

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 свечения 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.

Для выяснения механизма возникновения  $H_\alpha$  в свечении ночного неба необходимо прежде всего знать вариации её интенсивности как во времени, так и по небесному своду, а также по сравнению с вариациями других эмиссий ночного неба; также важным фактором в этом явлении должно быть влияние на измеряемую интенсивность  $H_\alpha$  той части галактической составляющей свечения ночного неба, которая сама излучает в  $H_\alpha$ . Однако для того чтобы ответить на эти вопросы, упомянутых выше наблюдений [2, 3, 4, 5, 6] совершенно недостаточно. Необходимы были длительные систематические наблюдения.

В Абастуманской астрофизической обсерватории АН Груз. ССР ( $\varphi = 41^\circ 45' N$ ,  $\lambda = 12^\circ 45' E$ ) наблюдения эмиссии  $6562 \text{ \AA} H\alpha$  в спектре свечения ночного неба проводятся регулярно с января 1958 года. За период 1958—1961 г. получено 115 спектров ночного неба с эмиссией  $H_\alpha$ . На основе этого материала изучены сезонные и годичные вариации абсолютной интенсивности линии  $H_\alpha$  в спектре свечения ночного неба, получены некоторые данные о пространственном распределении эмиссии  $H_\alpha$  и влияния галактической составляющей на наблюдаемую интенсивность  $H_\alpha$ ; проведено сравнение вариаций интенсивности  $H_\alpha$  с вариациями интенсивности других эмиссий ночного неба. Предварительные результаты этих наблюдений за 1958—1959 годы были опубликованы ранее [7, 8].

Съемка спектров производилась при помощи светосильного спектрографа СП—48. Метод наблюдений и обработки аналогичен методу, который использовался при изучении полос  $OH$  в области спектра  $6000\text{--}7000 \text{ \AA}$  и описан в предыдущей статье данного выпуска [9]. Абсолютная интенсивность линии  $H_\alpha$  определялась путем сравнения её с интенсивностью линии  $\lambda 6300 \text{ \AA} [OI]$ , абсолютная интенсивность которой была известна из электрофотометрических наблюдений [9]. Измерение интенсивности линии  $H_\alpha$ , ввиду её малой величины, представляет большие трудности и осуществлялось с точностью 15—30%.

В течение каждой ночи спектры фотографировались в направлении  $Z=67^\circ N$ . В течение ряда ночей одновременно производилась съемка спектров и в других, специально выбранных направлениях, для чего в 1959 г. щель спектрографа делилась пополам призмой прямого угла, а с июля 1961 г. использовался второй спектрограф СП—48.

В таблице 1 приводится абсолютная интенсивность линии  $H_\alpha 6562 \text{ \AA}$  в спектре свечения ночного неба, выраженная в рэлях, за период с января 1958 г. по ноябрь 1961 г., по наблюдениям в Абастумани в направлении  $Z=67^\circ N$ . Построенные на основании таблицы 1 сезонные вариации интенсивности  $H_\alpha$  изображены на рис. 1. Каждая точка на графике есть средняя интенсивность  $I_{H_\alpha}$  за период, включающий ряд соседних ночей.

Из таблицы 1 и рис. 1 видно, что интенсивность линии  $H_\alpha$  достигает максимальной величины летом в июне-июле-августе каждого года и минимума зимой; добавочный максимум имеется в марте (треугольники на рис. 1). На рис. 2 приводится усредненная за четыре года кривая сезонных вариаций  $I_{H_\alpha}$ .

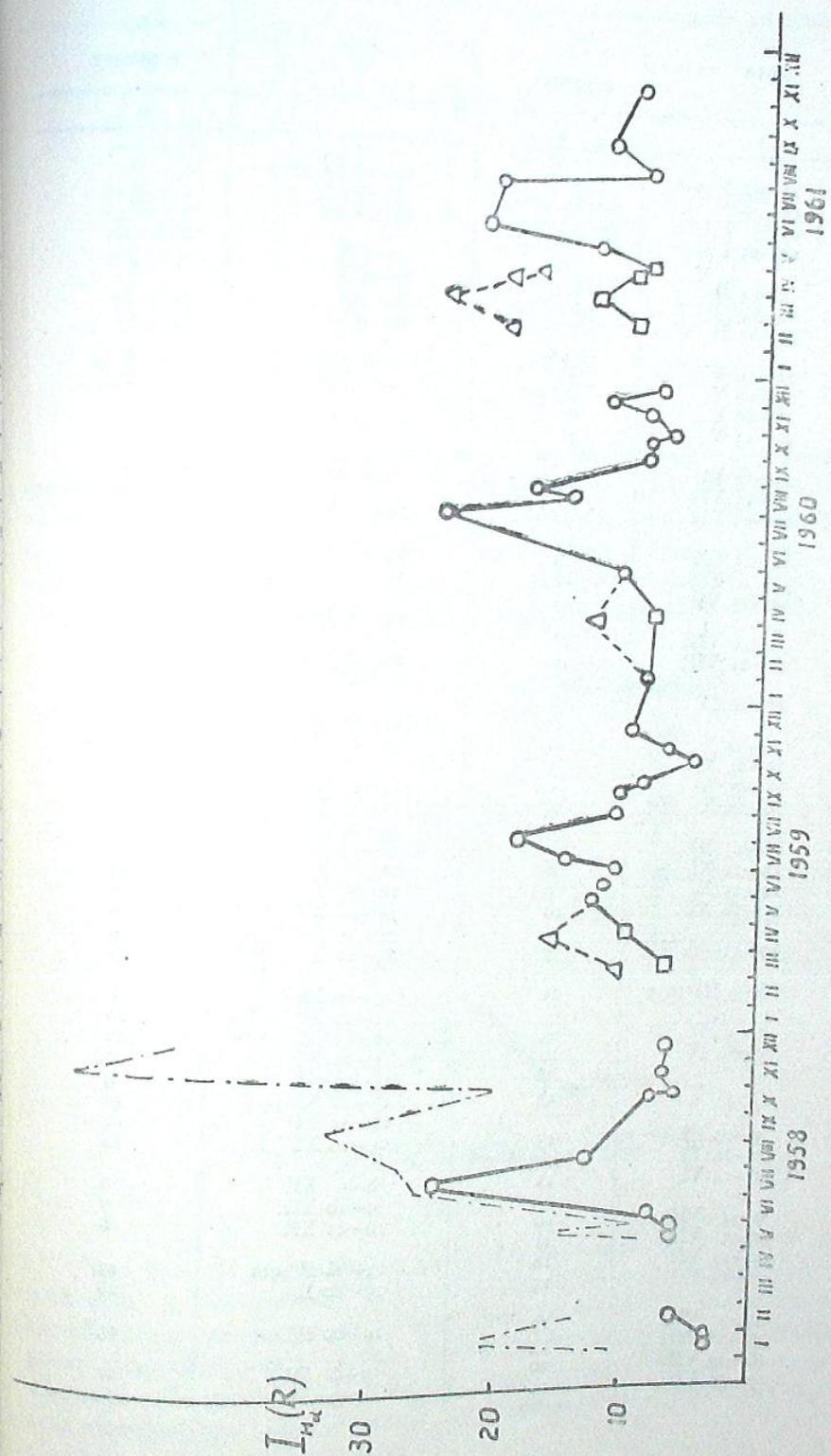


Рис. 1

Таблица 1

| Дата         | $I_{H\alpha}$<br>в рэлях | Дата          |    | $I_{H\alpha}$<br>в рэлях |
|--------------|--------------------------|---------------|----|--------------------------|
|              |                          | 1             | 2  |                          |
| 13-14 I 1958 | 3                        | 25-26 IX 1959 | 2  |                          |
| 18-19 I      | 2                        | 27-28 IX      | 15 |                          |
| 23-24 I      | 5                        | 28-29 IX      | 18 |                          |
| 24-25 I      | 2                        | 4-5 X         | 9  |                          |
| 13-14 II     | 2                        | 29-30 X       | 7  |                          |
| 18-19 II     | 8                        | 30-31 X       | 3  |                          |
| 19-20 II     | 7                        | 31-I XI       | 4  |                          |
| 13-14 V      | 4                        | 1-2 XII       | 8  |                          |
| 17-18 V      | 7                        | 2-3 XII       | 12 |                          |
| 18-19 V      | 6                        | 27-28 I 1960  | 9  |                          |
| 22-23 V      | 5                        | 2-3 IV        | 13 |                          |
| 13-14 VI     | 9                        | 24-25 V       | 11 |                          |
| 14-15 VI     | 6                        | 22-23 VII     | 24 |                          |
| 22-23 VI     | 4                        | 31 VII-I VIII | 25 |                          |
| 14-15 VII    | 3                        | 14-15 VIII    | 18 |                          |
| 15-16 VII    | 26                       | 16-17 VIII    | 12 |                          |
| 16-17 VII    | 25                       | 26-27 VIII    | 11 |                          |
| 9-10 VIII    | 17                       | 31 VIII-I IX  | 25 |                          |
| 10-11 VIII   | 10                       | 21-22 IX      | 8  |                          |
| 17-18 IX     | 8                        | 22-23 IX      | 9  |                          |
| 11-12 X      | 8                        | 11-12 X       | 9  |                          |
| 12-13 X      | 3                        | 12-13 X       | 11 |                          |
| 14-15 X      | 5                        | 13-14 X       | 9  |                          |
| 18-19 X      | 8                        | 15-16 X       | 5  |                          |
| 12-13 XI     | 6                        | 16-17 X       | 10 |                          |
| 13-14 XI     | 6                        | 18-19 X       | 10 |                          |
| 14-15 XI     | 6                        | 21-22 X       | 8  |                          |
| 15-16 XI     | 10                       | 24-25 X       | 9  |                          |
| 10-11-12 XII | 7                        | 25-26 X       | 5  |                          |
| 8-9 III 1959 | 11                       | 9-10 XI       | 6  |                          |
| 2-3 IV       | 23                       | 11-12 XI      | 10 |                          |
| 9-10 IV      | 10                       | 12-13 XI      | 12 |                          |
| 30-31 V      | 13                       | 14-15 XI      | 11 |                          |
| 9-10 VI      | 13                       | 15-16 XI      | 4  |                          |
| 11-12 VI     | 11                       | 17-18 XI      | 10 |                          |
| 13-14 VI     | 11                       | 24-25 XI      | 13 |                          |
| 1-2 VII      | 10                       | 25-26 XI      | 12 |                          |
| 2-3 VII      | 11                       | 8-9 XII       | 8  |                          |
| 12-13 VII    | 16                       | 9-10 XII      | 7  |                          |
| 13-14 VII    | 13                       | 10-11 XII     | 8  |                          |
| 2-3 VIII     | 19                       | 11-12 II 1961 | 13 |                          |
| 27-28 VIII   | 13                       | 19-20 II      | 28 |                          |
| 28-29 VIII   | 10                       | 19-20 III     | 25 |                          |
| 29-30 VIII   | 11                       | 7-8 IV        | 21 |                          |
|              |                          | 8-9 IV        | 18 |                          |

Продолжение таблицы 1

| 1             | 2  | Продолжение таблицы 1 |    |
|---------------|----|-----------------------|----|
|               |    | 1                     | 2  |
| 16-17 IV 1961 | 16 | 16-17 VII 1961        | 20 |
| 17-18 IV      | 21 | 17-18 VII             | 24 |
| 11-12 V       | 13 | 8-9 VIII              | 13 |
| 12-13 V       | 13 | 9-10 VIII             | 9  |
| 16-17 V       | 13 | 13-14 VIII            | 6  |
| 17-18 V       | 34 | 5-6 IX                | 12 |
| 7-8 VI        | 23 | 6-7 IX                | 16 |
| 8-9 VI        | 22 | 9-10 IX               | 9  |
| 8-9 VII       | 22 | 6-7 XI                | 8  |
| 14-15 VII     | 19 | 7-8 XI                | 13 |

Сезонные вариации интенсивности  $H\alpha$  не совпадают с сезонными вариациями интенсивностей других эмиссий ночного неба [10]. Для сравнения на рис. 1 штрихпунктиром изображены полученные одновременно вариации интенсивности линии  $P_2(6-1) OH$ , которая находится в спектре рядом с линией  $H\alpha$  и сравнима с ней по интенсивности:  $P_2(6-1)$  имеет характерный для гидроксильного излучения максимум в ноябре.

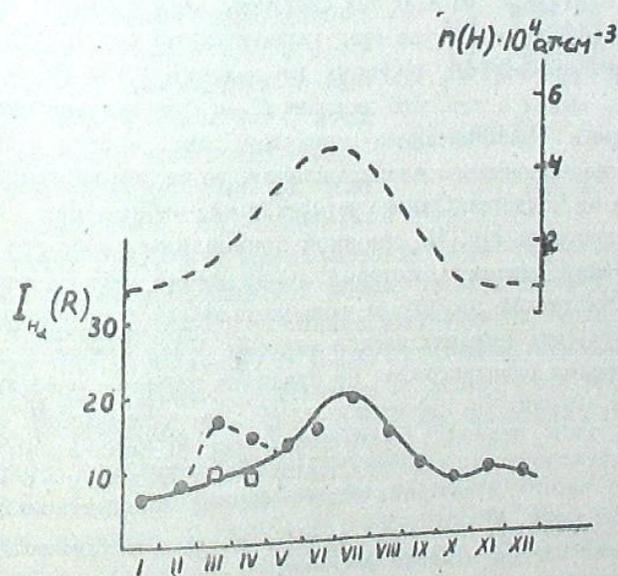


Рис. 2

Так как на наблюдаемую интенсивность линии  $H\alpha$  в спектре ночного неба в значительной степени может накладываться галактическая составляющая свечения ночного неба, излучающая в  $H\alpha$ , то естественно могла возникнуть мысль о том, что последней может быть объяснен максимум на сезонной кривой  $H\alpha$ . С целью проверки этого обстоятельства определялись экваториальные и галактические координаты центра

поля зрения спектрографа (размеры поля  $12,1 \times 9,7$  кв. град.) для начала и конца экспозиции и по атласу Бечвара (Atlas Coeli 1950.0, Praha 1958) прослежены области, проходившие через поле зрения за время экспозиции. Оказалось, что влиянием галактической составляющей можно объяснить лишь усиление  $H_\alpha$  в марте-апреле: в это время в направлении  $Z=67^\circ N$  через поле спектрографа проходят области, прилегающие к Млечному Пути в созвездиях Цефея и Кассиопеи ( $\alpha$  от  $23^h$  до  $2^h$  и  $\delta$  от  $65^\circ$  до  $77^\circ$ ;  $b=9^\circ-10^\circ$ ), в которых имеется ряд галактических объектов, излучающих в  $H_\alpha$ , и по-видимому, проходит край области Н II Галактики, излучающих в  $H_\alpha$ , и по-видимому, проходит край области Н II Галактики. Этот результат совпадает с наблюдениями М. Дюфа и Ж. Дюфа [11]. Они получили несколько спектров ночного неба с эмиссией  $H_\alpha$  в обсерватории От Прованс, находящейся на той же широте, что и Абастумани ( $\varphi=42^\circ 43' N$ ), спектрограф также направлялся на север  $Z=75^\circ N$  и время наблюдений—февраль-март-апрель. По данным Дюфа в марте также наблюдается значительное усиление  $H_\alpha$ , связанное с прохождением через поле зрения указанных выше областей неба. Как на спектрах, полученных Дюфа, так и на абастуманских спектрах критерием наложения галактической составляющей на наблюдаемую  $H_\alpha$  можно считать появление в спектре ночного неба одновременно с усилением  $H_\alpha$  линии  $\lambda 6583 \text{ \AA}$  дублета Н II, характерного для спектров диффузных газовых туманностей. Эта линия появляется на всех тех спектрах, для которых можно заподозрить усиление линии  $H_\alpha$  за счет галактической составляющей. Дюфа на основании упомянутых весенних наблюдений в От Прованс поторопился сделать вывод о том, что эмиссия  $H_\alpha$  в спектре свечения ночного неба в основном галактического происхождения, а если и имеется  $H_\alpha$  земного или межпланетного происхождения, то ее интенсивность невелика и заметно не меняется. Однако четырехлетние наблюдения в Абастумани показали, что это не так. На сезонной кривой интенсивности  $H_\alpha$  имеется второй, основной максимум, который, по-видимому, объясняется другими причинами. На летних спектрах за июнь-июль-август с интенсивной  $H_\alpha$  не удалось обнаружить никаких следов эмиссии Н II. Также в этот период через поле зрения спектрографа не проходят никакие известные объекты, которые могли бы излучать в  $H_\alpha$ ; в направлении наблюдения  $Z=67^\circ N$  в этот период галактическая широта была  $b > 30^\circ$ . На рис. 3 приводятся спектрограммы участка спектра около  $H_\alpha$  для 7—8 III 1961 г., когда имело место наложение галактической составляющей и хорошо видна линия  $\lambda 6583 \text{ \AA}$ , и для 22—23 VII, когда интенсивность  $H_\alpha$  велика, но никаких следов эмиссии Н II нет.

В отдельные ночи имеют место аномальные изменения интенсивности линии  $H_\alpha$ . Например, аномально низкая для этого времени  $I_{H_\alpha}$  14—15 VIII 1958 г. резкое усиление  $I_{H_\alpha}$  17—18 V, 1961 г. и т. п.

Для того, чтобы судить о годичных вариациях интенсивности  $H_\alpha$  данных еще совершенно недостаточно. Однако, можно заметить, что  $I_{H_\alpha}$  мало изменилась за четыре года наблюдений. Ежегодно максимальная интенсивность колеблется в пределах 20—25 рэлеев, а минимальная зимой—около 5—7 рэлеев. Во всяком случае с падением солнечной активности от 1958 к 1961 году средняя  $I_{H_\alpha}$  существенно не изменилась. Некоторое умень-

шение максимальной  $I_{H_\alpha}$  в июле 1959 года возможно объясняется недостаточным числом наблюдений.

Наблюдаемые в Абастумани величины  $I_{H_\alpha}$  (таблица 1) хорошо совпадают с данными других авторов. Например, по наблюдениям Р. Х. Гайдулиной и З. В. Карягиной [3] средняя интенсивность линии  $H_\alpha$  в спектре свечения ночного неба в Алма-Ате ( $\varphi=43^\circ 20' N$ ) за период 12—24 I 1958 года составляла в направлении  $Z=70^\circ N$  4,5 рэлея, что очень хорошо совпадает со средней  $I_{H_\alpha}=4$  рэлея за этот же период по наблюдениям в Абастумани в том же направлении. Также по наблюдениям в Звенигороде ( $\varphi=55^\circ 48' N$ )  $I_{H_\alpha}$  меняется в тех же пределах, что и в Абастумани [12].

Для изучения распределения интенсивности эмиссии  $H_\alpha$  свечения ночного неба по небесному своду в течение ряда ночей производилось фотографирование спектров ночного неба одновременно в двух направлениях. В 1959 году в течение девяти ночей щель спектрографа делилась пополам призмой прямого угла и одновременно снимались два спектра—в направлениях  $Z=70^\circ N$  и  $Z=20^\circ S$ . С июля 1961 года наблюдения велись одновременно на двух спектрографах СП—48, один из которых по-прежнему был постоянно направлен в точку  $Z=67^\circ N$ , а второй направлялся либо в полюс ( $Z=48^\circ N$ ), либо на юг в сторону антисолнечной точки. Во всех случаях измерялось отношение интенсивностей в указанных направлениях  $I_{Z_1}/I_{Z_2}$  для линии  $H_\alpha$  ( $r_{H_\alpha}$ ) и для линии  $P_2(6-1) OH$  ( $r_{OH}$ ). Результаты приводятся в таблице 2, где указаны зенитные расстояния и азимут точки наблюдения и соответствующие величины  $r_{H_\alpha}$  и  $r_{OH}$ . Отдельно выделены случаи, когда  $r_{H_\alpha}$  искажалось галактической составляющей.

Прежде всего рассмотрим отношение интенсивности линии  $H_\alpha$ , измеренной в направлении  $Z=67^\circ N$ , к интенсивности  $H_\alpha$ , измеренной в полярной области ( $Z=48^\circ N$ ). Это отношение для всех ночей, указанных в таблице 2, оставалось примерно постоянным. В июле, когда наблюдался максимум интенсивности эмиссии  $H_\alpha$  в направлении  $67^\circ N$ , в направлении полюса  $H_\alpha$  также была интенсивной и затем до января уменьшалась параллельно с ее уменьшением в направлении  $67^\circ N$ . Так как в полярной области неба звездная составляющая в течение года не меняется, то не изменность отношения интенсивности  $H_\alpha$  для  $67^\circ N$  к интенсивности  $H_\alpha$  в Полюсе и повторение в направлении на Полюс сезонного хода  $I_{H_\alpha}$  с максимумом летом служит доказательством того, что летний максимум интенсивности эмиссии  $H_\alpha$  в свечении ночного неба не является результа-

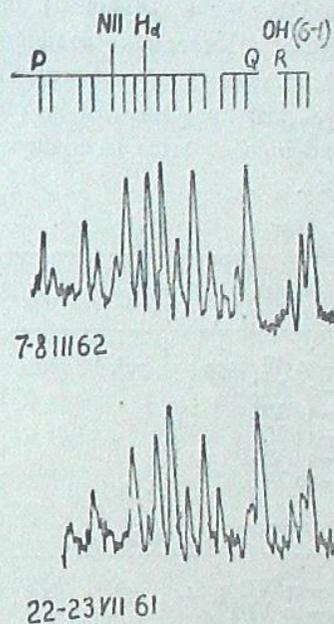


Рис. 3

том наложения галактической составляющей. Средняя величина отношения  $I_{67}/I_{48}$  равна  $1,40 \pm 0,1$ . Результатами одновременных наблюдений в данном направлении и в полярной области можно воспользоваться для учета влияния галактической составляющей на наблюдаемую интенсивность  $H_{\alpha}$ . Например, весной отношение  $r_{H_{\alpha}}$  увеличивается благодаря прохождению в направлении  $67^{\circ}N$  через поле зрения спектрографа упомянутых выше объектов, излучающих в  $H_{\alpha}$  (см. 12—13 I 1962 и 5—6 III 1962 в таблице 2), превышение против средней величины  $r_{H_{\alpha}}$  в 1,7 раза. Последняя величина была использована для учета галактической составляющей во время весенних наблюдений в направлении  $67^{\circ}N$ . Результаты представлены на рис. 1 и рис. 2 (квадраты): полученные точки хорошо ложатся на кривую сезонного хода, мартовский максимум исчезает.

Таблица 2

| Дата           | $Z_1$ | $A_1$ | $Z_2$  | $A_2$ | $r_{H_{\alpha}}$ | $r_{OH}$      |
|----------------|-------|-------|--|-------|------------------|---------------|
| 9—10 VI 1959   | 70°   | 180°  | 20°  | 0°    | 1,95             | 2,32          |
| 1—2 VII        |       |       |  |       | 1,52             | 1,77          |
| 2—3 VII        |       |       |  |       | 1,59             | 2,76          |
| 13—14 VII      |       |       |  |       | 1,69             | 1,9           |
| 2—3 VIII       |       |       |  |       | 1,92             | 2,14          |
| 29—30 VIII     |       |       |  |       | 1,48             | 3,19          |
| среднее        |       |       |  |       | $1,73 \pm 0,14$  | $2,3 \pm 0,3$ |
| 16—17 VII 1961 | 67°   | 180°  | 48°  | 180°  | 1,44             | 1,43          |
| 9—10 VIII      |       |       |  |       | 1,24             | 2,2           |
| 13—14 VIII     |       |       |  |       | 1,54             | 2,1           |
| 5—6 IX         |       |       |  |       | 1,43             | 2,0           |
| 6—7 IX         |       |       |  |       | 1,41             | 1,27          |
| 6—7 XI         |       |       |  |       | 1,35             | 1,90          |
| 7—8 XI         |       |       |  |       | 1,53             | 1,70          |
| 6—7 I 1962     |       |       |  |       | 1,42             | 1,60          |
| среднее        |       |       |  |       | $1,40 \pm 0,1$   | $1,8 \pm 0,3$ |
| 8—9 VII 1961   | 67°   | 180°  | 67°  | 315°  | 2,0              | 1,04          |
| 14—15 VII      | 67°   | 180°  | 67°  | 315°  | 1,9              | 1,13          |
| 17—18 VII      | 67°   | 180°  | 67°  | 315°  | 1,6              | 0,85          |
| 8—9 VIII       | 67°   | 180°  | антисолн. точка<br>$Z=56^{\circ}-68^{\circ}$ |       | 2,5              | 1,04          |
| 9—10 IX        | 67°   | 180°  | антисолн. точка<br>$Z=62^{\circ}-47^{\circ}$ |       | 2,7              | 1,80          |
| 9—10 XI        | 67°   | 180°  | 67°  | 0°    | 2,1              | 0,95          |
| 30—31 X 1959   | 70°   | 180°  | 20°  | 0°    | 0,70             | 2,14          |
| 2—3 XII        | 70°   | 180°  | 20°  | 0°    | 0,90             | 2,40          |
| 28—29 III 1960 | 70°   | 180°  | 20°  | 0°    | 2,80             | 2,10          |
| 12—13 I 1962   | 67°   | 180°  | 48°  | 180°  | 2,33             | —             |
| 5—6 III        | 67°   | 180°  | 48°  | 180°  | 2,40             | 1,92          |

Наблюденное отношение интенсивности  $H_{\alpha}$  в направлении  $70^{\circ}N$  и интенсивности в направлении  $20^{\circ}S$  в среднем равно  $1,73 \pm 0,14$ . Случай

28—29 III 1960, когда в поле зрения проходил край Млечного Пути в созвездии Цефея и Кассиопеи, дает  $r_{H_{\alpha}} = 2,8$  — величину, также в 1,7 раза большую не искаженного влиянием галактической составляющей отношения  $r_{H_{\alpha}}$  для  $70^{\circ}N$  и  $20^{\circ}S$ . Для 30—31 X 1959 и 2—3 XII 1959  $r_{H_{\alpha}}$  была меньше 1, ибо в эти ночи через поле зрения в направлении  $20^{\circ}S$  проходила область созвездия Тельца.

Следует отметить, что поправочный коэффициент ( $\sim 1,7$ ) для учета галактической составляющей пока весьма приблизителен и требует уточнения на большем наблюдательном материале, в частности необходимо определить зависимость поправочного коэффициента от времени прохождения излучающих в  $H_{\alpha}$  объектов через поле зрения в течение экспозиции.

Наблюдения в антисолнечном направлении показали, что распределение интенсивности  $H_{\alpha}$  по небесному своду симметрично относительно антисолнечной точки: по мере приближения к антисолнечному направлению интенсивность  $H_{\alpha}$  уменьшается и в антисолнечной точке она минимальна. Из таблицы 2 видно, что отношение интенсивности  $H_{\alpha}$  для  $67^{\circ}N$  к интенсивности для  $Z=67^{\circ}$ , но в противоположную сторону, на юг или на юго-восток (начало экспозиции в антисолнечной точке), равно 1,7—2,2, а 8—9 VIII и 9—10 IX 1961, когда второй спектрограф гидрировался по антисолнечной точке, это отношение составляло 2,7—2,9. При этом галактическая широта обеих точек наблюдения составляла  $b=40^{\circ}-45^{\circ}$  для  $Z=67^{\circ}N$  и  $b=39^{\circ}-58^{\circ}$  для антисолнечной точки, т. е. влияние галактической составляющей на измеренное отношение  $r_{H_{\alpha}}$  вряд ли имело место.

В таблице 2 также приводятся величины  $r_{OH}$  отношения интенсивностей в указанных направлениях для линии  $P_2(6-1)OH$ . Они отличаются от аналогичных отношений для  $H_{\alpha}$ . Величины  $r_{OH}$  соответствуют известному для свечения верхней атмосферы распределению — увеличению интенсивности от зенита к горизонту, в среднем мало зависящему от азимута, — и хорошо согласуются с имеющимися данными о высоте свечения мута, — и хорошо согласуются с имеющимися данными о высоте свечения атмосферного гидроксила 75—90 км [13]. Большой разброс значений для  $r_{OH}$ , по-видимому, объясняется тем, что пространственное распределение гидроксильного излучения не всегда бывает однородно, иногда в течение ночи наблюдается перемещение светящихся областей по небесному своду («злочковатость» свечения).

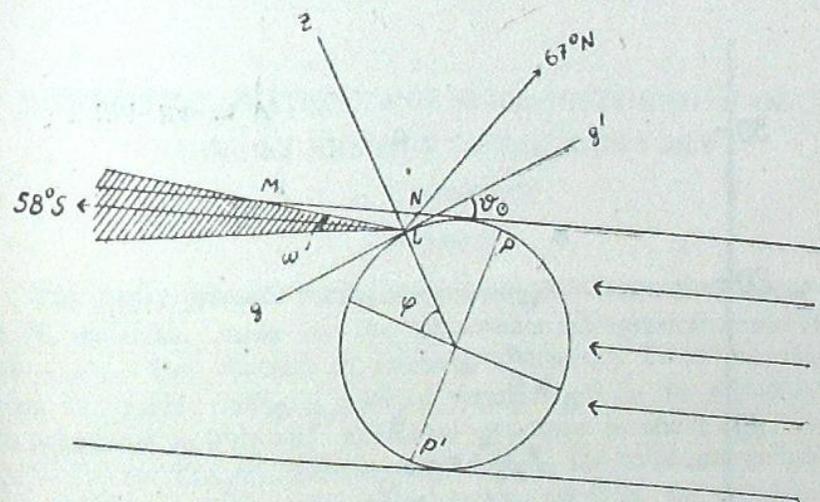
Ранее уже указывалось, [9], что обрабатывались только те спектры, которые были получены в совершенно ясные ночи с хорошей прозрачностью и последняя учитывалась при измерении отношений  $r_{H_{\alpha}}$  и  $r_{OH}$ .

На основании результатов четырехлетних наблюдений в Абастумани вариаций интенсивности эмиссии  $\lambda 6562 \text{ \AA} H\beta$  в спектре свечения ночного неба можно сделать следующие выводы. Вариации интенсивности линии  $H_{\alpha}$  отличаются от вариаций интенсивности основных эмиссий ночного неба. В то время как интенсивность эмиссий  $5577 \text{ \AA} OI$ ,  $5893 \text{ \AA} Na$ ,  $OH$  максимальна в осенне-зимнее время и минимальна летом, интенсивность линии  $H_{\alpha}$  максимальна летом в июле и минимальна зимой. Также имеется раз-

лично и в пространственном распределении: наблюдается заметная симметрия интенсивности  $H_\alpha$  относительно антисолнечной точки — минимум в направлении на последнюю. Такой характер вариаций интенсивности линии  $H_\alpha$  — зависимость их от положения точки наблюдения относительно тени Земли, свидетельствует о том, что излучение Солнца ответственно за появление  $H_\alpha$  в спектре ночного неба.

В 1958 г. И. С. Шкловским [15] была высказана гипотеза о том, что эмиссия  $H_\alpha$  в спектре свечения ночного неба появляется в результате резонансного рассеяния солнечного излучения серии Лаймана межпланетным нейтральным водородом или водородом геокороны. Измерения ультрафиолетового излучения ночного неба, выполненные с ракет, показали, что ночное небо излучает интенсивную эмиссию  $L_\alpha$  [14]. Это излучение начинает обнаруживаться при подъеме выше 80 км, растет до 120 км и затем остается приблизительно постоянным, меняясь очень медленно; в последнее время установлено, что интенсивность  $L_\alpha$ , измеренная с высоты 1000 км, составляет  $\sim 80\%$  от интенсивности, измеренной с высоты 300 км [16]. С высоты 120 км поток  $L_\alpha$  от всей полусферы составлял  $\sim 10^{-2}$  эрг/см<sup>2</sup> стерад. Кроме излучения сверху, зарегистрировано излучение со стороны Земли, отраженное атмосферой Земли на высоте 80—120 км, причем альbedo составляло  $\sim 0,42$ . Изофоты  $L_\alpha$  распределялись симметрично относительно антисолнечной точки, в которой интенсивность минимальна. Такой характер пространственного распределения эмиссии  $L_\alpha$  ночного неба позволил предположить, что она возникает в результате резонансного рассеяния  $L_\alpha$  излучения Солнца в нейтральном водороде, окружающем Землю или распределенном каким-то образом в межпланетном пространстве. И. С. Шкловский [15] показал, что если одновременно рассеиваются и солнечные  $L_\beta$  кванты, то в результате каскадных переходов может испускаться линия  $H_\alpha$  6562 Å Бальмеровской серии  $H_I$ . Расчеты показывают [15], что её интенсивность будет того же порядка, что и наблюдаемая интенсивность линии  $H_\alpha$  в спектре свечения ночного неба. Чемберлейн и Брандт [17] предположили, что рассеяние солнечных Лайман-квантов происходит в межпланетном водороде, но тогда трудно объяснить столь высокое альbedo земной атмосферы, о котором упоминалось выше. Джонсон и др. [18, 19] считают, что рассеяние происходит в геокороне — газовом облаке, окружающем Землю вплоть до расстояния 22000 км, которое с 2000 км в основном должно состоять из водорода. Существование геокороны доказано опытами по измерению концентрации ионов в околоземном и межпланетном пространстве, поставленными на советских космических ракетах [20]. Также оно доказано ракетными измерениями профиля солнечной  $L_\alpha$ : в центре профиля обнаружено узкое ядро, свидетельствующее о наличии водородной геокороны, содержащей от уровня слоя  $E$  около  $3 \cdot 10^{12}$  атомов водорода в столбе сечением в 1 см<sup>2</sup> [16]. Джонсон [18] рассчитал распределение плотности нейтрального водорода в геокороне и получил для полного содержания  $H$  величину, несколько большую, но того же порядка:  $\sim 7 \cdot 10^{12}$  атомов/см<sup>2</sup> столба.

Результаты наблюдений вариаций интенсивности линии  $H_\alpha$  в спектре свечения ночного неба, изложенные в данной статье, удовлетворительно согласуются с гипотезой возбуждения  $H_\alpha$  ночного неба в результате рассеяния Лаймановского излучения Солнца в нейтральном водороде геокороны. Действительно, сезонный ход интенсивности  $H_\alpha$  с максимумом летом, по-видимому, является следствием сезонных изменений высоты тени Земли ночью над наблюдателем. Для широты Абастумани и направления, в котором велись наблюдения ( $Z=67^\circ N$ ), была подсчитана высота  $H$  границы земной тени, которую в полдень пересекает луч зрения, входя в область, освещенную Солнцем. Летом  $H \sim 300-500$  км, а зимой около 1700 км. В то же время, например, согласно Джонсону [18] плотность водорода в геокороне меняется от  $4 \cdot 10^4$  ат/см<sup>3</sup> около 300 км до  $10^4$  ат/см<sup>3</sup> около 1700 км. По данным Джонсона была построена кривая концентрации водорода в геокороне на высоте границы тени, пересекаемой лучом зрения в направлении  $Z=67^\circ N$  в течение года (пунктирная кривая на рис. 2). Сезонный ход  $I_{H_\alpha}$  параллелен кривой. Обе кривые имеют близкие амплитуды.



ПОЛНОЧЬ 8-9 VIII 61  $\theta_0 = -32^\circ$   $L_N = 450$  км  $L_M = 2200$  км

Рис. 4

Распределение интенсивности  $H_\alpha$  по небесному своду совпадает с изофотами диффузного излучения  $L_\alpha$  ночного неба [14] — та же симметрия относительно антисолнечной точки с минимумом интенсивности в последней. По-видимому, измеренная с поверхности Земли интенсивность  $H_\alpha$  должна складываться из двух частей: интенсивности  $H_\alpha$ , возбужденной в геокороне в результате рассеяния солнечных  $L_\beta$  квантов на нейтральных водородных атомах геокороны и из интенсивности  $H_\alpha$ , возбужденной в водородных атомах геокороны на высоте 80—120 км в результате вторичного рассеяния  $L_\beta$  квантов на нейтральных атомах водорода верхней ат-

мосферы. Как уже упоминалось выше, ракетные данные о диффузном излучении  $L_2$  ночного неба дают величину альbedo земной атмосферы  $\sim 0,42$ . Тогда можно предположить, что вторая часть интенсивности  $H_2$  составляет около  $1/3$  всей измеренной интенсивности  $H_2$ . Учитывая это обстоятельство, получим из величин измеренных отношений интенсивности  $H_2$  в направлениях  $70^\circ N$  и  $20^\circ S$ ,  $67^\circ N$  и  $48^\circ N$  (см. таблицу 2) геокорональную часть этих отношений: она составляет  $I_{70N}/I_{20S} \sim 1,35$  и  $I_{67N}/I_{48N} \sim 1,2$ . Величина этих отношений, характеризующих пространственное распределение  $H_2$ , совпадает с аналогичными отношениями для диффузного излучения  $L_2$  ночного неба, которые можно получать из изофот  $L_2$ , измеренных с ракет.

На рис. 4 показано расположение земной тени 8—9 VIII 1961 г., когда производились одновременные наблюдения эмиссии  $H_2$  в направлении  $Z=67^\circ N$  и в антисолнечной точке (см. таблицу 2). В направлении  $67^\circ N$ , в котором луч зрения в полночь пересекает границу тени на высоте 460 км, в основном измерялась эмиссия  $H_2$ , возбужденная в результате первичного рассеяния солнечных  $L_2$  квантов в геокороне.

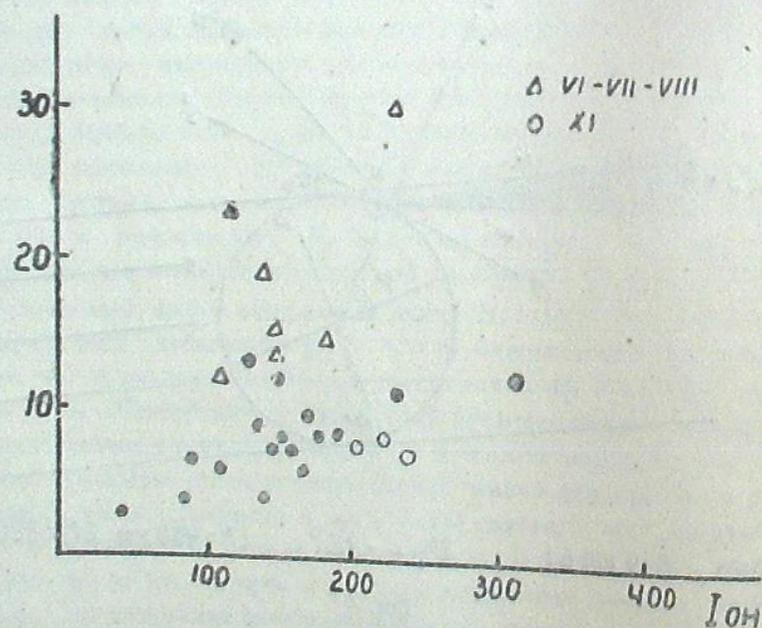


Рис. 5

В антисолнечном направлении, ввиду того, что угол зрения спектрографа составлял  $\sim 12^\circ$ , около 0,24 части поля зрения входило в область первичного рассеяния на высоте 2200 км, остальная часть эмиссии  $H_2$  в этом направлении относится к излучению в области тени. Отношение наблюдаемой интенсивности  $H_2$  в антисолнечном направлении в области земной тени к интенсивности в направлении  $Z=67^\circ N$  составляет 0,1—0,2. Объяснить такую большую величину этого отношения только тем, что наблюдаемая эмиссия  $H_2$  в антисолнечном направлении относится

к возбуждению в результате вторичного рассеяния Лаймановского излучения в геокороне в области земной тени, пока затруднительно.

По поводу водорода верхней атмосферы на высоте 80—120 км следует заметить, что, по-видимому, одним из его проявлений можно считать наблюдающуюся как в Абастумани, так и на других станциях, заметную корреляцию интенсивности  $H_2$  с интенсивностью гидроксильного излучения [21]. Гидроксильное излучение должно зависеть от концентрации атомарного водорода на указанных высотах. Корреляция  $I_{H_2}$  с  $I_{OH}$  хороша видна, если исключить точки, относящиеся к периоду максимума  $I_{H_2}$  (лето) и максимума  $I_{OH}$  (ноябрь), так как сезонные максимумы  $I_{H_2}$  и  $I_{OH}$  объясняются совершенно разными причинами (см. рис. 5).

Изложенную здесь интерпретацию наблюдаемых вариаций эмиссии  $H_2$  ночного неба следует считать предварительной. Для окончательных, количественных выводов необходимо дальнейшее накопление наблюдательных данных о распределении интенсивности  $H_2$  по небесному своду и влиянию галактической составляющей.\*

Апрель, 1962.

#### INTENSITY VARIATIONS AND SPACE DISTRIBUTION OF THE $\lambda 6562 \text{ \AA}$ $H\text{I}$ EMISSION IN THE NIGHT SKY

L. M. FISHKOVA

(Summary)

The paper presents results of spectrographic observations of the night sky  $H_2$  emission, made at the Abastumani astrophysical observatory in 1958—1961. The absolute  $H_2$  intensity in direction  $Z=67^\circ$  was measured during 115 nights (table 1). Seasonal variations of  $I_{H_2}$  in direction  $67^\circ N$  with maximum in July and additional maximum in March were obtained (fig. 1 and 2). The  $H_2$  intensity ratio  $I_{Z1}/I_{Z2}$  for  $70^\circ N$  and  $20^\circ S$  ( $1,73 \pm 0,14$ ),  $67^\circ N$  and antisolar point ( $1,4 \pm 0,1$ ),  $67^\circ N$  and  $48^\circ N$  (polar region) ( $1,4 \pm 0,1$ ) was measured (table 2). Seasonal  $H_2$  variations at polar region ( $2,6 \pm 0,1$ ) was measured (table 2). Seasonal  $H_2$  variations at polar region are characterized by only one maximum in July. It is shown that  $H_2$  ma-

\* Примечание автора в корректуре. Средние величины абсолютных интенсивностей эмиссии  $H_2$  (сплошная кривая на рис. 2) были использованы для оценки содержания излучающих атомов водорода  $N(H)$  в геокороне. Наблюдаемой максимальной интенсивности  $H_2$  в июле соответствует  $N(H) \sim 3 \cdot 10^{13}$  атомов/см<sup>2</sup>сек в вертикальном столбе над уровнем 260 км. Определение распределения плотности  $n(H)$  показало, что в диапазоне от 260 до 2600 км она меняется от  $2,3 \cdot 10^4$  см<sup>-3</sup> до  $0,6 \cdot 10^4$  см<sup>-3</sup> соответственно (при этом температура геокороны в указанном интервале высот принималась равной 1500°K). Полученные  $N(H)$  и  $n(H)$  для геокороны меньше тех, которые приводятся Джонсоном [18], но ближе к ракетным определениям  $N(H)$  по профилю ядра солнечной  $L_2$  [16]. Учет возможного излучения водородом верхней атмосферы приведет к уменьшению приведенных выше величин  $N(H)$  и  $n(H) \sim 1,5$  раза.

ximum in March is the result of galactic  $H_{\alpha}$  contamination: in these spectra  $N II 6583 \text{ \AA}$  line simultaneously with increasing  $H_{\alpha}$  was observed (fig. 3). The galactic part of  $H_{\alpha}$  emission may be measured from simultaneous observations at the given direction and polar region. The results of observations may be explained as resonant scattering of solar Lyman radiation by neutral hydrogen in geocorona and upper atmosphere. Then seasonal  $H_{\alpha}$  variations with maximum in summer may be connected with seasonal variations of terrestrial shadow altitude in the given direction. The seasonal  $H_{\alpha}$  curve was compared with Johnson's data of hydrogen concentration in geocorona above the shadow boundary (fig. 2). From observations 8—9 VIII 1961 (fig. 4) in antisolar direction the ratio  $I_1/I_2 \sim 0.1-0.2$  for secondary and primary scattering of solar Lyman radiation was obtained. Some correlation of  $I_{H_{\alpha}}$  with OH bands intensity was observed (fig. 5).

April, 1962.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прокудина В. С., О наблюдении линии  $\lambda 6562 \text{ \AA}$  в спектре ночного неба. Сб. статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба». Изд-во АН СССР, 1959, № 1, 43.
2. Фишкова Л. М., Маркова Г. В., О линии  $H_{\alpha}$  в спектре свечения ночного неба. АЦ, 1958, № 196.
3. Гайнуллина Р. Х., Карягина Э. В., Исследование спектра ночного неба в области длин волн 6200—6600  $\text{ \AA}$ . Известия Астрофиз. инст. АН Казах. ССР, 1960, X.
4. Ярин В. И., О спектроскопических наблюдениях за излучением ночного неба и полярных сияний в Якутске. Сб. статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба». Изд-во АН СССР, 1960, № 2—3, 73.
5. Dufay M., Dufay J., Spectre de la luminescence nocturne dans la region de la raie  $H_{\alpha}$ . C. R., 1960, 250, № 25, 4191.
6. Kvifte G., Auroral and nightglow observations at  $\text{ \AA}$ s, Norway., Journ. Atmos. and Terr. Phys., 1959, 16, № 3—4, 252.
7. Фишкова Л. М., Маркова Г. В., О вариациях интенсивности линии  $H_{\alpha}$  в спектре свечения ночного неба. АЦ, 1960, № 208, 14.
8. Фишкова Л. М., Маркова Г. В., О вариациях интенсивности линии  $6562 \text{ \AA}$  в спектре свечения ночного неба. ДАН СССР, 1960, 134, № 4, 799.
9. Фишкова Л. М., Вращательная температура гидроксильного излучения верхней атмосферы. Бюлл. Абастум. астрофиз. обс., (наст. выпуск).
10. Фишкова Л. М., Годичные и сезонные вариации интенсивности свечения ночного неба. Сб. статей «Полярные сияния и свечения ночного неба». Изд-во АН СССР, 1962, № 9.
11. Dufay J., Dufay M., Nguyen Huu—Doan, Sur les variations d'intensité des raies  $H_{\alpha}$  et  $[N II] 6583 \text{ \AA}$  dans le spectre du ciel nocturne. C. R., 1961, 253, № 7.
12. Шефов Н. Н., Интенсивности некоторых эмиссий сумеречного и ночного неба. Сб. статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исслед-

- дования полярных сияний и свечения ночного неба». Изд-во АН СССР, 1959, № 1, 25.
13. Тарасова Т. М., Прямые измерения светимости ночного неба. АЦ, 1961, № 222.
  14. Kupperian J. E., Byram E. T., Chubb T. A., Friedman H., Far Ultraviolet Radiation in the Night Sky., Planet. Space Sci., 1959, 1, № 1.
  15. Shklovsky J. S., On the Hydrogen Emission in the Night Sky. Planet. Space Sci., 1959, 1, № 1, 7.
  16. Friedman H., Lyman  $\alpha$ -radiation. Ann. geophys., 1961, 17, № 2, 245.
  17. Brandt J. C., Chamberlain J. W., Interplanetary gas. I. Hydrogen radiation in the Night Sky, Astrophys. J., 1959, 130, № 2, 670.
  18. Johnson F. S., Fish R. A., The Telluric Hydrogen Corona, Astrophys. J., 1960, 131, 502.
  19. Brandt J. C., On the role of secondary scattering in the  $L_2$  problem., Planet. Space Sci., 1962, 9, 67—71.
  20. Грингауз К. И., Курт В. Г., Мороз В. И., Шкловский И. С., Ионизованный газ и быстрые электроны в окрестности Земли и в межпланетном пространстве. Искусственные спутники Земли, 1961, № 6, 108.
  21. Фишкова Л. М., Маркова Г. В., Эмиссия OH по наблюдениям в Абастумани. Сб. статей «Спектральные, электрофотометрические и радиолокационные исследования полярных сияний и свечения ночного неба». Изд-во АН СССР, 1961, № 6, 17—20.