

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 1

ДЕКАБРЬ 1965

ВЫПУСК 4

BN ОРИОНА — ЗВЕЗДА ТИПА RW ВОЗНИЧЕГО

Б. А. ДРАГОМИРЕЦКАЯ

Поступила 10 июля 1965

Исправлена 18 октября 1965

Исследованы колебания блеска и показателя цвета этой полуправильной звезды спектрального класса А. Показано, что изменение блеска состоит из чередования бурных и спокойных интервалов, отстоящих примерно на 10 000 суток. Показатель цвета изменяется в пределах 1,2 звездной величины. Звезда желтеет в минимуме блеска. Исследуется зависимость изменения показателя цвета в зависимости от блеска.

Одна из современных важных проблем изучения звезд типа RW Возничего состоит в исследовании общих закономерностей, которым подчинена изменяемость их блеска. Для этого необходимы длительные ряды наблюдений, охватывающие возможно более продолжительные промежутки времени.

Данная работа посвящена звезде BN Ориона спектрального класса А, принадлежащей типу RW Возничего.

Работа основана на нескольких рядах фотографических наблюдений. В ней использованы 3580 оценок блеска, сделанных В. П. Цесевичем на пластинках Гарвардской обсерватории. Наблюдения охватывают промежуток времени с 1898 по 1954 годы и выполнены на нескольких сериях снимков: А1, АС, FА, АМ, RН, RВ и В1. Кроме того, было использовано 171 фотографическое наблюдение П. Анерта (1950 — 1962) на Зоннебергской обсерватории, любезно предоставленное нам, и 233 оценки Г. С. Филатова (наблюдения 1940 — 1964), сделанные по нашей просьбе на снимках Института Астрофизики АН Таджикской ССР.

При обработке подобных материалов надо иметь надежно определенные величины звезд сравнения. Они были определены по снимкам, полученным на семикамерном астрографе на станции „Маяки“

Одесской Астрономической обсерватории. Привязка производилась к звездным величинам звезд спектрального класса А, расположенным в поле № 73 BSD. Были выбраны 22 звезды с величинами от 8^m2 до 12^m9 (рис. 1) и с их помощью строились характеристические кривые. Звездные величины звезд сравнения приведены в табл. 1. В таблице также указаны показатели цвета и редуцированные визуальные — m_v

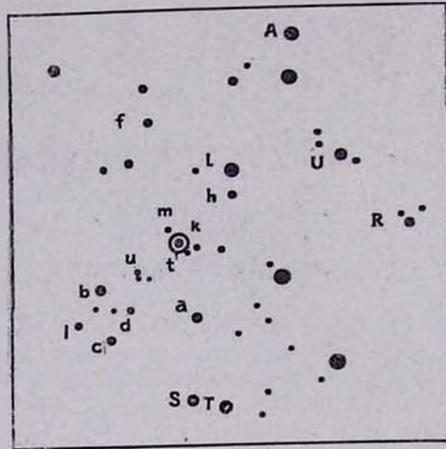


Рис. 1. Карта звезд сравнения.

Таблица 1

РЕДУЦИРОВАННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ

Звезда	m_{PK}	m_{PV}	Cl	m_v	m'_{PK}	BD
T	9^m84	9^m27	$+0^m57$	9^m52	9^m80	$+6^{\circ}966$
S	11.20	9.57	$+1.63$	10.29	11.07	$+6^{\circ}970$
a	9.68	9.34	$+0.34$	9.49	9.65	$+6^{\circ}969$
d	12.02	11.48	-0.54	11.72	11.98	—
c	11.08	9.61	-1.47	10.26	10.87	$+6^{\circ}912$
l	12.60	11.57	$+1.03$	12.02	12.52	—
b	10.52	10.17	$+0.35$	10.32	10.49	$+6^{\circ}973$
m	13.25	—	—	—	—	—
k	12.80	—	—	—	—	—
h	12.44	11.88	$+0.56$	12.13	12.40	—
g	11.08	8.46	$+2.62$	9.62	10.88	$+6^{\circ}967$
e	11.32	11.78	-0.46	11.58	11.36	—
f	11.36	10.01	$+1.35$	10.61	11.26	—
A	9.52	9.49	$+0.03$	9.50	9.52	$+7^{\circ}938$
U	11.20	9.50	$+1.70$	10.25	11.07	$+6^{\circ}963$
R	11.08	10.83	-0.25	10.94	11.06	—

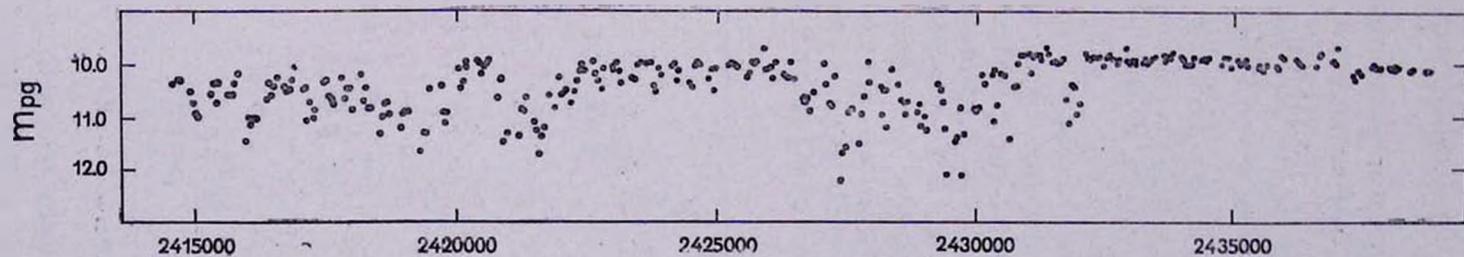


Рис. 2. Сглаженная кривая изменения блеска (средние пятидесятидневные точки).

и фотографические — m'_{pg} величины, принятые для обработки гарвардских снимков. Они были получены по редуционным формулам

$$m_v = m_{pv} + 0.441 [CI]$$

$$m_{pg} = m_{pg} - 0.077 [CI].$$

Изменение блеска BN Ориона весьма сложное. Иногда в течение длительного времени блеск остается почти постоянным. В другие интервалы времени он изменяется с большой амплитудой и очень быстро. Интересно представить весь длительный ряд наблюдений в обзорной форме. Для этой цели были вычислены пятидесятидневные средние точки. Кривая блеска изображена на рис. 2.

Из кривой можно видеть, что у звезды имеются интервалы почти постоянного блеска, которые разделяются промежутком времени в 4500 суток. В последние же 6700 суток блеск звезды почти не изменился. Можно также заметить, что блеск звезды постепенно возрастал. Новый „плоский“ максимум выше предыдущего. Правда, в последние годы блеск систематически уменьшается, но в небольшой степени. Возможно, что приближается новый интервал быстрых колебаний блеска.

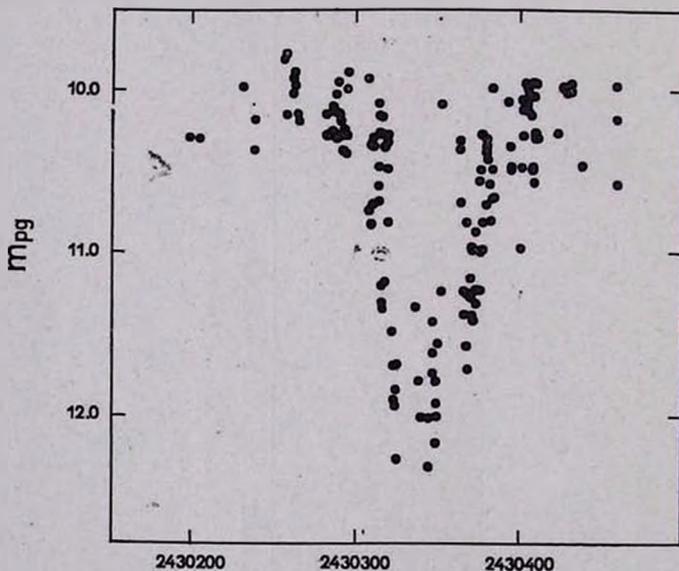


Рис. 3. Фрагмент кривой изменения блеска, изображающий быстрые колебания блеска. Видны волны с циклами 20—50 суток.

Так как средняя пятидесятидневная кривая полностью сглаживает быстрые колебания, интервал бурной деятельности звезды в 4500

суток рассмотрен отдельно в большом масштабе. В этом интервале амплитуда изменения среднего блеска достигает в некоторых случаях 3-х звездных величин и эти изменения происходят в течение 20 — 50 дней (рис. 3). В некоторых интервалах происходит возрастание либо убывание среднего блеска в течение 100 — 200 дней. На эти „большие“ изменения блеска как бы накладываются „быстрые“ его изменения, достигающие амплитуды, равной 1 — 1.5 звездной величины. Циклы быстрых колебаний в некоторых случаях заметно выделяются и продолжительность их порядка десяти дней (рис. 4).

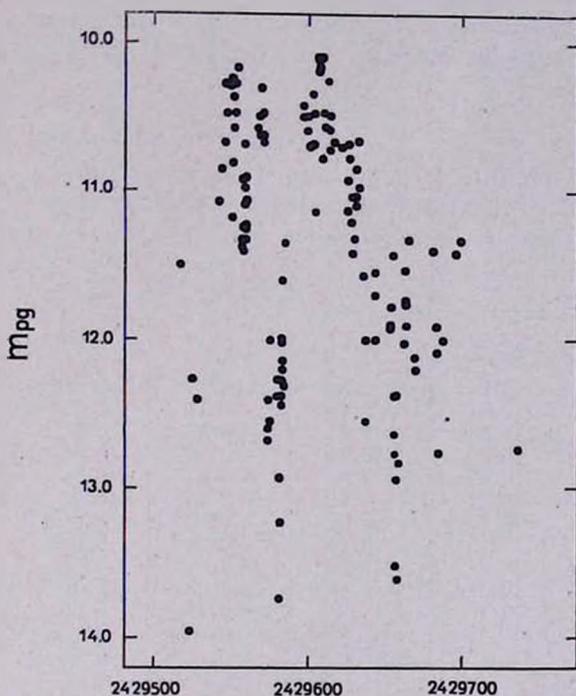


Рис. 4. Фрагмент кривой изменения блеска с наложенными быстрыми и медленными колебаниями.

Для вывода показателей цвета BN Ориона были использованы фотографические оценки, полученные на гарвардских снимках и визуальные оценки блеска переменной Д. Я. Мартынова [1], М. Бейера [2] и М. Эша [3], редуцированные к одной системе.

Моменты, для которых определялись показатели цвета, брались по возможности совпадающими для фотографических и визуальных оценок. В некоторых случаях они отличались на 1.0 — 1.5 дня. В тех случаях, когда было несколько фотографических и визуальных оценок, брались средние арифметические из них, а затем определялись

показатели цвета. Общее количество определений показателей цвета равно 314. Они приходятся как на „спокойный“, так и на „бурный“ интервалы.

Была сделана попытка построить график единой зависимости показателя цвета от звездной величины. Оказалось, что в некоторые интервалы времени намечается определенная хорошо выраженная зависимость, в то время как наложение на график последующих наблюдений портит общую картину.

Поэтому были построены две средних кривых показателя цвета. Одна из них относится к „спокойному“ интервалу (табл. 2), а вторая к „бурному“ (табл. 3). На рис. 5 изображены обе зависимости.

Таблица 2

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА
ДЛЯ „СПОКОЙНОГО“ ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ

m_{pg}	m_v	C1	ϵ
9.74	9.91	-0.17	± 0.06
9.90	9.86	+0.04	0.05
9.98	9.93	-0.05	0.05
10.01	9.88	-0.13	0.05
10.03	9.81	-0.22	0.04
10.06	10.00	-0.06	0.06
10.09	9.88	-0.21	0.04
10.11	9.95	-0.16	0.04
10.15	9.99	-0.16	0.01
10.20	10.00	-0.20	0.05
10.27	9.95	-0.32	0.05
10.34	9.95	-0.39	0.07
10.45	10.01	+0.44	0.05
10.58	10.07	-0.51	0.05
10.73	10.03	+0.70	0.02

Мы видим, что звезда краснеет при уменьшении блеска. Ее показатель цвета колеблется от -0^m15 до $+1^m0$. Однако во время спокойного интервала при покраснении звезды ее блеск ослабевает только на 1 звездную величину, в то время как при таком же изменении цвета во время „бурного“ интервала блеск падает на 2 и более звездных величин. Кроме того, в „спокойный“ интервал рассеяние индивидуальных точек на графике гораздо меньше, чем во время „бурного“ интервала. По-видимому, цвет звезды ведет себя гораздо более иррегулярно во время неустойчивого ее состояния.

Была сделана также попытка разместить эти точки на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Однако мы не знаем абсолютной величины

Таблица 3

 СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА
 ДЛЯ „БУРНОГО“ ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ

m_{pg}	m_v	CI	ϵ
9.80	9.68	+0.12	± 0.10
10.00	9.85	+0.15	0.05
10.08	10.13	-0.05	0.10
10.15	10.04	+0.99	0.06
10.25	9.91	+0.34	0.06
10.41	10.08	+0.33	0.12
10.55	10.31	+0.24	0.11
10.71	10.56	+0.15	0.12
10.79	10.56	+0.23	0.07
10.91	10.51	+0.40	0.12
11.06	10.72	-0.34	0.13
11.18	10.74	+0.44	0.11
11.29	10.85	+0.44	0.07
11.42	10.74	+0.68	0.11
11.59	10.87	+0.72	0.15
11.81	11.29	+0.52	0.11
12.36	11.84	-0.52	0.19
13.72	12.70	+1.02	0.57

звезды. Поэтому рис. 5 изображает эту зависимость условно. Ее можно было сдвинуть по вертикали. Мы поместили наблюдаемые за-

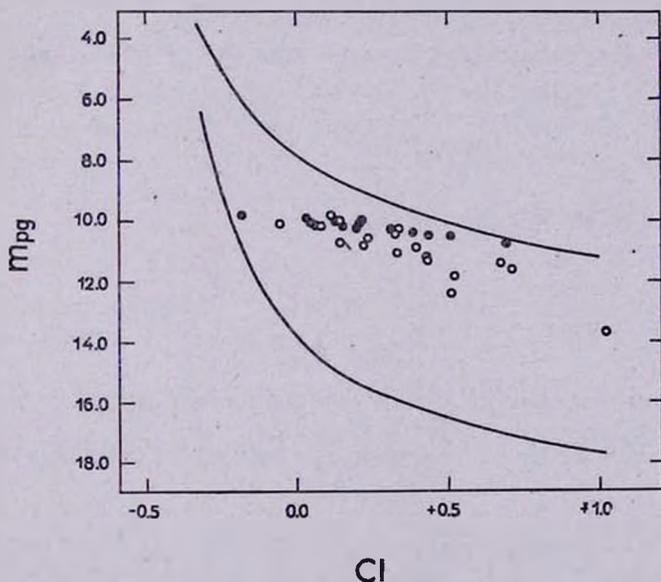


Рис. 5. Зависимость между фотографической звездной величиной и показателем цвета. Линии очерчивают „Т-полосу“ П. Н. Холопова. Черные кружки изображают „спокойные“, а полные кружки „бурные“ периоды изменения блеска звезды.

висимости между предельными кривыми, обрисовывающими „Т полосу“ П. Н. Холопова [4]. Мы видим, что изменение звездной величины и показателя цвета не совпадает с ходом главной последовательности, отклоняясь от нее вверх по мере увеличения показателя цвета, пересекая „Т полосу“.

Изменение блеска звезды мы попробовали объяснить образованием на диске звезды некоторых областей с более низкой температурой. Применяв закон Вина, мы можем записать для поверхностной яркости следующее выражение:

$$I_{\lambda} = \frac{c}{\lambda^5} e^{-\frac{c_1}{\lambda T}}.$$

Если принять, что поверхность всего звездного диска равна S , поверхность „незаятненная“ равна S_1 , и поверхность, покрытая пятнами с более низкой температурой, равна S_2 , то блеск звезды в фотোগрафических лучах можно выразить формулой

$$L_{\text{PG}} = \frac{c}{\lambda^5_{\text{PG}}} \left[S e^{-\frac{c_1}{\lambda_{\text{PG}} T_1}} + S_2 \left(e^{-\frac{c_1}{\lambda_{\text{PG}} T_2}} - e^{-\frac{c_1}{\lambda_{\text{PG}} T_1}} \right) \right].$$

Здесь T_1 — температура, соответствующая „незаятненной“ части диска, а T_2 — температура, соответствующая пятнам.

Для максимального блеска звезды получим выражение

$$L_{\text{PG.M}} = \frac{c}{\lambda^5_{\text{PG}}} S e^{-\frac{c_1}{\lambda_{\text{PG}} T_1}},$$

а относительное изменение блеска есть

$$\frac{L_{\text{PG}}}{L_{\text{PG.M}}} = 1 - \sigma \left[1 - e^{-\frac{c_1}{\lambda_{\text{PG}}} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} \right].$$

В последней формуле $\frac{S_2}{S} = \sigma$ — отношение площадей. В визуальных лучах имеем аналогичное отношение. Отсюда, исключив σ , получаем

$$\frac{1 - 2.512^{m_{v.M} - m_v}}{1 - 2.512^{m_{\text{PG.M}} - m_{\text{PG}}}} = \frac{1 - e^{-\frac{c_1}{\lambda_v} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}}{1 - e^{-\frac{c_1}{\lambda_{\text{PG}}} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}}. \quad (1)$$

Эта формула связывает с одной стороны изменение звездных величин в визуальных и фотографических лучах, а с другой стороны мы имеем функцию от T_1 и T_2 .

Значения функции, стоящей справа, мы вычислили при $T_1 = 12000$ и T_2 изменяющейся от 11000° до 3000° . Мы приняли: $i_v = 0.529$, $i_{rg} = 0.435$ и $c_1 = 1.4387$. Левая сторона соотношения (1) дает возможность по изменениям блеска звезды в визуальных и фотографических лучах определить значения той же функции (1) и найти соответствующие значения T_2 .

Для „бурного“ интервала изменения блеска звезды мы уже привели в табл. 3 соответствующие значения m_{rg} и m_v . По различным парам этих значений были вычислены значения функции (1) от T_1, T_2 . Из последних 15 значений этой функции было найдено среднее и определена некоторая средняя температура $T_2 = 7800^\circ$ для пятен.

В предположении, что $T_2 = 7800^\circ$ по отдельным значениям m_{rg} , были вычислены теоретические значения m' , которые для минимума блеска звезды систематически отклонялись от наблюдаемых.

Кроме того, мы вычислили значение σ — отношение площади пятен ко всей площади диска. Эта величина для $T_2 = 7800^\circ$ достигает значения 0.805 уже при ослаблении на одну звездную величину, а при ослаблении на 1.5 звездной величины σ превосходит 1.

Все это говорит о том, что пятнообразовательной деятельностью трудно объяснить изменения блеска, происходящие у ВN Ориона.

Вероятнее, что колебания блеска вызваны изменениями в протяженной атмосфере звезды. Спектральные наблюдения этой звезды почти не производились. По-видимому, приближается новый цикл ее бурных колебаний и как только он начнется, станут необходимыми тщательные исследования ее спектра.

За представленные мне материалы выражаю большую благодарность доктору П. Анерту, Г. С. Филатову и проф. В. П. Цесевичу.

Одесская астрономическая
обсерватория

BN ORIONIS — RW AURIGAE - TYPE VARIABLE STAR

B. A. DRAGOMIRETSKAYA

Variability of brightness and colour index of this A0 variable star has been investigated. Alternation of „violent“ and „quiet“ intervals of variations has been detected. The length of the cycle is of the order of

10 000 days. Colour index is changing too. The dependence between the variations of CI and of brightness has been investigated.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Д. Я. Мартынов, Энг. изв., № 26, 87, 1951.
2. М. Вегер, Astr. Nachr., 263, (6291), 67, 1937.
3. М. Эш, Valk. Ver., п. 2.
4. П. Н. Холопов, Астрон. ж., 35, 445, 1958.