

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР  
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 2

ДЕКАБРЬ, 1966

ВЫПУСК 4

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ НОВОЙ ГЕРКУЛЕСА 1963 г.

1. НАБЛЮДЕНИЯ В 1964 и 1965 гг. НЕБУЛЯРНАЯ СТАДИЯ

В. Т. ДОРОШЕНКО

Поступила 24 июля 1966

Проведено спектральное исследование Новой Геркулеса 1963 г. по спектрам, полученным в 1964 и 1965 гг. Показано, что доля излучения звезды в наблюдаемом непрерывном спектре очень велика, тогда как доля непрерывного излучения, вносимая оболочкой, незначительна. Анализ непрерывного и линейчатого спектра приводит к следующим значениям физических параметров: плотность оболочки  $n_e = 4 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ ; электронная температура оболочки  $T_e = 11\,500^\circ \text{ К}$ ; температура звезды  $T_* > 50\,000^\circ \text{ К}$ ; коэффициент дилуции  $W \sim 2 \cdot 10^{-13}$ ; масса оболочки  $M_{об} = 8 \cdot 10^{27} = 4 \cdot 10^{-6} M_\odot$ .

В данной работе сообщаются результаты спектрофотометрического исследования Новой Геркулеса 1963 г. на основе материала, полученного в 1964 и 1965 гг.

1. Наблюдательный материал был получен Э. А. Дибаям, В. И. Есиповым и В. Т. Дорошенко на дифракционном спектрографе, установленном в касегреновском фокусе 50" рефлектора Южной станции ГАИШ в диапазоне  $4000 \text{ \AA} - 6000 \text{ \AA}$  с двумя различными дисперсиями —  $140 \text{ \AA/мм}$  и  $300 \text{ \AA/мм}$ . В августе и сентябре 1965 г. спектры Новой в той же спектральной области были получены на дифракционном спектрографе с электронно-оптическим преобразователем на том же телескопе. В этом случае применялась дисперсия  $270 \text{ \AA/мм}$ . За две ночи (23 24 IV—65 и 24 25 VIII—65 г.) имеются наблюдения области спектра, содержащей  $H_\alpha$ . В качестве звезд сравнения были выбраны следующие звезды спектрального класса A0: HD 92586, 168602, 188035, 228081. Новая наблюдалась в следующие даты:

Таблица 1

Дата	Звезда	Эксп.	Дисперсия (А/мм)	Сорт пленки	Наблюдатель
11—12 марта 1964 г.	Новая HD 92586	60 <sup>m</sup> 20 <sup>m</sup>	140	A—650	Э. А. Дибай
12—13 июля "	Новая HD 168502	3 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 12 <sup>m</sup>	"	A—600	"
13—14 июля "	Новая	2 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	"	A—650	"
1—2 сентября "	Новая HD 168602	2 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 10 <sup>m</sup>	"	A—650	"
30 сент.—1 окт. "	Новая HD 188035	2 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 10 <sup>m</sup>	"	A—650	"
26—27 октября "	Новая HD 228081	2 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 10 <sup>m</sup>	"	A—650	Э. А. Дибай, В. Т. Дорошенко.
23—24 апреля 1965 г.	Новая HD 92586	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 10 <sup>m</sup>	300	A—700	Э. А. Дибай.
20—21 мая "	Новая HD 92586	1 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 10 <sup>m</sup>	"	A—650	"
24—25 мая "	Новая	40 <sup>m</sup>	"	A—650	"
21—22 августа "	Новая HD 188035	20 <sup>m</sup> 1 <sup>m</sup>	270	103 аД	Э. А. Дибай, В. И. Есипов.
22—23 " "	Новая	20 <sup>m</sup>	"	"	" "
24—25 " "	Новая	20 <sup>m</sup>	"	"	" "
21—22 сентября "	Новая HD 188035	20 <sup>m</sup> 1 <sup>m</sup>	"	"	" "

По имеющимся спектрограммам были определены относительные интенсивности, эквивалентные ширины линий и распределение энергии в непрерывном спектре исследуемой Новой.

Интенсивности линий, приведенные в табл. 3, найдены с учетом поглощения в земной атмосфере, спектральной чувствительности аппаратуры и межзвездного поглощения для Новой и для выбранных звезд сравнения следующим образом:

а) Для учета влияния атмосферного поглощения была использована зависимость прозрачности атмосферы от длины волны, опреде-

ленная для Южной станции ГАИШ в сентябре-октябре 1964 г. и любезно предоставленная в наше распоряжение Е. Б. Костяковой.

б) Учет спектральной чувствительности аппаратуры проведен на основе абсолютного распределения энергии в спектре „средней“ звезды A0V,  $V = 0^m00$  [1], отклоняющегося от распределения энергии отдельных звезд A0 в области  $\lambda > 3700 \text{ \AA}$  не более, чем на 10%.

в) Межзвездное поглощение для Новой принято, согласно [2], равным  $A_v = 0^m64$ . Поглощение для HD 168602, HD 188035 и HD 92586 было определено по избыткам цвета и равно  $0^m18$ ,  $0^m21$  и  $< 0^m06$  соответственно, причем наблюдаемые цвета этих звезд были получены фотоэлектрически на камере 640 мм в КрАО Э. А. Витриченко и В. Т. Дорошенко, а нормальные цвета были взяты из работы [3]; для HD 228081 поглощение, определенное по избыткам цвета В-звезд в данном направлении,  $A_v < 0^m45$ .

Таблица 2

Звезда	N Her 1963	HD 168602	HD 188035	HD 92586	HD 228081
$A_v$	$0^m64$	$0^m21$	$0^m18$	$< 0^m06$	$< 0^m45$

Средняя ошибка одного определения относительных интенсивностей линий по спектрам, полученным за соседние даты (12/13 VII и 13/14 VII 64 г.), составляет 15—20% при предположении, что реальными изменениями интенсивностей линий за эти даты можно пренебречь. Если предположить далее, что эквивалентные ширины линий в период с 20 по 25 мая 1965 г. меняются незначительно, то можно оценить ошибку в определении эквивалентных ширин линий по спектрам, полученным 20/21 V, 22/23 V и 24/25 V 1965 г. Она составляет в среднем 10—15%, исключая линии  $H\beta$  и  $N_1$ ,  $N_2$ , для которых более точное определение эквивалентных ширин затруднительно из-за недождержки непрерывного спектра в этой области.

Опыт работы с электронно-оптическими преобразователями на Южной станции ГАИШ и в КрАО показал, что эквивалентные ширины линий можно измерять с точностью до 10—15%, ибо недостатки, свойственные ЭОП (дисторсия, неравномерная чувствительность экрана ЭОП и др.), одинаково влияют как на непрерывный спектр, так и на линию. Указанные недостатки ЭОП затрудняют изучение непрерывного спектра. Поэтому распределение энергии в спектре Но-

Таблица 3

## ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛИНИЙ НОВОЙ ГЕРКУЛЕСА 1963

Дата	6583 [NII]	6563 H <sub>γ</sub>	6548 [NII]	5755 [NII]	5007 [OIII]	4959 [OIII]	4861 H <sub>β</sub>	4686 HeII	4641 NIII	4607 [NII]	4363 [OIII]	4340 H <sub>γ</sub>	4100 H <sub>α</sub> + [NIII]	4070 CIII	3970 H <sub>α</sub> + [NeIII]	3889 H <sub>α</sub>	3869 [NeIII]	3760 OIII	3727 [OII]
11/12 III-64				73.3			100	57.5	90.5	17.7	123	37.0	72.6	16.5	20.7	20.2	33.8		
12/13 VII-64							100	64.5	91.5	22.3	91.5	43.4	122	20.2	44.2	36.0	35.8		
13/14 VII-64				44.6			100	82.2	113	19.7	79.0	45.7	—	15.0	33.5	27.5	37.3	57.5	38.0
1/2 IX-64				61.0		1260	100	110	143	27.8	112	53.5	114	39.7	48.0				
30 IX/1 X-64				49.0		1330	100	81.0	101	39.2	123	59.0	91	—	43.2				
26/27 X-64							100	77.5	111	35.0	111	62.7	92.5	25.6					
23/24 IV-65	156	224	67.5				100	65.2	79.5		64.5	18.4	88.5	30.6					
20/21 V-65						1275	100	81.5	107	35.8	44.3	29.2	67.5	27.1					
24/25 V-65					1720	690	—	81.5	93.2		64.5	27.5	67.5	22.4					

## ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ (А) НОВОЙ ГЕРКУЛЕСА 1963

Дата	5755 [NIII]	4959 [OIII]	4861 H <sub>2</sub>	4685 HeII	4541 NIII	4607 NII	4363 [OIII]	4340 H <sub>γ</sub>	4100 H <sub>δ</sub> + NIII	4070 CIII	3970 H <sub>β</sub> + [NeIII]	3889 H <sub>γ</sub>	3369 [NeIII]
11/12 III-64	279		154.4	88.2	130.8	17.4	160.0	32.7	90.9	21.5	23.8	27.3	44.7
12/13 VII-64			—				100:	44.3	91.5	14.2	—		
13/14 VII-64	48.5		54.0	42.2	59.5	10.8	36.0	21.0	—	6.0	11.4:	9:	12.3
1/2 IX-64	85.0	2700	63.0	46.2	58.7	12.0	44.0	20.7	38.4	12.9	16.5		
30IX/1 X-64	83.3	1730	174:	47.4	53.7	20.4	48.2	22.2	30.0		—		
26/27 X-64			225:	65.0	77.6	22.8	57.8	32.3	35.6	6.4	—		
23/24 IV-65			71.5	20.4	22.2		12.0	4.7	20.4	8.2	—		
20/21 V-65		968:	80.4:	37.8	46.8	15.0	12.6	8.4	14.4	6.0	—		
22/23 V-65		523	—	34.2	31.8	—	21.6	—			—		
24/25 V-65		390	—	34.8	32.4	—	17.4	7.2	14.4	4.8	—		
21/22 VIII-65			20.2	10.1	11.1	—	7.6	10.4			—		
22/23 VIII-65			13.6	6.0	11.4	—	8.2:	6.6:	19.6		—		
24/25 VIII-65			20.2	21.6	23.4		11.4	5.3			—		
21/22 IX-65			19.1	10.4	16.9		12.0			—	—		

вой Геркулеса 1963 г. изучалось нами только по спектрам, полученным с дифракционным спектрографом без ЭОП.

Эквивалентные ширины линий, как видно из табл. 4, уменьшаются с течением времени. Лучше всего это можно проследить на примере линии He II 4686, эквивалентная ширина которой определена наиболее уверенно (рис. 1). Поэтому мы сочли возможным усреднить  $W_\lambda$ , с учетом их точности, в следующих трех интервалах времени наблюдений:

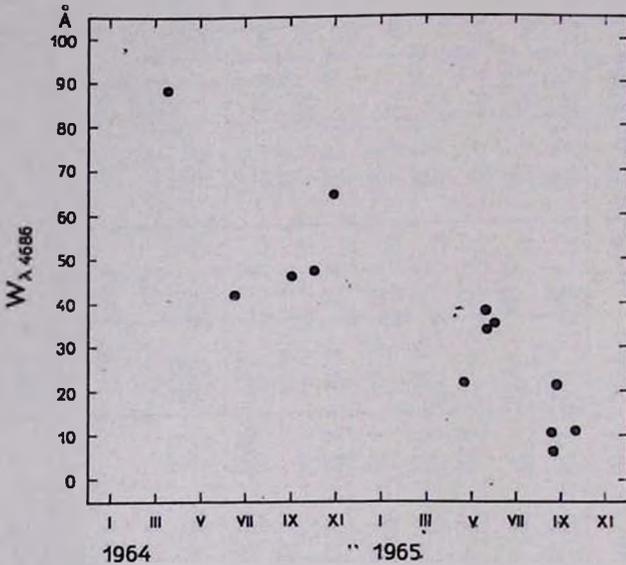


Рис. 1. Изменение эквивалентной ширины линии He II 4686 со временем.

март-октябрь 1964 г., апрель-май 1965 г. и август-сентябрь 1965 г. Определенные таким образом средние  $W_\lambda$  использовались при определении температуры звезды.

2. Электронная температура и плотность оболочки были получены из отношений интенсивностей небулярных и авроральных линий ионов [OIII] и [NII]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_{4959+5007}}{I_{4363}} = f_1(n_e, T_e) \\ \frac{I_{0583+6548}}{I_{5755}} = f_2(n_e, T_e). \end{array} \right. \quad (1)$$

Поскольку в нашем распоряжении не было одновременных оценок интенсивностей всех линий, входящих в уравнения (1) (см. табл. 3),

то мы брали простые средние значения из относительных интенсивностей этих линий. Уравнения (1) решены при помощи графиков, приведенных в работе [5]. Это решение для отношений средних интенсивностей  $\frac{I_{4363} [\text{OIII}]}{I_{4959+5007} [\text{OIII}]} = 0.02$  и  $\frac{I_{5755} [\text{NII}]}{I_{6583+6548} [\text{NII}]} = 0.25$  показано на рис. 2.

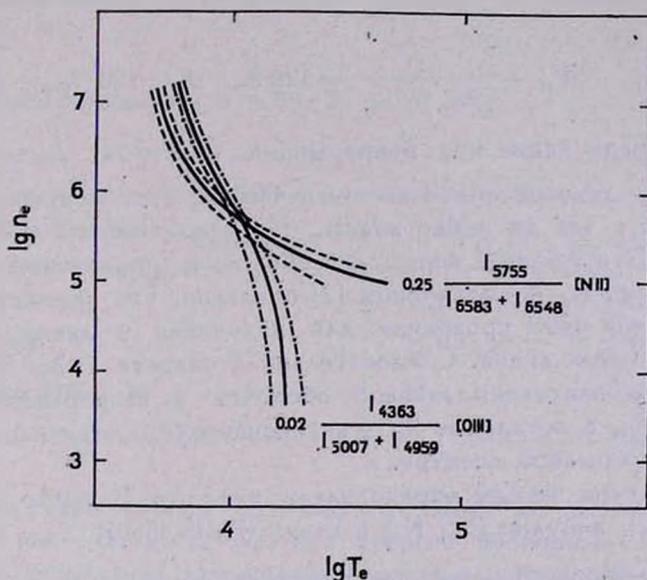


Рис. 2. Определение  $n_e$  и  $T_e$  по наблюдаемым отношениям интенсивностей линий [OIII] и [NII].

Как видно из рисунка, системе уравнений (1) удовлетворяют следующие значения  $n_e$  и  $T_e$ :

$$n_e = 4 \times 10^5 \text{ см}^{-3}$$

$$T_e = 11\,500^\circ \text{ К.}$$

Пунктирные кривые на рис. 1 дают представление об ошибках в определении  $n_e$  и  $T_e$ , связанных с неточностью в определении интенсивностей линий.

Зная  $n_e$  и  $T_e$ , можно воспользоваться сделанными в [5] расчетами непрерывного излучения водородной плазмы при свободно-свободных переходах электронов, при рекомбинациях электронов и протонов и двухквантовых переходах  $2s-1s$ , чтобы определить теоретическую эквивалентную ширину линии  $H\beta$ , которая, согласно [5], составляет

$\sim 2240 \text{ \AA}$  при  $n_e = 4 \times 10^5 \text{ см}^{-3}$  и  $T_e = 11\,500^\circ \text{ К}$ . Наблюдаемая эквивалентная ширина линии  $H\beta$  в 1964 г. в среднем была  $\sim 120 \text{ \AA}$ . Сравнивая эти значения  $W_{H\beta}$ , можно определить вклад излучения оболочки в наблюдаемый непрерывный спектр. В самом деле,

$$\text{теоретическая } W_{H\beta} = \frac{S}{I_{\text{гвз.}}} = 2240 \text{ \AA}, \quad S = 2240 I_{\text{гвз.}} \quad (2)$$

$$\text{наблюдаемая } W_{H\beta} = \frac{S}{I_{\text{гвз.}} + I_{\text{зв.}}} = 120 \text{ \AA}, \quad S = 120 (I_{\text{гвз.}} + I_{\text{зв.}}), \quad (3)$$

где  $S$  — площадь линии над непрерывным спектром,  $I_{\text{гвз.}}$  — непрерывное излучение газовой оболочки при  $\lambda 4861 \text{ \AA}$ ,  $I_{\text{зв.}}$  — непрерывное излучение звезды в той же длине волны. Из уравнений (2—3) находим:  $18 I_{\text{гвз.}} = I_{\text{зв.}}$ . Эти расчеты верны для оболочки, прозрачной для излучения в линиях. А. А. Боярчуком [2] показано, что уже летом 1963 г. оболочка Новой была прозрачна для излучения в линии  $H\beta$ , а тем более и остальных линий. Следовательно в области линии  $H\beta$  в 1964 г. интенсивность излучения газовой оболочки в непрерывном спектре составляла 5%, а остальные 95% интенсивности составляло излучение звезды в непрерывном спектре.

Температура звезды определялась методом Занстра по линиям водорода ( $H\beta$ ), небулия ( $N_1$ ,  $N_2$ ) и гелия ( $\text{He II } 4686$ ).

а) В уравнении Занстра для водорода при  $\tau_{cl} \gg 1$

$$\int_{x_0}^{\infty} \frac{x^2}{e^x - 1} dx = \sum_l \frac{x_l^3}{e^{x_l} - 1} A_l, \quad (4)$$

где  $x_0 = \frac{h\nu_0}{kT_e}$ ,  $x_l = \frac{h\nu_l}{kT_e}$ ,  $\nu_0$  — частота предела серии Лаймана.

$A_l = \frac{E_l}{\nu_l \left( \frac{\partial E_n}{\partial \nu} \right)_l}$ , суммирование в правой части производится по всем

линиям данной серии, включая и континуум. В данном случае наблюдалась всего одна линия водорода  $H\beta$ , свободная от блендирования и достаточно интенсивная. Учет всех остальных линий и континуума был

проведен с помощью величины  $q_1 = \frac{\sum_{l=2}^{\infty} c_{in} \cdot n_e \cdot n^+}{n_1 \cdot A_{l2}}$ , вычисленной Занстра [7]. Величина  $q_1$  есть отношение числа рекомбинаций на все

уровни, начиная со второго, к числу рекомбинаций на  $i$ -тый уровень. Для  $H\beta$   $q = 11.0$  при  $T_e = 10\,000^\circ\text{K}$ . Температура звезды подсчитывалась по формуле

$$\int_{x_0}^{\infty} \frac{x^2}{e^x - 1} dx = \frac{x^3}{e^x - 1} \cdot 11.0 \cdot \frac{W_{H\beta}}{\lambda_{H\beta}}, \quad (5)$$

где  $x = \frac{h\nu_{H\beta}}{kT_e}$ .

Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

Время наблюдений	Число наблюдений	$W_{H\beta}$	$T_e$
март-октябрь 1964 г.	5	$121 \pm 27.5 \text{ \AA}$	$29\,000 \pm 1500^\circ\text{K}$
апрель-май 1965 г.	2	$72.5 \pm 4.6$	$26\,500 \pm 500$
август-сентябрь 1965 г.	4	$18.3 \pm 1.7$	$21\,000 \pm 500$

б) Температура звезды оценивалась также по линиям небулия  $N_1$  и  $N_2$ . Так как считалось, что вся энергия свободных электронов тратится на возбуждение запрещенных линий и из всех запрещенных линий в видимой области учитывались лишь  $N_1$  и  $N_2$  ( $\lambda 5007$ ,  $\lambda 4959$ ), то полученные температуры можно рассматривать как нижний предел. Далее отметим, что так как  $N_2$  в спектрах иногда была нормально экспонирована, а  $N_1$  почти всегда была передержана, то мы пользовались отношением  $W_{N_1} : W_{N_2} = 3 : 1$ .

Таблица 6

Время наблюдений	Число наблюдений	$W_{N_2}$	$T_e$
сентябрь-октябрь 1964 г.	2	$2053 \pm 457 \text{ \AA}$	$36\,500 \pm 1500^\circ\text{K}$
апрель-май 1965 г.	4	$559 \pm 151$	$29\,000 \pm 1000$

в) Методом Занстра можно оценить температуру звезды еще и по линии  $\text{HeII } 4686$ . При условии, что все излучение за пределом основной серии  $\text{HeII}$  поглощается оболочкой ( $\tau_{\text{HeII}} \gg 1$ ), температуру звезды можно оценить по формуле

$$\int_{4.7_0}^{\infty} \frac{x^2}{e^x - 1} dx = \frac{x^3}{e^x - 1} \cdot q \cdot A_{4686} \quad (6)$$

$$x = \frac{h \nu_{4686}}{kT}$$

Величина  $q$ , учитывающая ненаблюдаемые линии He II, подсчитана Занстра и Аллером [7]. С изменением  $T_e$  величина  $q$  меняется незначительно, поэтому можно взять для наших расчетов  $q = 9.8$ , вычисленную при  $T_e = 20\,000^\circ \text{K}$ .

Таблица 7

Время наблюдений	Число наблюдений	$W_{\text{He II } 4686}$	$T_e$
март-октябрь 1964 г.	5	$57.7 \pm 6.6 \text{ \AA}$	$73\,200 \pm 1000^\circ \text{K}$
апрель-май 1965 г.	4	$32.1 \pm 3.6$	$68\,500 \pm 1000$
август-сентябрь 1965 г.	4	$12.1 \pm 3.2$	$61\,500 \pm 1500$

Занстровские температуры для других Новых определялись, как правило, для переходного периода и начала небулярной стадии, как, например, у N Per 1901 г. [24], у N Lac 1936 г. [25], N Lac 1950 г. [26] и др. Эти температуры растут по мере развития Новой звезды от максимума блеска до небулярной стадии. Рассматриваемая нами Новая Геркулеса 1963 г. находится в поздней небулярной стадии, вблизи минимума блеска. Этот этап развития Новых пока еще плохо изучен. Как отмечает Б. А. Воронцов-Вельяминов [13], о температурах Новых в этой стадии ничего не известно, но есть указания на падение температур при приближении Новых к минимуму блеска [4]. Как видно из табл. 5—7, занстровские температуры звезды падают с течением времени. Это, по-видимому, связано с тем, что оптическая толща за границей серии Лаймана и за границей основной серии He II уменьшается с расширением оболочки. Поэтому температуры получаются все более заниженными. Температуры, найденные по линиям водорода, получились ниже температур, определенных по линиям He II, потому, видимо, что  $\tau_{\text{He II}} \gg \tau_{\text{H}}$ . Как мы увидим далее, это обстоятельство подтверждается распределением энергии в непрерывном спектре Новой.

3. Распределение энергии в непрерывном спектре Новой с марта 1964 г. по май 1965 г. было получено обычным способом с учетом влияния межзвездного и атмосферного поглощения и спектральной чувствительности аппаратуры. Выше (п. 2) было показано, что непрерывное излучение в области линии  $H\beta$  в 1964 г. создавалось в основном звездой ( $> 95\%$ ) и в существенно меньшей степени оболочкой ( $\leq 5\%$ ). Распределение энергии в непрерывном спектре Новой сравнивалось с распределением энергии в излучении абсолютно черного тела с температурой  $T = 50\,000^\circ\text{K}$  и  $80\,000^\circ\text{K}$ . Как можно видеть из рис. 3,

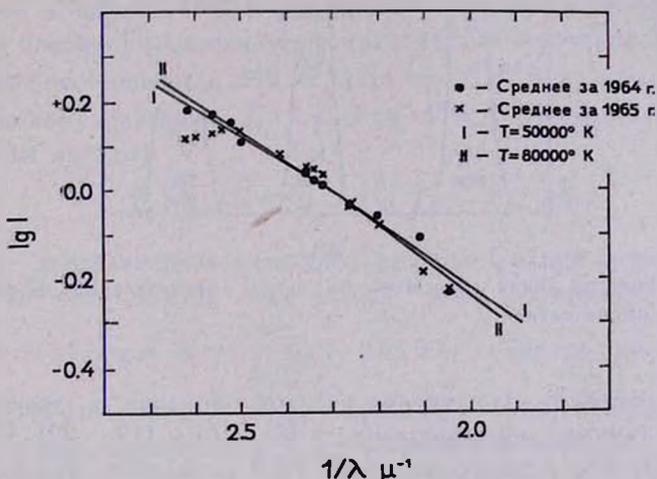


Рис. 3. Сравнение распределения энергии в непрерывном спектре Новой Геркулеса 1963 г. с распределением энергии в излучении черного тела с  $T = 50\,000^\circ\text{K}$  и  $T = 80\,000^\circ\text{K}$ . Точками указано среднее распределение энергии в спектре Новой в 1964 г. Крестиками указано среднее распределение энергии в спектре Новой в 1965 г. Все спектры совмещены у  $\lambda 4340 \text{ \AA}$ .

распределение энергии в спектре Новой соответствует очень горячей звезде с  $T \sim 50\,000^\circ\text{K} - 80\,000^\circ\text{K}$ . Однако точное определение спектрофотометрической температуры в данном случае невозможно, ибо наклон функции Планка для этих температур меняется незначительно. Тот факт, что занстровские температуры, определенные по линиям водорода, значительно меньше спектрофотометрической, можно объяснить незначительной оптической толщиной туманности за границей серии Лаймана ( $\tau_{cL} \ll 1$ ).

4. Контуры свободных от блендирования линий, приведенные на рис. 4, имеют центральный провал и относительная высота двух компонентов у линий различных элементов различна. Это обстоятельство

было замечено летом 1963 г. и, по всей вероятности, свидетельствует о существовании неоднородностей в оболочке.

Ширина эмиссионных линий, определенная по половине интенсивности, дает скорость несколько меньшую 1000 км/сек. На рис. 5.

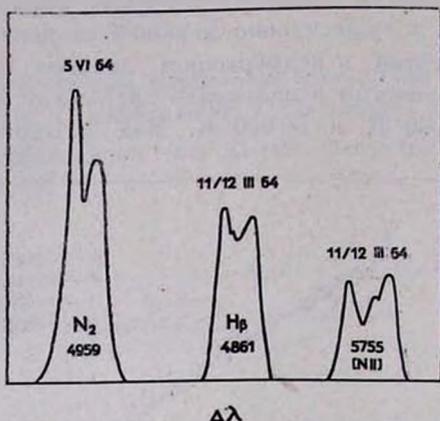


Рис. 4. Контуры линий. Масштаб по оси  $\lambda$  произвольный. Коротковолновая сторона расположена слева.

приводится скорость расширения главной оболочки в зависимости от времени по данным, опубликованным в [8—10] и [19—22]. И. Андрия [10] отмечает, что с марта по июнь 1963 г. ширина эмиссионных линий была постоянна и соответствовала 2000 км/сек. Эта величина ха-

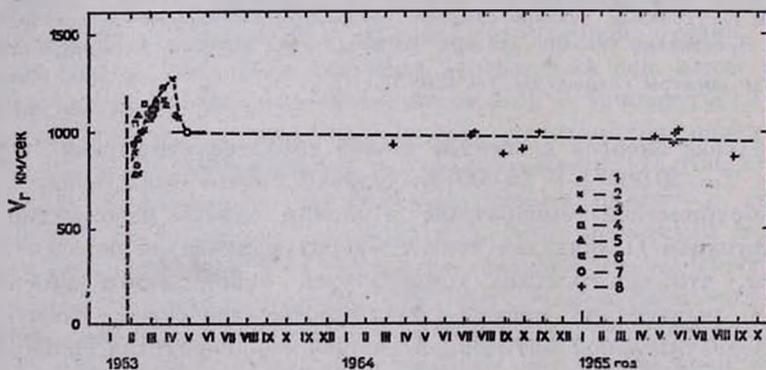


Рис. 5 Скорость расширения главной оболочки. Данные по линиям поглощения главной оболочки: 1. А. Batten [9], 2. D. В. McLaughlin [8], 3. G. Chincarini, L. Rosino [19], 4. М. Я. Орлова, М. Г. Родригеса [20], 5. Е. Б. Костяковой и др. [21], 6. L. F. Ahlmark, K. A. Clement [22]. Данные по ширине эмиссионных линий: 7. Y. Andrillat [10], 8. В. Т. Дорошенко.

рактически характеризует ширину контура линии, а для значения лучевой скорости нужно взять половину, то есть  $V_r = 1000$  км/сек. На рисунке данные Андрия отмечены кружком.

5. Если принять в среднем скорость расширения оболочки  $V_r = 1000$  км/сек, то радиус оболочки, вычисленный для августа 1965 г. по формуле  $R_{об} = V_r \cdot t$ , будет равен  $7.9 \times 10^{13}$  см.

Наблюдения блеска Новой Геркулеса 1963 г., проведенные В. Т. Дорошенко на 40-см рефракторе Южной станции ГАИШ показывают, что в августе 1965 г. звезда почти вернулась к своему первоначальному блеску. Принимая ее эффективную температуру  $T_{eff} = 50\,000^\circ\text{K}$ , расстояние до Новой  $r = 640$  пс, [2],  $m_{pv} = 15^m 0$  и  $\Delta m_{бол.}$ , соответствующую данному значению  $T_{eff}$ , равной  $4^m 6$ , [11], можно оценить радиус фотосферы звезды,

$$\lg R_{фот.} = 8.52 - 2 \lg T_{eff} - 0.2 M_{бол.},$$

где  $R_{фот.}$  выражается в единицах радиуса Солнца и равен  $0.08 R_\odot = 5.4 \times 10^9$  см. Знание  $R_{св.}$  и  $R_{фот.}$  дает возможность оценить коэффициент дилуции  $W = \frac{R_{фот.}^2}{4 R_{об.}^2} \sim 2 \times 10^{-13}$ . Теперь, вводя в уравнение

Занстра (4) оптическую толщину атмосферы, мы получим следующее уравнение для определения  $\tau_{сЛ}$ , считая его малым:

$$\tau_{сЛ} = \left( \frac{T_{H\beta}}{T_{ист.}} \right)^3 \frac{f(T_{H\beta})}{f(T_{ист.})},$$

$$\text{где } f(T_{ист.}) = \int_{x_0(T_{ист.})}^{\infty} \frac{x^2}{e^x - 1} dx, \quad x_0(T_{ист.}) = \frac{h \nu_0}{k T_{ист.}},$$

$$f(T_{H\beta}) = \int_{x_0(T_{H\beta})}^{\infty} \frac{x^2}{e^x - 1} dx, \quad x_0(T_{H\beta}) = \frac{h \nu_0}{k T_{H\beta}},$$

$\nu_0$  — частота предела серии Лаймана,  $T_{H\beta}$  — температура звезды, определенная по линии  $H\beta$ ,  $T_{ист.}$  — истинная температура звезды. При  $T_{H\beta} = 25\,000^\circ\text{K}$ ,  $T_{ист.} = 50\,000^\circ\text{K}$  получаем  $\tau_{сЛ} = 0.16$ .

Зная  $n_e$ ,  $T_e$ ,  $T_{ист.}$ ,  $\tau_{сЛ}$ ,  $W$ , можно оценить плотность нейтральных атомов в оболочке по формуле ионизации для общего случая:

$$\frac{n^+}{n_1} n_e = W \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_s}} \frac{(2\pi m_e k T_s)^{3/2}}{h^3} e^{-\frac{h\nu_0}{k T_s}} e^{-\tau_{cl}}$$

$$n_e = 4 \times 10^3 \text{ см}^{-3}$$

$$T_e = 11\,500^\circ \text{ К}$$

$$T_s = 50\,000^\circ \text{ К}$$

$$W = 2 \times 10^{-13}$$

$$\tau_{cl} = 0.16.$$

Подсчеты при указанных выше значениях физических параметров дают плотность нейтральных атомов в оболочке  $n_1 = 1.7 \times 10^3 \text{ см}^{-3}$ . Эта величина позволяет оценить толщину оболочки, ее объем и, в конечном счете, массу оболочки следующим образом. Оптическая толщина оболочки за границей серии Лаймана  $\tau_{cl} = n_1 \cdot k \cdot H$ . При вычисленных выше значениях  $\tau_{cl}$  и  $n_1$  и  $k = 6 \times 10^{-18} \text{ см}^2$  ( $k$  — коэффициент атомного поглощения за границей серии Лаймана)  $H$  — толщина оболочки — будет равна  $1.6 \times 10^{13} \text{ см}$ .

Тогда объем оболочки с радиусом, равным  $7.9 \times 10^{13} \text{ см}$ , и определенной выше толщиной равен  $V = 1.26 \times 10^{48} \text{ см}^3$ .

Масса оболочки

$$M_{об} = m_H \cdot n_e \cdot V = 8 \times 10^{27} \text{ г} = 4 \times 10^{-6} M_{\odot}.$$

Для сравнения можно указать, что массы оболочек 10 Новых, определенные И. М. Копыловым [15] заключены в пределах от  $5 \times 10^{28} \text{ г}$  до  $10^{30} \text{ г}$ . Масса оболочки N Lac 1936 г., оцененная Ш. Г. Горделадзе [16], —  $5 \times 10^{28} - 10^{29} \text{ г}$ ; масса оболочки N Pic 1925, приведенная в [13], равна  $6.4 \times 10^{28} \text{ г}$ , а массы оболочек 5-ти ярких Новых, исследованных Пейв-Гапошкиной и Гапошкиным [12], —  $10^{27} - 10^{28} \text{ г}$ . Масса оболочки N Her 1934, подсчитанная Гротрианом [14], равна  $7.7 \times 10^{27} \text{ г}$ , а Э. Р. Мустель [17] считает, что масса оболочки этой Новой равна  $5 \times 10^{30} \text{ г}$ ; с другой стороны, В. В. Соболев [18] оценил массу оболочки N Her 1934 равной  $2.3 \times 10^{28} \text{ г}$ . Что касается массы оболочки Новой Геркулеса 1963 г., то по оценкам С. П. Маран [23] она получилась равной  $8 \times 10^{28} \text{ г}$ .

**Заключение.** Имеющаяся единственная спектрограмма Новой Геркулеса 1963 г. до вспышки [6] указывает, что Новая была спектрального класса O или раннего типа B, то есть свидетельствует о высокой температуре звезды. Полученные нами результаты показывают, что в стадии, близкой к минимуму блеска, температура звезды также

очень высока ( $\geq 50\,000^\circ\text{K}$ ). Весьма вероятно, что по своим физическим свойствам Новая после вспышки не отличается от Новой до вспышки. По полученным параметрам ( $M_v = 5^m7$ ,  $T_e > 50\,000^\circ\text{K}$  и  $R_{\text{фот.}} = 0.06 R_\odot$ ) Новая Геркулеса 1963 попадает в область горячих субкарликов на диаграмме спектр — светимость, что согласуется с общепринятыми представлениями о Новых.

Выражаю глубокую благодарность Э. А. Дибая и В. И. Есипову за предоставление наблюдательного материала, Б. А. Воронцову-Вельяминову, Е. Б. Костяковой и А. А. Боярчуку за полезные советы в процессе работы.

Государственный астрономический институт  
им. Штернберга

## THE SPECTROPHOTOMETRY OF NOVAE HER 1963.

### I. 1964 AND 1965 YEARS OBSERVATIONS. A NEBULAR STAGE

V. T. DOROSHENKO

The spectral investigation of Novae Her 1963 by the spectra obtained in 1964 and 1965 is carried out. It is shown, that a part of star emission in the observed continuous spectrum is very large, whereas a part of a continuous emission, taken by a shell is no considerable.

The analysis of a continuous and linear spectrum leads to following datas for the physical parameters: the density of shell  $n_e = 4 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}$ ; the electron temperature of shell  $T_e = 11\,500^\circ\text{K}$ ; the temperature of star  $T_* \geq 50\,000^\circ\text{K}$ ; the coefficient of dilution  $W \sim 2 \cdot 10^{-13}$ ; the mass of shell  $M_{\text{sh}} = 8 \cdot 10^{-7} g = 4 \times 10^{-8} M_\odot$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е. Б. Костякова, В. П. Архипова, О. Д. Докучаева, *Астрон. ж.*, 42, 4, 1965.
2. Т. М. Барташ, А. А. Боярчук, *Изв. КрАО*, 33, 173, 1965.
3. А. С. Шаров, *Астрон. ж.*, 40, 900, 1963.
4. D. B. McLaughlin, *Ap. J.*, 117, 279, 1953.
5. А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, В. И. Проник, *Изв. КрАО*, 29, 291, 1963.
6. C. V. Stephenson, R. B. Herr, *Publ. A. S. P.*, 75, 253, 1963.
7. H. Zanstra, *Bull. Astron. Inst. Netherl.*, 15, N. 503, 237, 1960.
8. D. B. McLaughlin, *A. J.*, 68, 541, 1963.
9. A. Batten, *J. RAS Canada*, 58, N 6, 1963.
10. Y. Andrillat, *Ann. d' Astrophys*, 27, 486, 1964.
11. К. У. Аллен, *Астрофизические величины*, ИИЛ, М., 1960, 216.

12. *S. Garoschkin, C. Payne-Garoskin*, Н. С., 445, 1942.
13. *Б. А. Воронцов-Вельяминов*, Газовые туманности и Новые звезды, М.-Л., Изд. АН СССР, 1948.
14. *W. Grotjan*, Zs. f. Ap., 13, 215, 1937.
15. *И. М. Копылов*, Изв. КраО, 10, 200, 1953.
16. *Ш. Г. Горделадзе*, Изв. ГАО АН УССР, 1, 67—84, 1953.
17. *Э. Р. Мустель*, Сообщ. ГАИШ, № 41, 1950.
18. *В. В. Соболев*, Труды 4-го совещания по вопросам космогонии, М., 1955, 71.
19. *G. Chinkarini, L. Rosino*, Ann. d' Astrophys., 27, 469, 1964.
20. *М. Я. Орлов, М. Г. Родригес*, А. Ц., № 238, 1963.
21. *Е. Б. Костякова, В. С. Аведисова, О. Д. Докучаева*, А. Ц., № 235, 1963.
22. *L. F. Ahlmark, K. A. Clement*, Archiv für Astroph., 3, № 26, 1964.
23. *S. P. Maran*, А. J., 70, 143, 1965.
24. *Б. А. Воронцов-Вельяминов*, Астрон. ж., 23, 286, 1946.
25. *A. McKellar*, Publ. Dom. Astroph. Obs. Victoria, 6, 347, 1937.
26. *G. Larsson Leander*, Stockholm. Ann., 18, N. 4, 1954.