

64. Rajole J. On the origin of meteor long-duration train luminosity. Bull.astron.Inst.Czechoslov. 1968, 19, N.5, 323-325.
65. Gadsden M. The nightglow continuum emission. J.Atmosph.Terr.Phys. 1967, 29, N.5, 606-606.
66. Schiff H.J. Reactions involving nitrogen and oxygen. Ann.geophys. 1964, 20, N.1, 115-127.
67. Tanaka Y., Ogawa M. The band spectrum of nitric oxide in the visible region. Journ.Sci.Res.Instr. 1949, 44, N.1208, 1-4.
68. Додонова Н.Я. О желтой флуоресценции NO, возбуждаемой вакуумной ультрафиолетовой радиацией. Вестник Лен. гос. унив-та, сер.физики и химии. 1966, № 10, 36-39.
69. Barth C.A. Nitric oxide in the upper atmosphere. Ann.geophys. 1966, 22, N.2, 198-207.
70. Doherty G., Jonathan N. Laboratory studies of the chemiluminescence from the reaction of atomic oxygen with nitric oxide under upper atmosphere conditions. Disc.Paraday Soc. 1964, N.37, 73-81.
71. Baker D.J., Waddoups R.O. Rocket measurements of midlatitude night airglow emissions. Journ.Geophys.Res. 1967, 72, N.19. 4881-4883.

ВОДОРОДНАЯ ЛИНИЯ  $H_{\alpha}$  В СПЕКТРЕ СВЕЧЕНИЯ СУМЕРЕЧНОГО НЕБА

Т.Г. МЕГРЕЛИШВИЛИ

Как известно, некоторые эмиссии, наблюдаемые в ночное время (дублет натрия, красные линии кислорода, полосы гидроксила и др.), усиливаются во время сумерек, что происходит в результате воздействия прямых солнечных лучей на высокие слои атмосферы. Исследование сумеречного излучения атмосферы делает возможным определять высоту излучающих атмосферных слоев и получать важную информацию об атмосферных процессах. В связи с этим обнаружение сумеречного усиления ("сумеречной вспышки") какой либо новой линии или полосы имеет большой интерес [1,2]. Для изучения проблем физики и фотохимии верхней атмосферы и околоземного космического пространства весьма интересна обнаруженная в Абастуманской обсерватории водородная линия  $H_{\alpha}$  в сумерках, открывшая новые возможности получения сведений о содержании водорода в термосфере [3].

В спектрах полярных сияний линия  $H_{\alpha}$  была обнаружена в 1939г. [4,5], но оставалось неясным, присутствует ли водород в качестве постоянной составляющей верхней атмосферы, в частности - над средними и низкими широтами. Важный результат был получен в 1958 г. на Эвенигородской станции Института физики атмосферы АН СССР: линия  $H_{\alpha}$  была обнаружена в спектре свечения ночного неба [6]. Однако появление линии  $H_{\alpha}$  на широтах Москвы, где не редки слабые полярные сияния, частично могло быть связано не со светимостью ночного неба, а с полярным сиянием.

Окончательная ясность в этот вопрос была внесена в том же 1958 г., когда водородная линия  $H_{\alpha}$  была обнаружена в Абастумани в спектрах свечения ночного неба низких широт, где полярные сияния - явление весьма редкое [7]. Прямым указанием на присутствие водорода в верхней атмосфере явилось также обнаружение ракетными исследованиями линии водорода  $L_{\alpha}$  ( $\lambda = 1216 \text{ \AA}$ ) в свечении ночного неба [8].

Сумеречное усиление водородной линии  $H_{\alpha}$  было обнаружено нами в 1962 г. в спектрах, фотографировавшихся при помощи светосильного спектрографа СП-48. Наблюдения проводились на высоте  $23^{\circ}$  одновременно на двух спектрографах в вертикале Солнца (восток или запад) и в направлении на север. Имеются также и отдельные наблюдения в венте и на юге. Фотографирование спектров в сумерках производилось с экспозициями от 3 до 40 минут, поэтому наблюдаемые данные обраба-

тывались с учетом коэффициента Шварцшильда.

Интенсивность линии  $H_{\alpha}$  в абсолютных единицах определялась путем сравнения с интенсивностью красной кислородной линии свечения ночного неба, абсолютная интенсивность которой измерялась в течение всей ночи при помощи прокалиброванного в абсолютных единицах электрофотометра [9].

В 1962–68 г.г. было получено более 2000 спектров сумеречного неба, причем водородная линия была зарегистрирована 227 раз преимущественно при погружении Солнца под горизонт  $I8-I2^0$ ,  $I2-I0^0$  (748 спектров). Обработка указанных спектрограмм показала, что нередко интенсивность  $H_{\alpha}$  в сумерках в несколько раз превосходит ночную интенсивность. Например, в 1962 г. средняя ночная интенсивность  $H_{\alpha}$  составляла 12 рэлей, а в сумерках она возрастала до 20–40 и более рэлей, как это можно видеть из табл. I, в которой приведено несколько типичных наблюдений. Интенсивность линии увеличивается с уменьшением зенитного расстояния Солнца.

Таблица I

Дата	Зенитное расстояние Солнца (град.)	Интенсивность (рэлей)
<u>Направление на север</u>		
23.1.62, веч.	I09.0–I03.5	16
	I03.5–I01.8	29
	I01.8–I00.3	57
5.3.62, веч.	I08.3–I03.5	19
	I03.5–I01.3	40
13.4.62, утро	I08.0–I04.0	19
	I04.0–I01.0	39
14.4.62, утро	I08.0–I04.0	15
	I04.0–I01.0	22
23.5.62, веч.	I08.0–I04.0	10
	I04.0–I01.0	29
1.6.62, веч.	I08.0–I02.0	21
	I02.0–98.5	20
<u>В вертикале Солнца</u>		
14.4.62, утро	I08.0–I04.0	23
	I04.0–I01.0	62
19.7.62, веч.	I12.0–I02.0	14
	I02.0–I00.0	14

Полученный наблюдательный материал позволяет также установить некоторое усиление линии  $H_{\alpha}$  от вечерних сумерек к утренним. Это можно видеть на осредненных значениях (табл. 2) и сопоставляя утренние и вечерние наблюдения, полученные в течение одних суток (табл. 3). Подобная утренне-вечерняя асимметрия отмечалась и другими авторами [10, 19].

Таблица 2

Зенитное расстояние Солнца (град.)	Интенсивность (рэлей)	
	вечер	утро
I03.5–I08.1	17	19
I03.5–I00.0	26	41

Таблица 3

Дата	Зенитное расстояние Солнца (град.)	Интенсивность (рэлей)
5.8.62, веч.	I08.0–I02.0	9
6.8.62, утро	I09.0–I02.0	17
2.11.62, веч.	I08.0–I00.0	13
3.11.62, утро	III.0–I02.0	18

Водород, по-видимому, самый активный участник процесса взаимодействия между Землей и космосом, если иметь в виду взаимодействие, связанное с обменом вещества, материей между Землей и космическим пространством, если иметь в виду диссипацию и аккрецию водорода. В существующих теориях диссипации водорода учитываются, главным образом, процессы в экзосфере, между тем нужно учитывать и скорость проникновения  $H_2O$  из тропосферы через стратосферу в мезосферу. Из молекул  $H_2O$  в мезосфере и нижней термосфере в результате фотодиссоциации образуются атомы водорода, которые диффундируют в экзосферу, откуда и диссипируют в околоземное пространство.

При некоторых условиях скорость диссипации водорода может контролироваться не только температурой экзосферы, но и скоростью турбулентной диффузии паров воды сквозь стратосферу и мезосферу. Одновременно может происходить и аккреция водорода Землей.

Успехи в исследовании солнечного ветра и его воздействия на магнитосферу Земли указывают на постоянно происходящий захват атмосферой нашей планеты солнечного водорода. Скорость аккреции может иметь тот же порядок величины, что и скорость диссипации водорода, а в некоторых случаях может даже превосходить ее [3].

Какие факты, взятые из сумеречных наблюдений, могли бы свидетельствовать в пользу предположения о заметном влиянии аккреции водорода на содержание водорода в мезосфере и термосфере?

До рассмотрения поставленного вопроса скажем несколько слов о высоте излучающих слоев в сумерках и высоте экранирующего слоя, — факто-

рах, приобретающих большую важность в силу вышеизложенного.

Теория сумеречного свечения атмосферы дает возможность связать вариации интенсивности линии  $H_{\alpha}$  с высотой излучающих атмосферных слоев. Используя геометрию сумерек, можно непосредственно вычислить высоту нижней границы освещенной области атмосферы  $h$  в виде суммы  $h = h_{\tau_2} + h_0$ , где  $h_0$  — высота экранирующего слоя, сильно зависящая от длины волны проходящей сквозь нижние слои атмосферы радиации. Следуя данным [2, 11, 12], высоту экранирующего слоя для  $L_{\beta}$  мы принимаем равной 100 км. Возбуждение  $H_{\alpha}$  происходит в результате поглощения солнечной эмиссионной линии  $L_{\beta}$  ( $\lambda = 1026 \text{ \AA}$ ) атомами водорода верхней атмосферы и геокороны. Эта энергия переизлучается в виде квантов,  $H_{\alpha}$   $\lambda = 6563 \text{ \AA}$  и  $L_{\alpha}$   $\lambda = 1216 \text{ \AA}$  (рис. 1).

Пользуясь абсолютными значениями интенсивности линии  $H_{\alpha}$  мы можем получить информацию о количестве атомарного водорода на высотах 180–300 км.

Число частиц  $N(H)$  в вертикальном столбе единичного сечения в освещенной части атмосферы определяется соотношением:

$$N(H) = \frac{I_{H_{\alpha}} \cos \theta}{g} 10^6 \text{ атом/см}^2, \quad (I)$$

где  $I_{H_{\alpha}}$  — наблюдаемая интенсивность линии  $H_{\alpha}$  в рэлях,  $\theta$  — угол рассеяния,  $g$  — число фотонов  $H_{\alpha}$ , испускаемых одним атомом за 1 сек. Величина  $g$  пропорциональна потоку  $\pi F_{L_{\beta}}$  солнечного излучения в линии  $L_{\beta}$ . До 1963 г. использовалось [2, 9, 13, 15] значение  $\pi F_{L_{\beta}} = 0.5 \frac{302}{\text{см}^2 \text{сек}}$ , однако позже это значение было уточнено, и мы воспользовались для своих расчетов, согласно [12, 14], величиной  $\pi F_{L_{\beta}} = 0.075 \frac{302}{\text{см}^2 \text{сек}}$  откуда получается  $g = 3.4 \cdot 10^{-7}$  фотон/ат.сек. С этими значениями мы вычисляем по формуле (I) содержание атомов в вертикальном столбе единичного сечения  $N(H)$  для разных высот  $h$ . Графическое дифференцирование этой кривой позволяет находить концентрацию атомарного водорода  $n(H)$  как производную  $n(H) = \frac{dN(H)}{dh}$ . В табл. 4 приведены полученные по осредненным кривым  $N(H)$  (для 1962 г.) значения  $n(H)$ .

На рис. 2 данные табл. 4 представлены в виде кривой 1 и для сравнения здесь же приведена кривая 2, построенная по ночным наблюдениям в Абастумани для того же 1962 г. [16]. Такое сопоставление естественно, поскольку во время сумерек тень Земли проходит ниже, чем ночью; это позволяет определять содержание атомарного водорода в слоях атмосферы, расположенных на 50–100 км ниже, чем ночью (высота экранирования для сумеречных и ночных наблюдений берется одинаковой). На рис. 2 представлены также значения  $n(H)$ , опубликованные в [17]: точка 3 и интервал 4 отмечены стрелками [18]. Сопоставление показывает насколько сумеречные данные превышают величину концентрации водородных атомов на таких же высотах, вычисленную другими авторами. Таким образом, из наблюдений сумеречного свечения водорода в линии  $H_{\alpha}$ , регулярно проводившихся нами на горе Канобили, мы получили обширную

информацию о количестве атомарного водорода на высотах 180–300 км.

Таблица 4

(км)	(H) атомов/см <sup>3</sup>	(км)	(H) атомов/см <sup>3</sup>
198	2.0 10 <sup>7</sup>	258	2.1 10 <sup>6</sup>
208	1.3	268	1.8
218	9.5 10 <sup>6</sup>	278	1.5
228	5.8	288	1.3
238	4.2	298	8.8 10 <sup>5</sup>
248	2.9		

Возвращаясь к поставленному выше вопросу, следует отметить, что повышенная концентрация водорода, обнаруженная сумеречными наблюдениями, может свидетельствовать в пользу предположения о существовании аккреции водорода.

Нами обнаружены большие колебания количества атомарного водорода, в частности — связанные с фазой цикла солнечной активности. На рис. 3 представлены вариации интенсивности  $H_{\alpha}$  с 1962 г. по 1968 г. для зенитного расстояния Солнца 108–102°. Максимальные интенсивности наблюдаются в 1962 г.; в 1963–64 г.г. интенсивность линии стала заметно меньше, а в 1965–66 г.г. наступил минимум. С 1967 г. началось новое усиление интенсивности водорода. Таким образом, количество водорода в верхней атмосфере Земли изменяется в течение 11-летнего цикла солнечной активности и экстремумы кривой изменения интенсивности  $H_{\alpha}$  сдвинуты на 1 1/2–2 года относительно максимума и минимума солнечной активности. Предположительно этот сдвиг может быть объяснен совместным действием диссипации и аккреции водорода атмосферы Земли, скорость которых изменяется в зависимости от уровня солнечной активности. При понижении активности скорость диссипации уменьшается, что сопровождается увеличением запасов водорода в атмосфере Земли, снижение же скорости аккреции сопровождается уменьшением запасов водорода в атмосфере. Факт наступления максимума содержания водорода в верхних слоях атмосферы Земли за полтора–два года до минимума солнечной активности указывает на заметную роль аккреции водорода Землей, сравнимую с ролью диссипации.

Установлены также колебания количества водорода на высотах 180–300 км по одновременным наблюдениям интенсивности линии  $H_{\alpha}$  в северной части неба и восточной (утренние сумерки) или западной части неба (вечерние сумерки) на высоте 25°. Во всех случаях, в направлении на север линия  $H_{\alpha}$  имеет большую интенсивность, чем в западном и восточном направлениях. За 1962 г. на север интенсивность в среднем 1.6 раз больше чем в западно-восточном направлении. Это также может свидетельствовать в пользу предположения о большой роли аккреции водорода Землей. В самом деле, поверхность нашей планеты может быть как

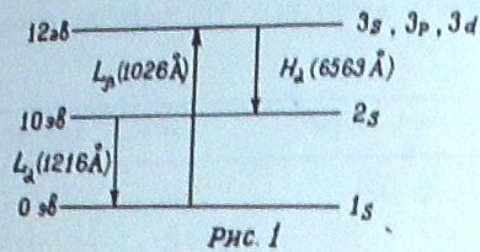


Рис. 1

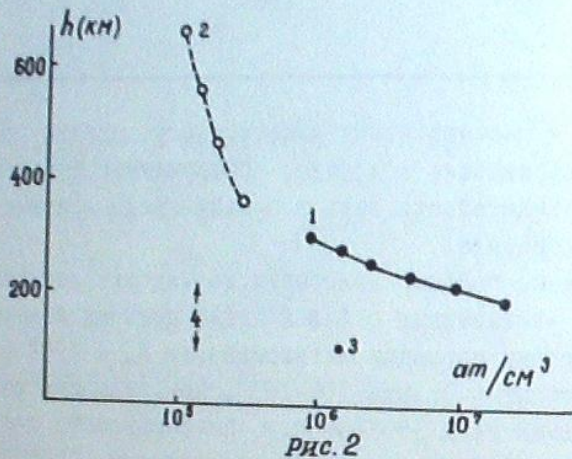


Рис. 2

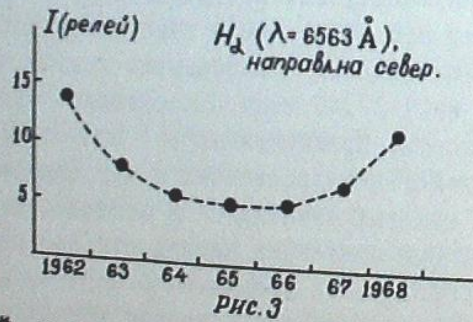


Рис. 3

бы неоднородной, в том смысле, что скорость обмена водородом между Землей и космосом может быть разной на разных географических широтах Земли по следующим причинам: может быть разной скорость диссипации из-за различия температуры экзосферы, например, в зоне полярных сияний, по сравнению с зоной низких геомагнитных широт, а также из-за различий в скорости попадания молекул  $H_2O$  из тропосферы в мезосферу, где они подвергаются фотодиссоциации. Кроме того, может быть разной и скорость аккреции, поскольку на движение ионов  $H^+$ , проникающих в атмосферу из магнитосферы Земли, влияет магнитное поле и поэтому водород в большом количестве может проникать в атмосферу вблизи зоны полярных сияний. Так, что, если преобладает диссипация водорода, то в областях верхней атмосферы Земли, распо-

ложенных вблизи зоны полярных сияний, содержание водорода должно быть меньше, чем на низких геомагнитных широтах.

Если преобладает аккреция, то в указанной зоне (куда в большом количестве устремляются солнечным ветром ионы  $H^+$ ) содержание водорода должно быть больше, чем на меньших широтах. Тогда, если роль аккреции водорода велика, то может наблюдаться большая изменчивость содержания водорода в верхних слоях атмосферы, поскольку существует механизм прорыва заряженных частиц солнечного ветра в магнитосферу Земли, связанный, по-видимому, с большими магнитными возмущениями геомагнитного поля.

Наблюдения водородной линии  $H_\alpha$  в сумерках продолжают. Поведение этой линии в течении времени, полностью охватывающего весь цикл солнечной активности 1969-1970 гг, представляет большой интерес.

Июнь, 1969.

ხვალბარის ხაზი  $H_\alpha$  ბინების ველ ხაზობის სპექტრში

თ. მადრაიიძე

(რეზიუმე)

აბსტრუქტის ასტროფიზიკურ თბსტრუქტორიაში 1962 წ. მარტობდელ სპექტროგრაფიულ დაკვირვებას საფუძვალზე შექმნილ იქნა ბინების სინთეზის სპექტრში ხვალბარის ხაზის  $H_\alpha$ -ს ინტენსიობის გაძივრება. 1962-1968 წწ მიღებულ დაკვირვებებში გამოამჟღავნეს გამხსნავება რილისა და სარამის ბინების სინთეზში ანუ ე.წ. რილ-სარამის ეფექტი. ინტენსიობა სარამისა და მუჭი ალმინია. ხვალბარის ხაზის  $H_\alpha$  ინტენსიობა ვარსკვლავი დაკვირვებულა დამინის ატმოსფერის მნთი ფენებში სინთეზისა. ამის საფუძვალზე მიღებულა მნიშვნელოვანი ინფორმაციის სინთეზისა. ატმოსფერის რადიუსი შესახებ 180-300 კმ სინთეზისა. ეთა ატმოსფერის ხვალბარის რადიუსი დაკვირვებებში გამოავლინა ხვალბარის ხაზის ინტენსიობის რადიუსი დაკვირვებებში, ატმოსფერის ხაზის ინტენსიობის რადიუსი დაკვირვებებში. ხვალბარის ხაზის სპექტრისა და რადიუსის რადიუსი დაკვირვებებში. 1962 წ. ინტენსიობის ცვლილებანი მისი ატმოსფერისა დაკვირვებებში, 1964, 1965, 1966 წწ-მინიშობი, ტენსიობის მუშობი დაკვირვებებში; 1967 წლიდან  $H_\alpha$  კვლავ გაძივრებას იწყებს.

ავტორმა სკალა მიღებულ შედეგებს ახსნა არა მარტო ხვალბარის რილისა და სარამის ატმოსფერის, არამედ ატმოსფერის სინთეზის ატმოსფერში.

H<sub>α</sub> HYDROGEN LINE IN THE TWILIGHT GLOW OF THE SKY

T.G.MEGRELISHVILI

(Summary)

In 1962 spectrographic observations conducted at Abastumani revealed increased intensity in the H<sub>α</sub> hydrogen line in the twilight glow of the sky. Observations carried out in the 1962-1968 helped to establish the so called morning-evening effect. Morning intensities proved to be higher than the evening ones. The variations in H<sub>α</sub> intensities were ascribed to the heights of the luminous layers of the Earth's atmosphere. Information has been obtained on the quantity of hydrogen at heights of 180-300 kms. Observations made in different directions revealed increased intensity in the hydrogen line towards the North as compared to the East and the West. Changes in H<sub>α</sub> intensities connected with solar activity levels were fixed. In 1962 maximum intensity was registered; in 1964, 1965 and 1966 the intensity was at minimum level; beginning with 1967 H<sub>α</sub> intensity started to rise again.

An attempt was made to explain the results not only on the basis of dissipation of hydrogen from the atmosphere, but also on the basis of its accretion in the atmosphere.

## Ц и т и р о в а н н а я л и т е р а т у р а

1. Хвостиков И.А. Высокие слои атмосферы. Л.1964.
2. Чемберлен Дж. Физика полярных сияний и излучений атмосферы. М.1963.
3. Мегрелишвили Т.Г., Хвостиков И.А. Сб. "Физика мезосферных облаков". Рига. 1970.
4. Vegard L. Nature. 1939, 144, 1089.
5. Хвостиков И.А. Физика озоносферы и ионосферы. М. 1963.
6. Прокудина В.С. Сб. "Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба". 1959, 1.
7. Фишкова Л.М., Маркова Г.Н. Астрон.цирк. 1958, 196.
8. Kupperian I.E., Вугам Е.Т., Chubb T.A., Friedman H. Ann.Géoph.1958, 14, N.3, 329.
9. Фишкова Л.М. Бюлл.Абастум.астрофиз.обс. 1962, 29, 77.
10. Щеглов П.В. Астрон.ж. 1964, 41, № 2, 371.
11. Шкловский И.С. Астрон.ж. 1957. 34, № 1, 127.
12. Donahue T.M. Planet.Space Sci. 1964, 12, 2, 149.
13. Фишкова Л.М., Марцваладзе Н.М. Геомагн. и аэрономия. 1967, 7, 6, 1021.
14. Tousey R. Space Sci. Rev. 1963, 11, N.1, 3.
15. Donahue T.M., Thomas G. Planet.Space Sci. 1963, 10, 65.
16. Фишкова Л.М., Марцваладзе Н.М. Астрон.цирк. 1963, 253.
17. Nord W.Ch. Trans.Amer.Geophys.Union. 1967, 48, N.1, 1.
18. Тауси Р. Сб. "Космическая астрофизика". М.1962.
19. Tinsley В.А. Journ.Geophys.Res. 1968, 73, N.13, 4139.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА  
В ГРУЗИИ В 1957-1966 гг

Д.Ф.ХАРЧИЛАВА и В.М.ИСКАНДАРОВА

Первые регулярные озонметрические наблюдения в Грузии были начаты в Абастуманской астрофизической обсерватории Ш.М.Чхаидзе в июле 1957 г. с началом Международного геофизического года [7]. Затем они непрерывно продолжались по программе МГС и МГСС и ведутся в настоящее время.

Измерительным прибором до 1962 г. служил фотоэлектрический трехканальный озонметр (ОФЭТ-3), а с 1962 г. - универсальный озонметр ГГО, прокалиброванный в 1961, 1963 и 1966 гг путем сравнения со спектрофотометром Добсона.

С августа 1964 г. в связи с Международным годом спокойного Солнца систематические наблюдения над общим содержанием озона были начаты также в Тбилиси, в Закавказском научно-исследовательском гидро-метеорологическом институте, а с 1965 г. эти наблюдения были продолжены УГМС Грузинской ССР. Озонметр помещен на высоте 1343 м. над уровнем моря, недалеко от Тбилиси, в сел.Коджори. Наблюдательным прибором до марта 1966 г. служил солнечный озонметр, прокалиброванный в Абастумани в 1963 и в Воейково в 1964 г. Солнечный озонметр по своей схеме подобен универсальному, но имеет только один блок с фотозлементом для дневных наблюдений. С мая 1966 г. озонметрические наблюдения в Тбилиси проводятся на универсальном озонметре ГГО, прокалиброванном в Карадагской актинометрической обсерватории (Крым) в апреле 1966 г. Таким образом, озонметрические наблюдения в Грузии в настоящее время регулярно проводятся в Абастумани и Тбилиси.

Принцип действия универсального озонметра основан на измерении ослабления прямой или рассеянной ультрафиолетовой радиации Солнца или Луны в двух участках спектра, один из которых расположен в полосе поглощения озона, а другой - вне этой полосы, и представляет собой фотоэлектрический фотометр со светофильтрами. Максимум спектральной чувствительности в области первого светофильтра приходится на длину волны 3140 ангстрем, второго светофильтра - 3690. Полуширина полосы пропускания составляет 210 и 220 ангстрем, соответственно. Приемником света служит фотозлемент при наблюдениях по прямому солнечному свету (блок для дневных наблюдений) и фотоумножитель при наб-