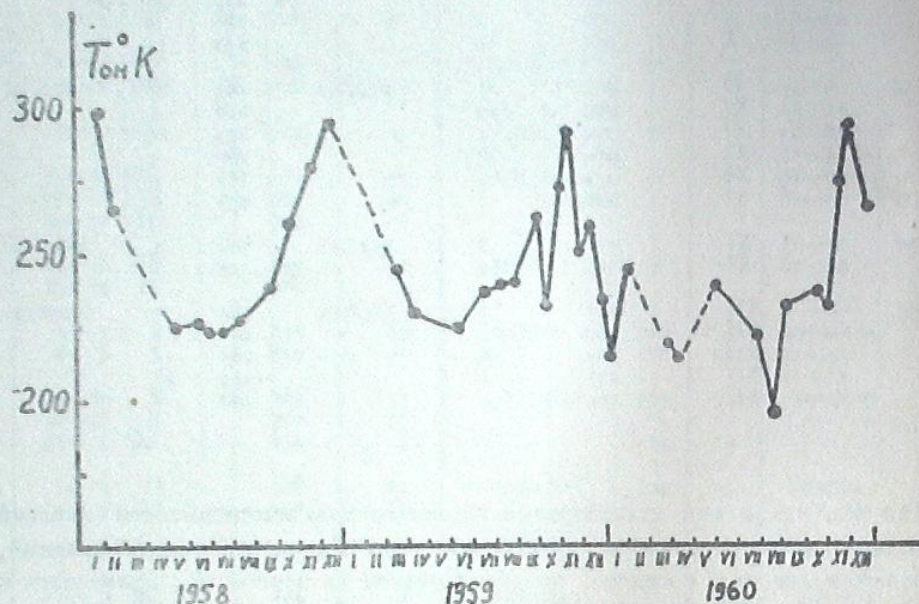


Рис. 4

ной кривой рис. 4 отсутствуют вторичные максимумы меньшей амплитуды в летне-осеннее время, которые можно видеть на кривой сезонных вариаций интенсивности полос  $OH$ .

Таблица III

	$T_{OH}$		$\Delta T_{OH}$
	Якутск	Абастумани	
XII—1958—I—1959	$275 \pm 10^\circ K$	$294 \pm 21^\circ K$	-19
X—1959—IV—1960	$265 \pm 10^\circ K$	$243 \pm 16^\circ K$	20

Наличие сезонных вариаций  $T_{OH}$  заставляет с осторожностью подходить к вопросу о широтном эффекте  $T_{OH}$ . На наличие широтного эффекта—увеличения  $T_{OH}$  с широтой места—указывалось в ряде работ [20, 13]. При этом сравнивались наблюдения, выполненные на станциях, расположенных на разных широтах, в разное время года. Например, высокая  $T_{OH} = 305^\circ K$  получена Чемберлейном на станции с геомагнитной широтой  $\Phi = 86^\circ$  с. ш. в ноябре. Яриш для Якутска приводит  $T_{OH} = 275^\circ K$  по зимним наблюдениям в XII—1958—I—1959 гг.; низкие температуры  $T_{OH} \sim 250—220^\circ K$  приписываются низкоширотным станциям главным образом на основании весенне-летних наблюдений или на основании среднегодовых значений. В то же время из таблицы I и рис. 4 видно, что на средних широтах  $T_{OH}$  может достигать величины  $\sim 300^\circ K$ . В таблице II

сравниваются средние величины  $T_{OH}$  за одни и те же периоды наблюдений в Якутске и в Абастумани (разница по широте указанных мест  $20^\circ$ ). Разница в средней  $T_{OH}$  на обеих станциях близка к ошибке измерений. Таким образом, при определении  $T_{OH}$  для данного места необходимо указывать время года, когда производились наблюдения. Также среднюю  $T_{OH}$  для данного места нельзя выводить из наблюдений, выполненных за короткий период, меньше одного года. Кроме того, следует иметь в виду, что  $T_{OH}$ , также как и интенсивность полос  $OH$ , может от ночи к ночи испытывать значительные изменения. О таких аномалиях речь будет идти дальше.

Таблица IV

	$\varphi$	$\lambda$	23 I 1958	3 XII 1959	23 I 1960
Звенигород	$55^\circ 48' N$	$37^\circ E$	$300 \pm 3^\circ K$	$232 \pm 5^\circ K$	$262 \pm 5^\circ K$
Абастумани	$41^\circ 45' N$	$42^\circ 51' E$	$314 \pm 29^\circ K$	$258 \pm 11^\circ K$	$246 \pm 24^\circ K$
Якутск	$62^\circ N$	$129^\circ 30' E$	—	$255^\circ K$	—

Возможно, что амплитуда сезонных вариаций  $T_{OH}$  зависит от широты места. Кроме того, иногда наблюдается различие  $T_{OH}$  в зависимости от долготы места. Однако для каких-либо выводов о наличии указанных явлений пока нет достаточного количества наблюдательных данных.

В таблицах IV и V приводится сравнение  $T_{OH}$ , полученных на разных долготах и широтах в одни и те же или близкие ночи.

Таблица V

	24—25 I 1958	10—11 II 1958	13—14 II 1958
Алма-Ата ( $\varphi = 43^\circ 18' N$ ; $\lambda = 77^\circ E$ )	$216^\circ K$	$222^\circ K$	—
Абастумани	$280^\circ K$	—	$258^\circ K$

$T_{OH}$  по измерениям в Абастумани, Звенигороде и Якутске довольно близки, чего нельзя сказать о  $T_{OH}$ , сравниваемых по Алма-Атинским и Абастуманским данным.

4. Связь вращательной температуры  $OH$  с интенсивностью гидроксильного излучения. Уже из того факта, что сезонный ход вращательной температуры  $OH$  имеет характер, сходный с сезонными вариациями интенсивности полос  $OH$ , можно сделать вывод о том, что между  $T_{OH}$  и  $I_{OH}$  существует зависимость. Эта зависимость была изучена путем сравнения вариаций  $T_{OH}$  с абсолютной интенсивностью полосы  $OH$  (9—3).

Для определения абсолютной интенсивности полосы (9—3) ее относительная интенсивность сравнивалась на спектрограмме с интенсивностью линии  $\lambda = 6300 \text{ \AA} [OI]$ . В свою очередь, абсолютная интенсивность линии

$\lambda 6300$  определялась из электрофотометрических наблюдений, которые велись одновременно со спектрографическими в течение всего времени экспозиции и в том же направлении при помощи электрофотометра с светофильтрами, прокалиброванного в абсолютных единицах [1, 2]. Определялась абсолютная интенсивность в участках спектра, которые выделялись при помощи светофильтров  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , центрированных на  $\lambda_1 = 6320 \text{ \AA}$  и  $\lambda_2 = 6050 \text{ \AA}$ . В область пропускания светофильтра  $\Phi_1$  входят линии  $\lambda \lambda 6300 - 6364 \text{ \AA}$  [OH] и линии полосы OH (9-3), светофильтр  $\Phi_2$  служит для учета непрерывного фона. Если  $\Delta\lambda_1$  и  $\Delta\lambda_2$  — эквивалентные ширины указанных светофильтров, а  $I_1$  и  $I_2$  — полные интенсивности в разрезах, измеренные для участков спектра  $\Delta\lambda_1$  и  $\Delta\lambda_2$ , то можно получить величину:

$$I_p = I_1 - I_2 \frac{\Delta\lambda_1}{\Delta\lambda_2}. \quad (8)$$

Интенсивность каждой из линий полосы 9-3 будет равна:

$$I_k = \frac{\bar{I}_p i_k t_k}{T_s \sum i_k t_k}, \quad (9)$$

где  $\bar{I}_p$  — средняя величина  $I_p$  за время экспозиции,  $i_k$  — относительная интенсивность данной линии по отношению к интенсивности линии  $\lambda 6300$  на спектрограмме,  $t_k$  — относительное пропускание светофильтра в длине волны данной линии по отношению к пропусканию для  $\lambda 6300$ . Суммирование производилось по всем линиям, входящим в область пропускания светофильтра  $\Phi_1$ .  $T_s$  — коэффициент пропускания для длины волны данной линии. Отсюда абсолютная интенсивность полосы OH 9-3 будет равна

$$I_{9-3} = \sum_k I_k. \quad (10)$$

Средняя интенсивность полосы (9-3) за год приводится в таблице VI.

Таблица VI

	1958	1959	1960	среднее
$I_{9-3}$	$164 \pm 20$	$155 \pm 20$	$162 \pm 20$	$160 \pm 20$

Зависимость вращательной температуры OH от интенсивности полосы OH (9-3) изображена на рис. 5. Здесь по оси ординат отложены  $\lg I_{9-3}$ , а по оси абсцисс  $1/T_{OH}$ . Каждая точка соответствует средним значениям  $I_{9-3}$  и  $T_{OH}$  за период наблюдений. По методу наименьших квадратов была построена прямая, отображающая линейную зависимость  $\lg I_{9-3}$  от  $1/T_{OH}$ . При  $T_{OH} > 250^\circ K$  точки близки к прямой, при  $T_{OH} < 250^\circ K$  разброс точек увеличивается, связь  $I_{OH}$  с  $T_{OH}$  ослабевает. Аналогичные данные получены в Якутске [18], где связь между  $I_{OH}$  и  $T_{OH}$  выражена еще более отчетливо. По наблюдениям в Звенигороде такой зависимости нет [22]. Поэтому был сделан вывод, что зависимость

интенсивности полос OH от температуры имеет место на высоких широтах и отсутствует на средних широтах. Однако, с этим выводом не согласуется факт наличия зависимости  $I_{OH}$  от  $T_{OH}$  при  $T_{OH} > 250^\circ K$  на широте Абастумани. Правда, этот эффект выражен в Абастумани менее отчетливо, чем в Якутске. Что же касается отсутствия этого эффекта в Звенигороде, то возможно это связано с тем, что Звенигородский график зависимости  $\lg I_{OH}$  от  $1/T_{OH}$  построен на гораздо меньшем количестве точек, причем часть из них получена в облачные ночи, когда, надо полагать, точность определения интенсивности была низкой.

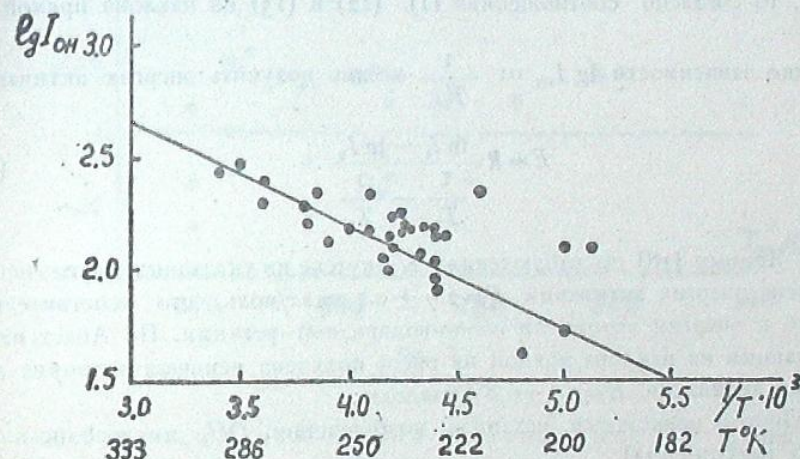
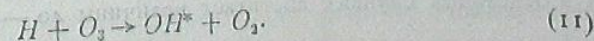


Рис. 5

Наличие зависимости  $I_{OH}$  от  $T_{OH}$  только при  $T_{OH} > 250^\circ K$  и отсутствие её при низких  $T_{OH}$  согласуется с тем, что, как уже указывалось, на кривой сезонного хода  $T_{OH}$  отсутствуют вторичные летне-осенние максимумы, имеющиеся на сезонной кривой  $I_{OH}$ , поэтому летом иногда низкие  $T_{OH}$  сопровождаются сравнительно высокими интенсивностями полос OH.

Изучение связи интенсивности полос OH с температурой может помочь разобраться в механизме возбуждения гидроксильного излучения верхней атмосферы. Например, можно, как это сделано рядом авторов [18, 23], объяснить линейную зависимость  $\lg I_{OH}$  от  $1/T_{OH}$  во время высоких  $T_{OH}$  возбуждением полос OH в результате двухкомпонентной реакции, зависящей от температуры, а именно — озон-водородной реакции [25]:



Действительно [18], согласно известным соотношениям, скорость образования возбужденных молекул  $OH$  будет равна

$$\frac{dn_{OH}}{dt} = K[O_3][H], \quad (12)$$

где  $[O_3]$  и  $[H]$  — концентрации озона и водорода в зоне реакции, а  $K$  — константа скорости реакции

$$K = \text{const} \sqrt{T} \exp \left[ -\frac{E}{RT} \right]; \quad (13)$$

здесь  $E$  — энергия активации реакции (11), равная по Бейтсу [25]  $\sim 3$  ккал/моль. Так как интенсивность полос  $OH$  пропорциональна  $\frac{dn_{OH}}{dt}$ , то согласно соотношениям (1), (12) и (13) из наклона прямой на

графике зависимости  $\lg I_{OH}$  от  $\frac{1}{T_{OH}}$  можно получить энергию активации

$$E = R \frac{\ln I_1 - \ln I_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}. \quad (14)$$

В. И. Яриним [18] по наблюдениям в Якутске из указанных соотношений получена энергия активации  $E = 2.7 \pm 0.5$  ккал/моль, что действительно близко к энергии активации озono-водородной реакции. По Абастуманским данным из наклона прямой на рис. 5 получена меньшая величина для энергии активации  $E = 2.2 \pm 0.8$  ккал/моль.

Другой возможный механизм возбуждения  $OH$ , кислородно-водородная реакция [24]



идет с участием возбужденных молекул  $O_3^*$  и поэтому почти не зависит от температуры. Возможно, что этот механизм превалирует, когда  $T_{OH} < 250^\circ K$  и зависимость  $I_{OH}$  от  $T_{OH}$  не наблюдается. Возможны и другие механизмы возбуждения  $OH$  [26], которые в свете последних данных о концентрации водорода в верхней атмосфере могут быть более вероятны. Но пока еще слишком мало данных для того, чтобы отдать предпочтение тому или иному механизму.

5. Определение  $T_{OH}$  одновременно по полосам  $OH(9-3)$  и  $OH(6-1)$ . Вращательная температура  $OH$  для полос, соответствующих переходам с разных исходных колебательных уровней  $v' = 9$  и  $v' = 6$ , в большинстве случаев совпадает в пределах ошибки измерений. Однако при высоких  $T_{OH} > 270^\circ K$  наблюдается заметная разница между  $T_{9-3}$  и  $T_{6-1}$ . На рис. 6 представлена зависимость разности  $T_{9-3} - T_{6-1}$  от величины вращательной температуры  $T_{OH}$ . Когда  $T_{OH} < 270^\circ K$ , эта разность может быть в пределах ошибки измерений как положительной, так и отрицательной, но при  $T_{OH} > 270^\circ K$  она преимущественно больше нуля и в отдельных случаях достигает величины  $40 - 50^\circ$ .

Подобное же явление, уменьшение температуры, определенной по полосам с низких колебательных уровней, когда  $T_{OH} > 270^\circ K$ , также наблюдалось в некоторых случаях в Звенигороде Н. Н. Шефовым [11]. По звенигородским данным уменьшение вращательной температуры становится заметным с  $v' \leq 5$ .

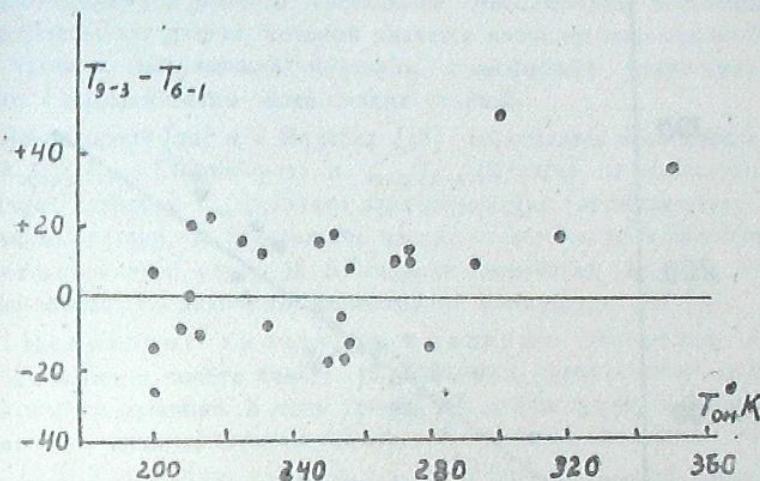


Рис. 6

6. Вариации отношения интенсивностей полос  $OH$ . Прежде всего сравнивались вариации интенсивности полос  $OH$  в видимой области спектра с вариациями суммарной интенсивности полос  $OH(8-4)$ ,  $(3-0)$ ,  $(9-5)$ ,  $(4-1)$  в инфракрасной области  $\Delta\lambda 9000 - 10550 \text{ \AA}$ . Суммарная интенсивность последних определялась независимо при помощи фотоэлектрического метода [1, 2]. Результаты приводятся на рис. 7, где по оси ординат отложена интенсивность полосы  $OH(9-3)$  в рэлях, а по оси абсцисс — суммарная интенсивность указанных выше инфракрасных полос  $OH$  в килорэлях. Каждая из этих четырех полос входит в область чувствительности фотометра  $\Delta\lambda 9000 - 10550 \text{ \AA}$  примерно с одинаковым весом, поэтому нельзя полученные здесь суммарные интенсивности отнести преимущественно либо к возбуждению высоких, либо низких колебательных уровней. Интенсивность полосы  $OH(9-3)$  ( $6256 \text{ \AA}$ ) и суммарная интенсивность инфракрасных полос  $OH(8-4)$ ,  $(3-0)$ ,  $(9-5)$ ,  $(4-1)$  по наблюдениям в Абастумани меняются параллельно.

Отношение интенсивности полос  $OH(9-3)$  и  $OH(6-1)$  испытывает значительные колебания. Например, по Звенигородским наблюдениям оно меняется для отдельных ночей от 1.04 до 2.13 [22]. По наблюдениям в Абастумани обнаружена следующая закономерность: отношение  $\frac{I_{9-3}}{I_{6-1}}$



непрерывно уменьшалось от величины 2.0 в начале 1958 г. до величины 0.8 в мае 1959 г., затем менялось мало, за исключением небольшого увеличения в июне-июле 1959 г. и августе-сентябре 1960 г. (см. рис. 8, на котором каждая точка есть средняя за период величина  $I_{9-3}/I_{6-1}$ ).

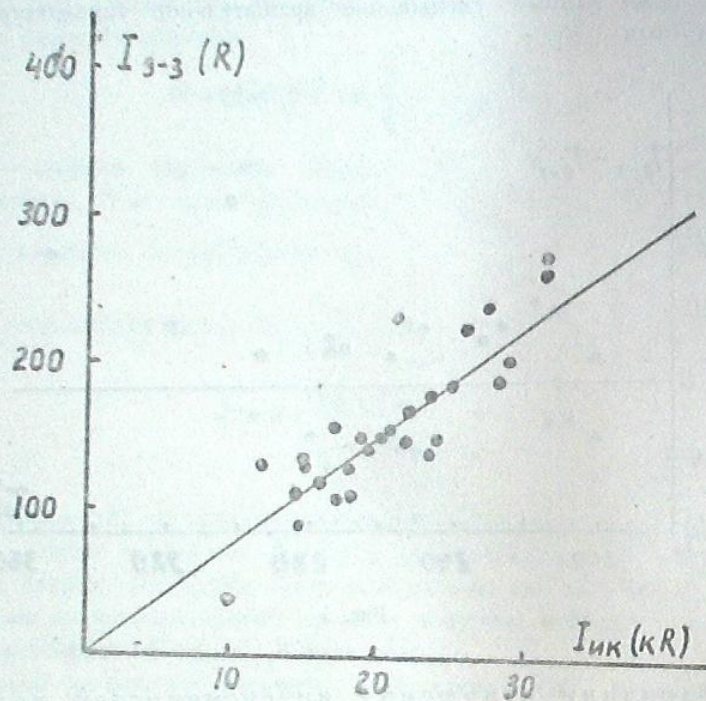


Рис. 7

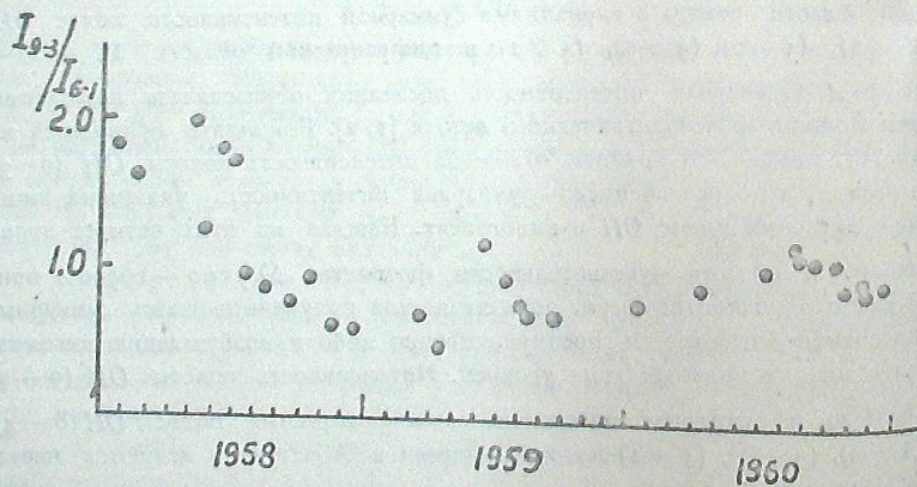


Рис. 8

Вариации отношения интенсивности полос с разных исходных колебательных уровней характеризуют вариации распределения возбужденных молекул  $OH$  по колебательным энергетическим состояниям. Это распре-

ление может зависеть как от механизма возбуждения, так и от высоты излучающего слоя. Абастуманские данные подтверждают тот факт, что распределение возбужденных молекул  $OH$  по колебательным уровням меняется, причем имеет место увеличение относительной населенности с уменьшением  $v'$  [27]. С ослаблением общей активности свечения с 1958 г. до 1960 г., связанным, по-видимому, с падением солнечной активности, происходит постепенное уменьшение относительной населенности 9-го колебательного уровня, который является наиболее высоким возбужденным уровнем излучающей молекулы атмосферного гидроксила, по сравнению с населенностью более низких уровней.

В Звенигороде [22] и в Якутске [18] наблюдалась зависимость отношений  $I_{9-3}/I_{6-1}$  (Звенигород) и  $I_{9-3}/I_{5-0}$  (Якутск) от вращательной температуры: с ростом  $T_{rot}$  величина этих отношений увеличивается. При этом если в Якутске эта зависимость вполне отчетлива, то в Звенигороде она проявляется очень слабо. В Абастумани отношение  $I_{9-3}/I_{6-1}$  совершенно не зависит от величины вращательной температуры  $OH$  [5].

7. Некоторые аномальные явления. Интересное явление наблюдалось в ноябре 1960 г. 12. XI. 1960 г. происходило сильное геомагнитное возмущение. В ночь 12—13. XI. в Абастумани наблюдались низкоширотные сияния, которые обнаруживались как аномальное усиление интенсивности линии  $\lambda\lambda 6300-6364 \text{ \AA}$  [OI] в северной части неба до 700 рэлеев. Усиление интенсивности красной кислородной линии сопровождалось ослаблением интенсивности полос  $OH$  несмотря на то, что интенсивность эмиссии  $OH$  в ноябре достигает максимального значения. На рис. 9 изображен ход интенсивности линии  $\lambda 6300$  и интенсивности полос  $OH$  в ноябре 1960 г.

Действительно, 9. XI. началась рост эмиссии  $OH$ , но 12. XI, во время низкоширотных сияний, когда интенсивность красной линии резко возросла, интенсивность полос  $OH$  уменьшилась, затем после возмущенного периода снова продолжался рост интенсивности полос  $OH$ , пока она не достигла максимального значения, обычного для ноября. В то же время интенсивность красной линии после возмущенного периода резко упала до величины всего 50 рэлеев 27. XI. Вращательная температура  $OH$  имела до величины всего 274°K, 9. XI. в соответствии с ноябрьским максимумом высокое значение 274°K, но за сутки до возмущения, 11. XI, упала до 202°K, во время следующей, возмущенной ночи 12. XI она поднялась до 304°K. При этом разность  $T_{9-3} - T_{6-1}$  увеличилась до 40°K. Затем в последующие ночи  $T_{rot}$  уменьшилась до 250—260°K, также почти исчезла разница между  $T_{9-3}$  и  $T_{6-1}$ . Во время описанного явления несколько возросло отношение  $I_{9-3}/I_{6-1}$  (от 0.8 9. XI. до 1.08 14. XI).

В полярных областях наблюдался ряд явлений, свидетельствующих о том, что, по-видимому, верхняя атмосфера во время активных сияний расширяется [26]. Тогда возможно, что наблюдаемое во время низкоширотных сияний уменьшение интенсивности гидроксильного излучения верхней атмосферы связано с тем, что необходимые для образования воз-

бужденных молекул  $OH$  реагента ( $O_3$  в случае кислородно-водородной  $O_3$  в случае озон-водородной реакций) переносятся соответственно вверх и вниз в области с меньшей концентрацией атомарного водорода

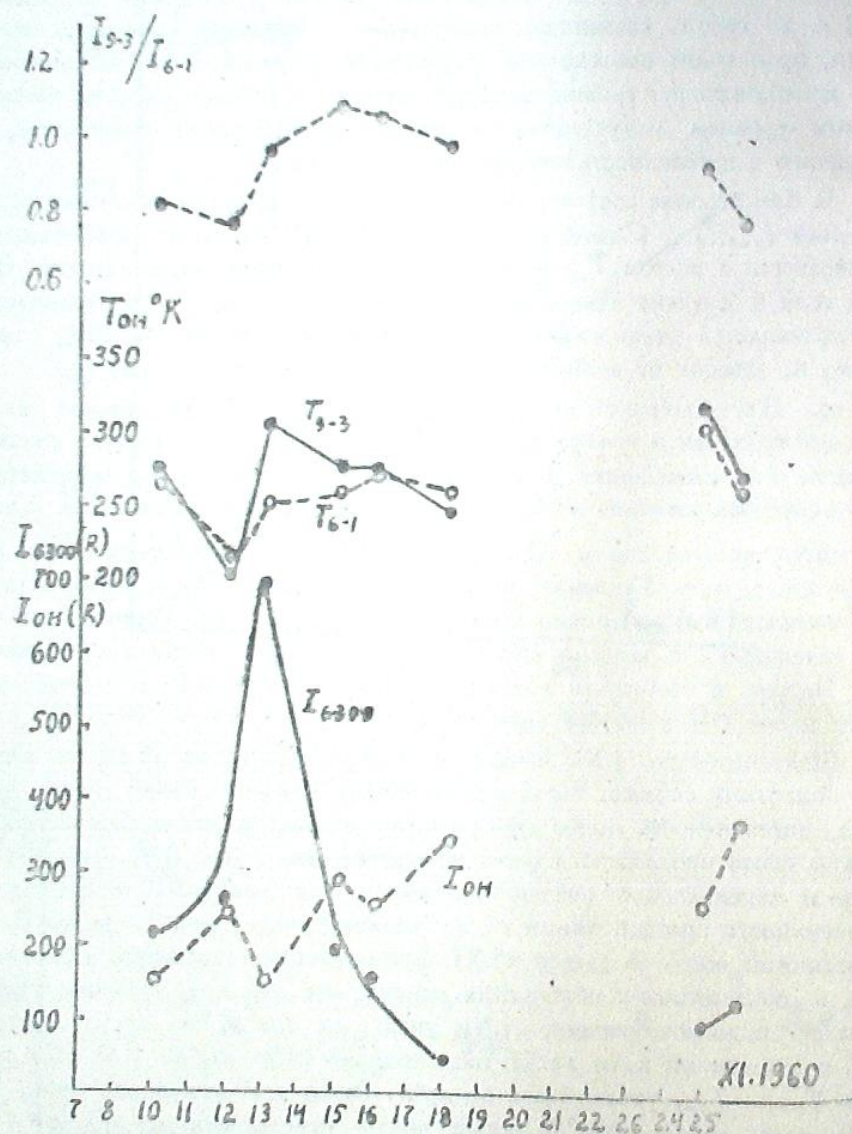


Рис. 9

В то же время оба механизма возбуждения одновременно действуют, и на разных высотах, что создает наблюдаемую разницу в  $T_{9-3}$  и  $T_{6-1}$ : перемещение реакционных зон вверх и вниз по обе стороны от температурного минимума (80 км), где температура атмосферы выше, объясняет увеличение  $T_{oh}$ .

Аналогичные случаи, когда высокая вращательная температура  $OH$   $T_{oh} \sim 270 - 350^\circ K$  сопровождается низкой интенсивностью полос  $OH$ , наблюдаются иногда в октябре. Например: 11—12—13. X. 1958 г.  $T_{oh} = 273^\circ K$ , а  $I_{9-3} = 93$  рэлеев, что меньше среднего значения (см. таблицу VI); 27—28. IX. 1959 г.  $T_{oh} = 299^\circ K$  при  $I_{9-3} = 144$  рэлеев; 29—30. X. 1959 г.  $T_{oh} = 289^\circ K$  при  $I_{9-3} = 135$  рэлеев; 11—12. X. 1960 г.  $T_{oh} = 357^\circ K$  при  $I_{9-3} = 165$  рэлеев и, т. п. Во всех этих случаях  $T_{6-1}$  меньше, чем  $T_{9-3}$  на 20—37° (см. таблицу 1). Следует отметить, что октябрь является месяцем ежегодного усиления активности свечения зеленой линии атомарного кислорода  $\lambda 5577 \text{ \AA}$ , в свечении ночного неба, которая является также и одной из самых ярких эмиссий полярных сияний и поведение которой в свечении ночного неба обычно бывает всегда противоположным поведению гидроксильного излучения [1, 2, 4].

8. Выводы. 1) Средняя величина вращательной температуры гидроксильного излучения верхней атмосферы  $T_{oh}$  для Абастумани за период с 1958 по 1960 гг. равна  $246 \pm 16^\circ K$ .

2) Имеют место сезонные вариации  $T_{oh}$  с максимумом в ноябре-декабре и минимумом летом, причем амплитуда сезонных колебаний составляет  $\sim 75^\circ$ .

3) Средние  $T_{oh}$  для Абастумани близки к средним  $T_{oh}$  за те же периоды наблюдений, полученным на более высокоширотных станциях в Звенигороде и в Якутске.

4) При  $T_{oh} > 250^\circ K$  по наблюдениям в Абастумани имеется зависимость интенсивности полос  $OH$  от  $T_{oh}$ . При этом энергия активации соответствующей двухкомпонентной реакции, вычисленная из графика  $\lg I_{oh} \sim 1/T_{oh}$ , равна  $2.2 \pm 0.8$  ккал/моль, что близко к энергии активации озон-водородной реакции, которая может осуществляться ниже 80 км. При  $T_{oh} < 250^\circ K$  связи  $I_{oh}$  с  $T_{oh}$  не наблюдается, что ближе подходит к кислородно-водородному механизму образования возбужденных молекул  $OH$ , который имеет место на больших высотах.

5) При  $T_{oh} < 270^\circ K$  вращательная температура  $OH$ , определенная по полосам (9—3) и (6—1), совпадает. Но при  $T_{oh} > 270^\circ K$   $T_{6-1} < T_{9-3}$ , причем разность  $T_{9-3} - T_{6-1}$  может в отдельных случаях достигать величины 40—50°.

6) Величина отношения  $I_{9-3}/I_{6-1}$ , характеризующая относительную населенность верхних и нижних колебательных уровней возбужденных молекул атмосферного гидроксила, по наблюдениям в Абастумани не зависит от  $T_{oh}$ . С 1958 по 1960 г. отношение  $I_{9-3}/I_{6-1}$  непрерывно уменьшалось от значения 2.0 до 0.8, что свидетельствует об уменьшении относительной населенности 9-го колебательного уровня по мере падения активности свечения.

7) В случае больших геомагнитных возмущений, сопровождающихся низкоширотными сияниями, наблюдается аномальное увеличение  $T_{oh}$  до значений  $> 300^\circ K$  при аномальном уменьшении интенсивности полос  $OH$ . При этом разность  $T_{9-3} - T_{6-1}$  возрастает до  $\sim 40^\circ$ ; отношение  $I_{9-3}/I_{6-1}$

увеличивается. Подобное явление можно объяснить расширением верхней атмосферы во время активных сияний, мощными колебаниями, вызывающими усиление вертикального переноса соответствующих реагентов, необходимых для образования возбужденных молекул  $OH$ , переноса реакционной зоны в области с более высокой температурой атмосферы.

8) На основании данных, приведенных в настоящей статье, можно предположить, что сезонные вариации гидроксильного излучения верхней атмосферы и его вращательной температуры являются следствием колебательных движений верхней атмосферы, вызывающих вертикальное перемещение излучающих слоев.

Январь, 1962.

### $OH$ ROTATIONAL TEMPERATURE OF THE ATMOSPHERE

L. M. FISHKOVA

(Summary)

Spectral observations of airglow in spectral region 5400—7000 Å have been made at the Abastumani astrophysical observatory within the period 1958—1960.  $OH$  rotational temperature of the upper atmosphere was investigated and  $T_{rot}$  was measured at 106 nights (table I). Mean  $T_{rot}$  for Abastumani is  $246 \pm 16^\circ K$  (table II). Seasonal variations of  $T_{rot}$  with maximum in November—December and minimum in summer and amplitude about  $75^\circ K$  were obtained (fig. 4). Mean  $T_{rot}$  values at Abastumani are close to mean  $T_{rot}$  values obtained during the same periods at higher latitudes (tables III) and IV). For  $T_{rot} > 250^\circ K$  the dependence of  $OH$  bands intensity on  $T_{rot}$  was observed (fig. 5), the dependence of  $\lg I_{rot}$  on  $1/T_{rot}$  being approximately linear and the slope of corresponding straight line giving the activation energy  $E = 2.2 \pm 0.8$  ecal/mol. This value is close to activation energy of  $(O_3-H)$  reaction. For  $T_{rot} < 250^\circ K$  there is no dependence of  $I_{rot}$  on  $T_{rot}$ , this case is closer to  $(O_2^+-H)$  mechanism of  $OH$  molecules excitation. For  $T_{rot} < 270^\circ K$  rotational temperature obtained from band (9-3) coincides with that obtained from band (6-1), but when  $T_{rot} > 270^\circ K$  the latter is less than the former and the difference  $T_{9-3} - T_{6-1}$  reaches in some cases  $40^\circ K$ . The ratio  $I_{9-3}/I_{6-1}$  does not depend on  $T_{rot}$  and it decreased continuously during the period of observations from 2.0 in 1958 to 0.8 in summer 1959 (fig. 8.). During great geomagnetic disturbances followed by low-latitude aurora [(for instance in November 1960), the anomalous increase of  $T_{rot}$  to values  $> 300^\circ K$  followed by anomalous decrease of  $OH$  bands intensity was observed, at the same time the difference  $T_{9-3} - T_{6-1}$  increased to value  $20-40^\circ K$  and ratio  $I_{9-3}/I_{6-1}$  increased also (fig. 9). Similar anomalous phenomena were also observed at some nights in October of each year. It is suggested that seasonal variations of  $I_{rot}$  and  $T_{rot}$  and their anomalous variations during great geomagnetic disturbances are consequence of powerful vibrational motions of the upper atmosphere followed by vertical displacements of emission layers.

January, 1962.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Фишкова А. М., Маркова Г. В., Некоторые результаты электрофотометрических наблюдений эмиссий  $OH$ ,  $OH$  и непрерывного фона в свечении ночного неба. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс., 1959, № 24, 161—173.
2. Фишкова А. М., Маркова Г. В., Некоторые результаты электрофотометрических и спектральных наблюдений свечения ночного неба в Абастумани. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1960, № 2—3, 49—56.
3. Фишкова А. М., Маркова Г. В., Электрофотометрические наблюдения низкоширотного полярного сияния 11—12 февраля 1958 г. в Абастумани. Астрон. цирк. АН СССР, 1958, № 191.
4. Фишкова А. М., Сезонные и годичные колебания интенсивности свечения ночного неба. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1962, № 9.
5. Фишкова А. М., Маркова Г. В., Эмиссия  $OH$  по наблюдениям в Абастумани. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 6, 17—20.
6. Герасимов Н. Г., Яковлева А. В., Комплект светосильных спектрографов с дифракционными решетками. Приборы и техника эксперимента, 1956, № 1, 83—86.
7. Мулярчик Т. М., Петрова К. И., Очувствление фотоматериалов путем предварительной подсветки. Астрон. ж., 1957, № 1.
8. Roach F. E., Manual for observations of the airglow during the IGY. National Bureau of Standards, № 5006, 1956, 1—33.
9. Schöenberg E., Theoretische Photometrie. Handb. der Aph., 2, 1929, 202.
10. Герцберг Г., Строение и спектры двухатомных молекул. Изд-во ИЛ, 1949.
11. Шефов Н. Н., Об определении вращательной температуры полос  $OH$ . Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 5, 5—9.
12. Тарасова Т. М., Прямые измерения светимости ночного неба. Астрон. цирк., АН СССР, 1961, № 222.
13. Mepherston D. M., Vallance Jones A., A study of the latitude dependence of  $OH$  rotational temperatures for Canadian stations. J. Atm. and Terr. Phys., 17, 1960, 308.
14. Wallace L., Note on airglow temperature determinations from  $OH$  spectra. J. Geophys. Res., 65, № 3, 1960, 921—923.
15. Herman R. S., Hornbeck G. A., Vibration—rotation bands of  $OH$ . Aph. J., 118, № 2, 1953, 214—227.
16. Meinel A. B.,  $OH$  emission bands in the spectrum of the night sky., II. Aph. J., 1950, 112, № 1, 120—130.
17. Сушинский М. М., Молекулярный анализ методом комбинационного рассеяния света. Труды физического ин-та АН СССР, 1950, 5, 185—260.
18. Ярип В. И., Эмиссия  $OH$  по наблюдениям в Якутске. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 5, 10—17.

19. Wallace L., Seasonal variation and interpretation of the OH rotational temperature of the airglow. *J. Atm. and Terr. Phys.*, 20, № 2—3, 1961, 85—93.
20. Шефов Н. Н., Ярин В. И., О зависимости вращательной температуры OH от широты. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 5, 25—28.
21. Kvifte G., Auroral and nightglow observations at AS, Norway. *J. Atm. and Terr. Phys.*, 16, № 2/3, 1959, 252—258.
22. Шефов Н. Н., Эмиссия OH по наблюдениям в Звенигороде. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 5, 18—24.
23. Красовский В. И., О природе излучения OH в верхней атмосфере. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 5, 29—31.
24. Красовский В. И., Происхождение гидроксильной системы в излучении ночного неба. *Успехи физ. наук*, 1957, 63, 673 — 691.
25. Bates D. R., Nicolet M., The photochemistry of atmospheric water vapor. *J. Geophys. Res.*, 55, N 3, 1950, 301—327.
26. Красовский В. И., Некоторые результаты исследований полярных сияний и излучения ночного неба во время МГГ и МГС. *Успехи физ. наук*, 1961, 75, в. 3, 501—525.
27. Шефов Н. Н., О населенности колебательных уровней молекул гидроксила. Сборник статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба», Серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1961, № 6, 21—27.

## ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМИССИИ $\lambda 6562 \text{ \AA}$ $H_I$ СВЕЧЕНИЯ НОЧНОГО НЕБА

Л. М. ФИШКОВА

До сравнительно недавнего времени излучение атомарного водорода наблюдалось только в свечении полярных сияний: в спектрах полярных сияний во многих случаях присутствуют широкие линии  $H_\alpha$ ,  $H\beta$  атомарного водорода, происхождение которых связано с вторжением в полярные области земной атмосферы мощных протонных корпускулярных потоков. Ширина этих линий достигает нескольких десятков  $\text{\AA}$  и определяется большой скоростью протонов. В спектре свечения ночного неба никаких следов линий  $H_I$  не замечалось. Однако в 1957 г. В. С. Прокудиной на Звенигородской станции института физики атмосферы АН СССР в спектре свечения ночного неба была обнаружена узкая линия  $\lambda 6562 \text{ \AA}$ , которая была отождествлена как линия  $H_\alpha$  Бальмеровской серии атомарного водорода [1]. Ее ширина не превышала ширину инструментального контура ( $\sim 2 \text{ \AA}$ ), и ее появление в спектре не было связано с какими-либо геомагнитными возмущениями. Линия  $\lambda 6562 \text{ \AA}$   $H_I$  расположена в спектре свечения ночного неба между линиями  $P_2(6-1)$   $OH$  ( $\lambda 6554 \text{ \AA}$ ) и  $p_3(6-1)$   $OH$  ( $\lambda 6569 \text{ \AA}$ ), поэтому обнаружить ее можно лишь при помощи спектрографа с достаточной для этого разрешающей способностью, каким и явился использованный В. С. Прокудиной отечественный светосильный спектрограф СП—48. В последующие годы во время МГГ и МГС, благодаря применению таких же или аналогичных спектрографов узкая линия  $H_\alpha$  была обнаружена в спектре свечения ночного неба во время наблюдений на ряде других станций: Г. В. Марковой и Л. М. Фишковой в Абастумани [2], Р. Х. Гайнулдиной и Э. В. Карягиной в Алма-Ате [3], В. И. Яриным в Якутске [4], Дюфэ в От Прованс [5], Квайфтом в Норвегии [6]. По оценке указанных авторов интенсивность линии  $H_\alpha$  в спектре ночного неба оказалась гораздо меньшей, чем в спектре сияний, не более 5—20 разев. Узкий профиль линии  $H_\alpha$  в спектре ночного неба и отсутствие зависимости ее интенсивности от геомагнитной активности свидетельствовали о том, что ее происхождение в спектрах ночного неба отлично от происхождения широкой  $H_\alpha$  в спектрах полярных сияний.