

Н. Л. Иванова, М. А. Казарян и Р. Х. Оганесян

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НОВОЙ ГЕРКУЛЕСА 1960

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

Новая Геркулеса 1960 была обнаружена 7 марта Хасселем [1]. Эта звезда, согласно наблюдениям на обсерватории в Курасики, была слабее 10-й величины в конце февраля и достигла максимума около 4 марта, став ярче 4-й величины.

В Бюраканской обсерватории удалось наблюдать Новую звезду с 13 марта 1960 г. Спектральные наблюдения производились на 10" телескопе АСИ-5 с бесщелевым спектрографом (дисперсия 175 Å/мм у H_γ) и на 8--12" телескопе системы Шмидта с объективной призмой (дисперсия 420 Å/мм у H_γ). На Бюраканском универсальном микрофотометре обработано около 50 снимков Новой (большинство которых относится к начальному периоду развития звезды — март, апрель и май) и звезд сравнения, в качестве которых были взяты ϵ и γ Орла, α Лиры и несколько относительно слабых звезд: HD 174853, 174264, 175579 и 175903 (последние использовались при наблюдениях Новой в поздней стадии на 8—12" телескопе).

За период наших наблюдений (с 13 марта по 2) августа) в спектрах Новой Геркулеса наблюдались весьма интересные изменения. На первых снимках 13—17 марта (рис. 1а и с) видны широкие эмиссионные полосы водорода, линии 5875 HeI и линии однажды ионизованного железа 5018,

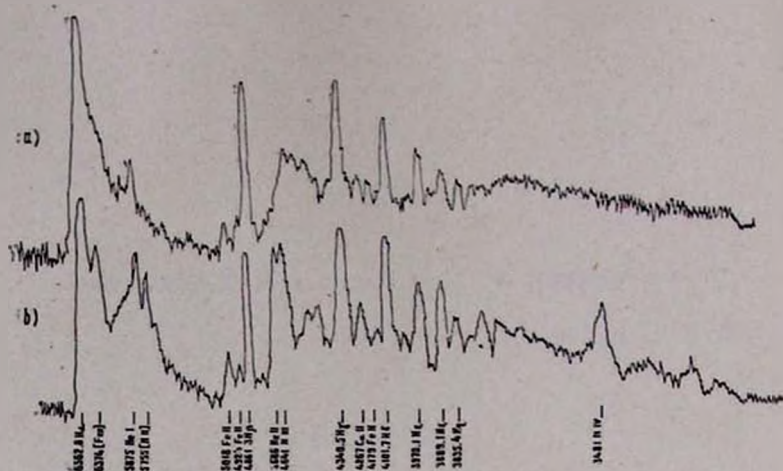


Рис. 1, - а, б.

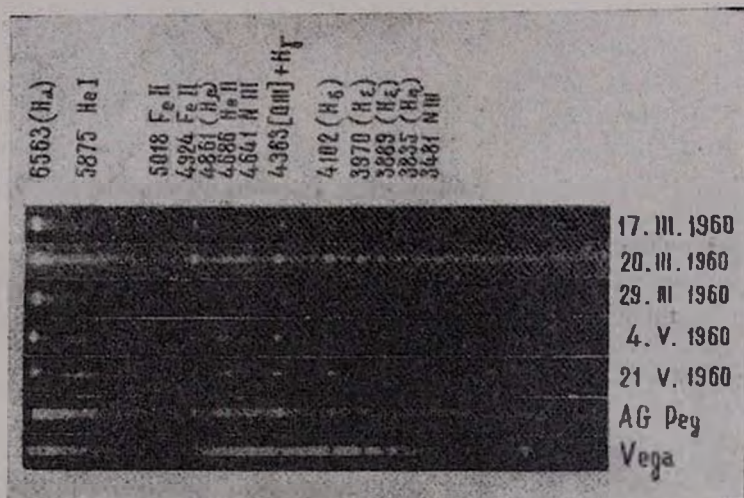


Рис. 1, с.

4924, 4629, 4233 и 4179 Å. Линия 4267 CaII, отсутствовавшая на снимках 11 марта, стала заметной 17 марта. С 24 марта появились линии 4686 HeII и 4641 NIII. В спектре, полученном 28 марта (рис. 1, b), отчетливо видна корональная линия λ 6374 [Fe X], которая была также зафиксирована и измерена в середине марта Мак Лофлином [1] (согласно его оценке, интенсивность этой линии превышает интенсивность 6300 Å в пять раз, что наблюдалось впервые). Приблизительно в конце марта появилась линия 5756 [NII]. Линия 4363 [OIII], появившаяся в первой половине апреля, стала весьма интенсивной к концу апреля. Небулярные линии 4959 [OIII] и 5008 [OIII], возникшие приблизительно 20 апреля, окончательно замещают линии 4924 FeII и 5018 FeII лишь в середине августа.

С 13 марта по 20 августа блеск звезды, согласно нашим глазомерным оценкам, уменьшился с 4^m.6 до 8^m.8.

Скорость расширения оболочки Новой Геркулеса, определенная по смещению линий бальмеровской серии H₃, H₂, H₁ и H₁, оказалась равной 1500 км/сек. Сильных изменений в величине скорости расширения в период наших наблюдений не было обнаружено.

§ 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ

Как известно, определение спектрофотометрических температур Новых звезд представляет особую трудность из-за наложения на непрерывный спектр ярких полос, часто сливающихся друг с другом. Трудность увеличивается еще тем, что дисперсия нашего спектрографа невелика. Поэтому полученные нами результаты в отношении Новой Геркулеса 1960 не могут претендовать на большую точность.

Распределение энергии в непрерывном спектре Новой определялось для области спектра от 3200 до 4800 Å по обычно применяемому нами методу [2]. Для сравнения использовали, в основном, звезды типа A0, для которых принят абсолютный градиент в фотографической области $\Phi_1 = 0.97$. Абсолютные градиенты Φ_1 для области спектра от H₂ до Бальмеровского скачка приводятся в табл. 1. Там же

Таблица 1

Дата	Номер пластинки	Φ_1	T_1
13.III	418	1.48	10000
17.III	422	1.48	10000
20.III	425	2.20	6500
20.III	425'	2.20	6500
28.III	429	1.82	8000
28.III	429'	1.79	8000
29.III	430	2.07	7000
29.III	431	2.11	6700
29.IV	432	1.81	8000
29.IV	432'	1.84	8000
21.V	434	2.40	6000
21.V	434'	2.38	6000
15.VI	435	2.22	6500
15.VI	435'	2.20	6500
22.VI	436	2.51	5800
15.VIII	438	2.60	5500
28.VIII	439	2.60	5500

приведены цветовые температуры для указанной области спектра. Пластины 432, 432', 436 и 439 получены на 8—12" телескопе. Согласно между результатами, полученными на 10" и 8—12" телескопах, хорошее. Из табл. 1 видно, что цветовая температура в фотографической области значительно уменьшилась в течение трех дней (от 17 до 20 марта), затем несколько повысилась и оставалась почти постоянной в течение апреля. В последний период наших наблюдений цветовая температура постепенно понизилась до 5500°.

На рис. 2 приведено относительное распределение энергии (по оси ординат отложены величины $\lg \frac{I_N}{I_{\lambda 0}}$ — разности логарифмов интенсивностей Новой и звезд типа A0, а по оси абсцисс— $1/\lambda$) для пластинок 422 и 425, откуда следует, что распределение энергии в ультрафиолетовой области спектра трудно представить одной планковской температурой. Здесь имеется большой избыток ультрафиолетового излучения и возможно, что в этой области спектра звезда не излучает как абсолютно черное тело.

§ 3. ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

Относительные интенсивности эмиссионных линий Новой Геркулеса 1960 определялись по формуле:

$$\frac{I_i}{I_{H\beta}} = \frac{S_i D_i}{S_{H\beta} D_{H\beta}} k,$$

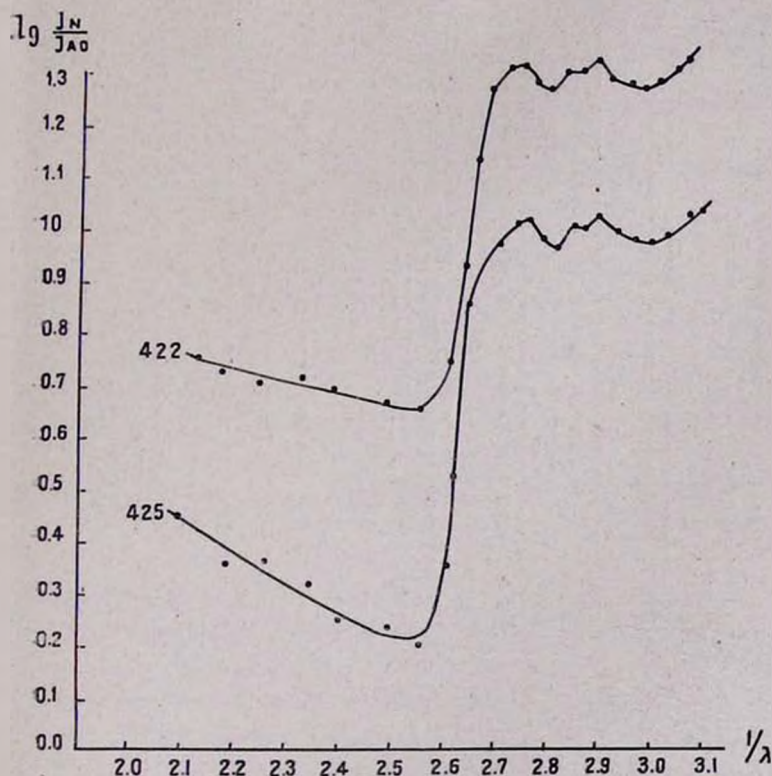


Рис. 2.

где S_i и $S_{H\beta}$ — площади линий i и $H\beta$ в произвольных единицах, D_i и $D_{H\beta}$ — соответствующие дисперсии, а k — отношение теоретических и наблюдаемых интенсивностей непрерывного спектра звезды сравнения в соответствующей линии i и в $H\beta$, причем принимается, что звезда излучает как абсолютно черное тело.

В табл. 2 приведены значения относительных интенсивностей ряда эмиссионных линий для разных моментов наблюдений. Пластины 423, 424, 425, 432, 433, 434" и 439 получены на 8—12" телескопе, остальные—на 10". Интенсивность линии H_2 настолько велика, что на наших пластинках не удалось ее измерить из-за передержки.

Таблица 2

Номер пластинки	H_3	H_7	H_8	H_4	H_2	H_7	H_6	4363 [OIII]	4686 HeII
418	1.00	0.39	0.19	0.16	—	—	—	—	—
420	1.00	0.43	0.18	0.14	—	—	—	—	—
422	1.00	0.40	0.16	0.08	0.07	0.06	0.03	—	—
422'	1.00	0.36	0.14	0.10	0.06	0.05	0.02	—	—
423	1.00	0.44	0.32	0.16	0.15	—	—	—	—
424	1.00	0.43	0.28	0.12	0.11	—	—	—	—
425	1.00	0.36	0.26	0.11	0.09	—	—	—	—
429	1.00	0.45	0.27	0.15	0.14	0.09	—	—	0.07
429'	1.00	0.40	0.26	0.13	0.13	0.09	—	—	0.10
430	1.00	0.33	0.22	0.11	—	—	—	—	0.15
432	1.00	0.77	0.39	0.14	—	—	—	0.31	0.32
433	1.00	0.77	0.41	0.20	—	—	—	0.27	—
433'	1.00	0.68	0.33	0.13	—	—	—	0.29	0.47
433"	1.00	0.77	0.32	0.13	—	—	—	0.30	0.41
434	1.00	0.96	0.63	0.22	—	—	—	0.46	0.60
434'	1.00	1.17	0.59	0.20	—	—	—	0.51	0.66
434"	1.00	1.07	0.56	0.24	—	—	—	0.51	—
438	1.00	1.12	0.50	0.21	—	—	—	0.51	0.56
439	1.00	0.92	0.62	0.28	—	—	—	0.42	—

Начиная с пластинки 432 в графе для H_7 приводятся суммарные интенсивности слившихся линий H_7 и 4363 [OIII]. Была сделана попытка определить интенсивность линии 4363 [OIII] следующим способом. Предполагая, что в небулярной стадии бальмеровский декремент для новых звезд должен совпадать с декрементом для планетарных туманностей, был построен график, на котором по оси абсцисс обозначены длины волн, а по оси ординат—отложены наблюдаемые относительные интенсивности линий бальмеровской серии, а также их теоретические значения по данным Мензела и Беккера [4]. Отклонение наблюдаемой относительной интенсивности какой-нибудь линии от теоретической означает, что данная линия (в рассматриваемом случае 4363 [OIII]), слившись с другой, вызвала это отклонение. Таким образом

определена относительная интенсивность линии 4363 [OIII] для различных моментов наших наблюдений. На рис. 3 приведен пример одного такого графика, относящегося к

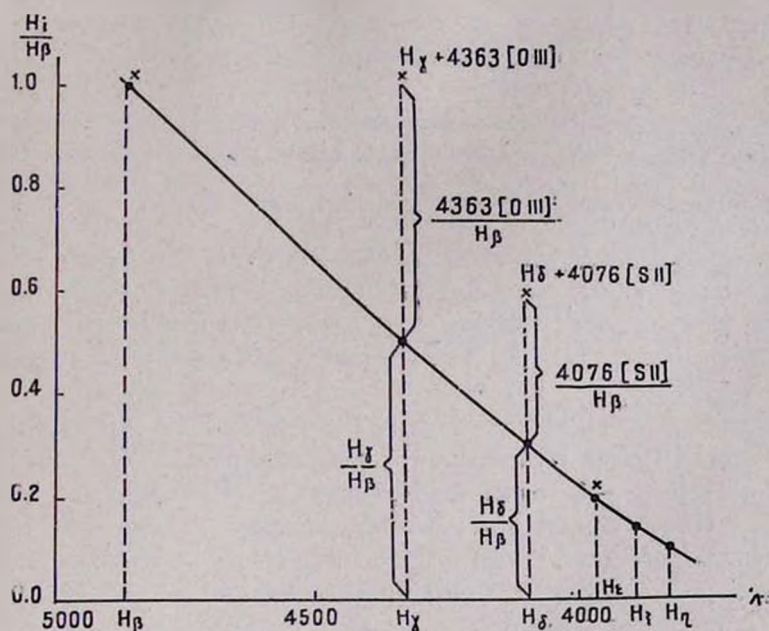


Рис. 3.

наблюдениям от 15 июня (крестики). Точками обозначены теоретические значения относительных интенсивностей балмеровских линий.

Следует отметить, что подобное явление наблюдается и в отношении линии H_ϵ : с некоторого момента она сливается с начинающей усиливаться линией 4076 [SII] и в сумме также дает отклонение от теоретического значения.

§ 4. ЭЛЕКТРОННАЯ ПЛОТНОСТЬ И МАССА ОБОЛОЧКИ

Используя полученные из наблюдений отношения интенсивностей $N_1 + N_2$ и 4363 [OIII], можно определить электронную концентрацию оболочки N Геркулеса 1930 в различные периоды ее расширения.

Как известно, для определения электронной температуры по методу В. А. Амбарцумяна при небольших электронных концентрациях ($n_e < 10^3$) применяется формула:

$$\frac{E_{N_1+N_2}}{E_{4363}} = 8.74 e^{-\frac{33000}{T_e}} \quad (1)$$

Однако в начальный период небулярной стадии Новой, когда электронная концентрация еще достаточно высока, а отношение $\delta = \frac{E_{N_1+N_2}}{E_{4363}}$ мало, использовать формулу (1) нельзя. Этот случай подробно рассмотрен Г. А. Гурзadyаном [5] для планетарных туманностей весьма высокой плотности. Мы использовали графическую зависимость $\lg \delta$ от $\lg n_e$, приведенную в работе Г. А. Гурзadyана, для различных значений T_e .

Исследование спектров N Геркулеса 1960 показывает, что линии N_1 и N_2 появились приблизительно 20 апреля, а 4363 [OIII]—8 апреля. Начиная с 30 апреля, в спектрах Новой появляется одна загадочная линия, не совпадающая по своей длине ни с одной известной линией. С течением времени длина волны этой линии несколько изменяется, принимая разные значения в интервале от 4943 до 4953 Å. Меняется также ее интенсивность. По предположению Г. А. Гурзadyана, эта линия—не что иное, как сумма двух линий—4959 (N_2) и 4924 FeII, из которых последняя еще не успела исчезнуть, а первая только что появилась. Очевидно, в начальный период, когда линия 4924 FeII сильна, а линия N_2 относительно слаба, в результате их слияния (вызванного эффектом Допплера, соответствующим скорости расширения оболочки) получится новая линия, длина которой будет ближе к 4924 FeII. В дальнейшем, благодаря усилению линии N_2 и ослаблению линии 4924 FeII, указанная „неизвестная“ линия будет дрейфовать в сторону N_2 , одновременно изменяя свою интенсивность. Задача заключается в том, чтобы определить величину отношения интенсивностей обеих линий $\frac{E_{N_2}}{E_{4924}}$ для различных периодов на-

блюдений, при которой вычисленная длина волны "неизвестной" линии будет совпадать с ее наблюдаемой длиной в данный момент.

Поставленная задача нами решена графическим способом. Предполагая, что уширение спектральных линий вызывается расширением оболочки, построены контуры линий N_2 и 4924 FeII. При произвольном изменении интенсивностей этих линий максимум суммарной линии будет менять длину в интервале между N_2 и 4924 Å. Из наблюдений мы имеем $\lambda_{\max}$, равную в разные моменты наблюдений 4943, 4948, 4950 и 4953 Å, и относительную интенсивность для суммарной линии $N_2 + 4924$. Построив график зависимости отношения $\frac{E_{N_2}}{E_{4924}}$ и $\lambda_{\max}$ для суммарной линии (рис. 4), определяем

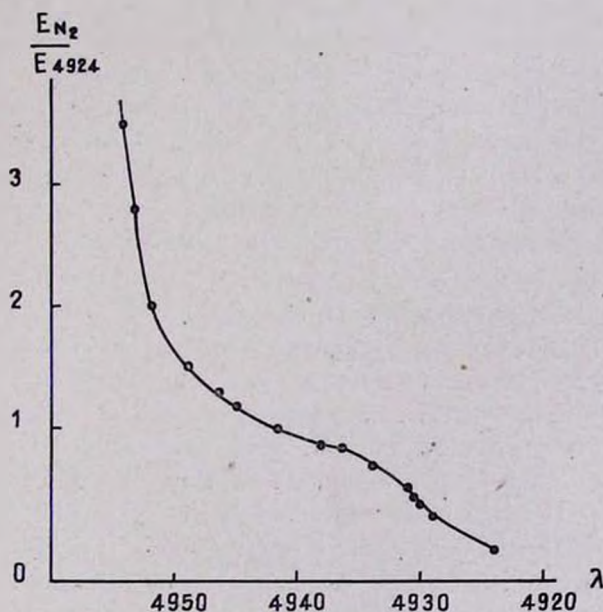


Рис. 4.

затем $\frac{E_{N_2}}{E_{H\beta}}$, соответствующим вышеуказанным значениям

$\lambda_{\max}$. Наконец, используя известное теоретическое значение

отношения $\frac{E_{N_1}}{E_{N_2}} = 3$, определяем величину $\frac{E_{N_1}}{E_{H\beta}}$ и тем самым $\delta = \frac{E_{N_1+N_2}}{E_{H\beta}}$. Результаты приведены в табл. 3. Там же

приводятся значения электронной концентрации оболочки Новой при температурах 20000 и 10000°, вычисленные вышеуказанным способом (учитывая небольшие изменения величины δ для первых трех дат, мы взяли среднее значение $\lg n_e$).

Таблица 3

Дата	Номер пластинки	$\frac{E_{N_1}}{E_{H\beta}}$	$\frac{E_{H\beta}}{E_{H\gamma}}$	δ	$\lg n_e$	
					$T_e = 20000^\circ$	$T_e = 10000^\circ$
30.IV	432	0.08	0.31	1.03		
4.V	433	0.07	0.29	0.96	6.95	7.30
4.V	433'	0.08	0.30	1.03		
20.V	434	0.18	0.46	1.6	6.75	7.10
20.VI	434'	0.15	0.51	1.17	6.90	7.20
20.VIII	438	0.91	0.51	7.13	5.90	6.20

Как следует из данных табл. 3, среднее значение электронной концентрации оболочки N Геркулеса 1960 в период наших наблюдений было порядка 10^7 см^{-3} .

К сожалению, мы располагаем весьма небольшим числом спектров, относящихся к небулярной стадии Новой Геркулеса. Спектрограммы, полученные на 8—12" телескопе с помощью объективной призмы, использовать для этой цели не удалось из-за очень малой дисперсии. Из всех определений относительных интенсивностей N_1 и N_2 наиболее уверенные измерения относятся к последнему моменту наших наблюдений (20.VIII.1960), когда небулярные линии не были искажены линиями FeII.

Имея электронные концентрации, можно попытаться определить массу газовой оболочки M , выброшенной при вспышке Новой Геркулеса 1960. В предположении, что электронная концентрация в оболочке везде одинакова, а толщина оболочки равна ее радиусу, можем написать:

$$M = n_e(r) m_H \frac{4\pi}{3} r^3, \quad (2)$$

где m_H — масса протона, а индекс r при M имеет символический смысл, означающий, что масса определяется при некотором r , для которого известны $n_e(r)$ и t . Полагая, что скорость расширения оболочки v_0 постоянна (1500 км/сек), будем иметь: $r = v_0 t$, где t — время, прошедшее с момента вспышки Новой до данного момента. Вычисления, произведенные для периода 20.VIII 1960, дали следующие значения для массы газовой оболочки, выброшенной при вспышке Новой Геркулеса 1960:

при $T_e = 20000^\circ$, $n_e \approx 2 \cdot 10^8$ и $M = 10^{-5} m_\odot$,

при $T_e = 10000^\circ$, $n_e \approx 10^7$ и $M = 6 \cdot 10^{-5} m_\odot$.

Была сделана попытка выяснить, произошло ли дальнейшее истечение газовой массы после вспышки, в период наших наблюдений, или же имеем дело с неизменной массой оболочки, выброшенной из ядра импульсивным образом в момент вспышки. Для этой цели были определены электронные концентрации в более ранние периоды расширения оболочки несколько иначе. В самом деле, мы можем определить $n(r)$ по известной массе оболочки M и известному радиусу $r = v_0 t$:

$$n(r) = \frac{M}{\frac{4\pi}{3} (v_0 t)^3 m_H},$$

где v_0 — скорость расширения оболочки, которая принимается постоянной за весь период времени от начала вспышки до последних наших наблюдений, что, впрочем, подтверждается и измерениями ширины линий излучения. Затем полученные таким способом значения электронной концентрации $n_e(r)II$, которые приведены в табл. 4, сопоставляются со значениями $n_e(r)I$, полученными выше по методу В. А. Амбарцумяна (табл. 3).

Из табл. 4 видно, что значения электронной концентрации, полученные двумя способами, не сильно отличаются друг от друга, из чего можно сделать заключение, что

Таблица 4

Дата	Время, протекшее с момента вспышки (в сек.)	η_e	При $T_e = 20000^\circ$
30.IV	$0.47 \cdot 10^7$	$5.4 \cdot 10^7$	$2.24 \cdot 10^7$
4.V	$0.51 \cdot 10^7$	$4.4 \cdot 10^7$	$2.24 \cdot 10^7$
20.V	$0.65 \cdot 10^7$	$2.13 \cdot 10^7$	$1.26 \cdot 10^7$
20.VI	$0.90 \cdot 10^7$	$0.77 \cdot 10^7$	$1.78 \cdot 10^7$
20.VIII	$1.42 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$

предположение об отсутствии повторных вспышек, или непрерывного истечения газовой массы у Новой Геркулеса 1960, по-видимому, справедливо.

З а к л ю ч е н и е

Новую Геркулеса 1960, по всей вероятности, можно отнести к группе новых звезд со средней быстротой спаде-ния блеска. Характер кривой блеска звезды [6] весьма схо-ден с кривой блеска V 368 Орла [7], у которой, однако, после достижения максимума уменьшение блеска происхо-дит несколько быстрее, чем у Новой Геркулеса 1960.

Исследование распределения энергии в начальный пе-риод показывает, что Новая Геркулеса была, несомненно, более горячей в ультрафиолетовой части спектра, по срав-нению с фотографической, а также и горячее, чем звезда типа АО. Высказанное Б. А. Воронцовым-Вельяминовым предположение [8], сделанное на основании исследования распределения энергии в N Близнецов 1912 и N Ящерицы 1936 и др., о существовании избытка энергии в фиолетовой части спектра, по-видимому, подтверждается и нашими ис-следованиями в отношении Новой Геркулеса 1960. Как вид-но из рис. 2, для двух относительно близких моментов на-блюдений (17 и 20 марта) кривая относительного распреде-ления энергии, начиная с 3300 Å, довольно резко возраста-ет, что говорит в пользу вышеупомянутого предположения. На большой избыток ультрафиолетового излучения в Новой Геркулеса указывают также И. Латышев и Ю. Трувец [3].

Изменение распределения энергии в течение первых двух месяцев, следующих за вспышкой, в области длин волн от бальмеровского скачка до 4800 Å, было типичным для большинства новых звезд: вначале цветовая температура быстро, в течение трех дней, понизилась на 3500°, затем несколько повысилась и осталась почти постоянной в течение апреля.

Определенные в работе относительные интенсивности линий Бальмеровской серии уже в ранние моменты наблюдений (13 и 17 марта) были весьма близкими к таковым для планетарных туманностей [9].

Сделана попытка разгадать природу дрейфующей линии неизвестного происхождения, имеющей длину около 4950 Å. Оказывается, она возникает в результате слияния двух линий: 4959 (N₂) и 4924 FeII.

Определена электронная концентрация оболочки в разные периоды ее расширения (табл. 3). За четыре месяца произошло уменьшение электронной концентрации на порядок.

Предполагая, что электронная концентрация в оболочке везде одинакова, а толщина оболочки равна ее радиусу, была вычислена масса выброшенной газовой оболочки Новой, которая оказалась равной $10^{-5} M_{\odot}$ при $T_e = 20000^{\circ}$ и $6 \cdot 10^{-5} M_{\odot}$ при $T_e = 10000^{\circ}$.

Показано, что за истекший период наблюдений в Новой Геркулеса 1960 не имели места явления типа повторных вспышек или процессы непрерывного истечения газовой массы.

Определенная по смещению линий Бальмеровской серии H₃, H₇, H₂ и H₁ скорость расширения оболочки Новой Геркулеса 1960 находится в согласии с результатами других авторов. Так, Винтер-Хансен получил для скорости расширения оболочки этой звезды значение 1200 км/сек, а Бертола [9] — одинаковое с нами — 1500 км/сек.

Ա մ փ ո փ ու մ

Բլուրականի աստղադիտարանի АСМ-5 և 8-12" Շմիդտի տիպի հեռադիտակների միջոցով կատարվել են սպեկտրալ դիտումներ 1960-ի Հերկուլեսի Նորի համար:

Էներգիայի բաշխման հետազոտությունը ցույց է տալիս, որ Հերկուլեսի Նորը սկզբնական շրջանում ունեցած անիզոտիզմը ճառագայթներում եղել է ավելի շերտ, քան լուսանկարչական ճառագայթներում և ավելի շերտ քան А0 տիպի աստղը:

Էներգիայի բաշխման փոփոխությունը, սկսած 4800 А-ից մինչև Բալմերյան թռիչքը եղել է տիպիկ նորերին նման: Սկզբում գոլնային ջերմաստիճանը (երեք օրվա ընթացքում) նվազել է 3500 -ով, որից հետո աճել է և մնացել գրեթե հաստատուն (մոտ 7600) մարտ և ապրիլ ամիսների ընթացքում:

Բալմերյան սերիայի գծերի հարաբերական պայծառությունները Նորի վաղ շրջանում արդեն մոտ են մոլորակաձև միգամասություններում դիտվող հարաբերական պայծառություններին:

Ենթադրելով, որ էլեկտրոնային խտությունը թաղանթում հաստատուն է, որոշվել է Նորից արտավիժված զաղային թաղանթի զանգվածը, որն ստացվել է հավասար $10^{-5} m_{\odot}$, $T_e = 20000$ -ի դեպքում և $6 \cdot 10^{-5} m_{\odot}$, $T_e = 10000$ -ի դեպքում:

Հերկուլեսի Նորի թաղանթի լայնացման արագությունը հավասար է 1500 կմ/վրկ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Sky and Telescope, Vol. XX, № 1, 1960.
2. И. Л. Иванова, Известия АН АрмССР, серия ФМЕТ наук, т. VI, № 5—6, 1953.
3. И. И. Латышев и Ю. Л. Трубец, Астрономический Циркуляр № 211, 1960.
4. J. G. Baker and D. H. Menzel Ap. J. 88, 52, 1938.
5. I. A. Гурзadyн, Рукопись.
6. L'Astronomie, 74 Année, p. 382. sept. 1930.
7. C. Payne Gaposchkin, "The Galactic Novae", p. 11, 1957.
8. Б. А. Ворониов-Вельяминов, "Газовые туманности и Новые звезды", М., 1948, стр. 282.
9. P. Shajn, Poulkovo Observatory Circular, № 11, 1934.