

Фотографические наблюдения HZ Her = Her X-1 Н.Е. Курочкин

Публикуются оценки блеска HZ Her = Her X-1 по 318 пластинкам фототеки ГАИШ. Наблюдения представляются элементами: $\text{Min} = 2440780.40 + 1.^d70017 \cdot \text{E}$. Период стабилен в интервале 1907÷1972 гг. Минимум в рентгеновском диапазоне совпадает с минимумом в оптическом. В пределах точности совпадают также периоды. Исследована зависимость изменений формы кривой блеска от фаз ψ вторичного 35^d-цикла. Максимальная амплитуда изменений блеска приходится на область минимума рентгеновского излучения в 35^d-цикле.

Photographic Observations of HZ Her = Her X-1 by N. E. Kurochkin

The estimates of brightness of HZ Her = Her X-1 on 318 plates of Sternberg Astronomical Institute are published. The observations can be represented by elements: $\text{Min} = 2440780.40 + 1.^d70017 \cdot \text{E}$. The period is stable in interval 1907÷1972. The minimum in X-radiation is found to coincide with optical minimum. The periods in X-ray and optical bands also coincide. The dependence of the light curve appearance on the phases of the 35-days cycle of the X-rays variations is investigated. The minimum of the light amplitude is coincided with maximum of X-rays radiation in 35-days cycle.

Предварительные данные о фотографических наблюдениях HZ Her были сообщены в публикациях автора (Курочкин, 1972) и Черепашука и др. (1972). В данной статье приведены наблюдения и окончательные результаты исследования блеска HZ Her по пластинкам фототеки ГАИШ.

Фотографии охватывают интервалы 1907÷1912 гг. (J.D. 2417823÷2419544; 8 пластинок, объектив Штейнгеля 9.7/64 см) и 1960÷1972 гг. (J.D. 2437080÷2441548, 310 пластинок, астрограф 40/160 см). Оценки блеска производились глазомерно. Звездные величины звезд сравнения определены в системе близкой к В путем привязки к фотоэлектрическому стандарту в М 13 (Арп, Джонсон, 1955). Карта окрестностей и звезды сравнения представлены на рис. 1 (север вверху, сторона квадрата $\sim 25'$).

Наблюдения удовлетворяют элементам: $\text{Min} = 2440780.40 + 1.^d70017 \cdot \text{E}$. Наблюдаемая эпоха минимума для J.D. 2440780.40 согласуется в пределах точности с минимумом в рентгеновском диапазоне для J.D. 2441329.577 (Тананбаум и др., 1972). Изменения блеска происходят в пределах $12.^m8 - 15.^m1$. Старые на-

блюдения 1907÷1912 гг. с точностью $\pm 0^{\text{m}}.05$ представляются найденными элементами, так что в интервале 65 лет, по-видимому,

a	10. ^m 16
b	11. 72
c	12. 62
d	13. 31
e	13. 41
f	13. 84
g	14. 36
h	14. 56
k	15. 41

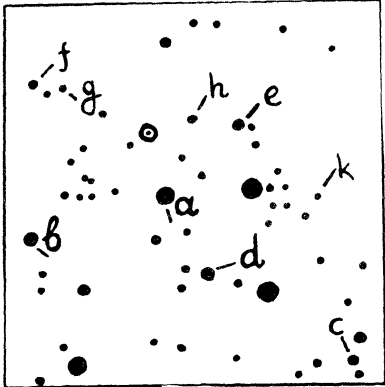


Рис. 1

не было существенных изменений в периоде или скачков фаз. Имея в виду довольно явные признаки существования газовых потоков в системе, этот результат о стабильности периода представляет особый интерес.

Кривая блеска представлена на рис. 2 и в табл. 1. Большие

кружки — средние точки, маленькие кружки — наблюдения 1907 ÷ 1912 гг. Рассеяние точек на кривой блеска, особенно вблизи максимума блеска, превышает возможные ошибки фотографических наблюдений. Блеск вблизи максимума колеблется от 12.^m8 до 13.^m6. Глубина минимумов также меняется. Кривая блеска испытывает существенные изменения от цикла к циклу; ее следует рассматривать как наложение разных по форме и амплитуде колебаний.

Как только нами были получены достаточно полные данные о 35-дневных циклах в рентгеновском излучении (Гурский, 1972), появилась возможность изучить их связь с оптическими изменениями. Максимумы в рентгеновских лучах приходятся по данным Гурского на J.D. 2441330.2 и 2441400.8, что соответствует периоду 35.^d3. Рентгеновское излучение присутствует в интервале $\pm 6^{\text{d}}$ от максимума, а затем пропадает. Было найдено при предварительном исследовании, что кривые блеска с острыми максимумами расположены обычно вблизи середины 35-дневного цикла, т.е. в области минимума в рентгеновском диапазоне. Однако, в 1972 г. высокие максимумы в оптике наблюдались и в области максимального излучения в рентгене.

В следующей таблице дается список высоких максимумов, которые обнаруживают явную 35-дневную цикличность. Используя максимум 1912 г. (J.D. 2419544), можно уточнить период цикла. В табл. 2 отклонения (O—C) и N вычислены от элементов:

$$\text{Min (R)} = 2441347.86 + 35.^{\text{d}}.396 \cdot \text{N} . \tag{2}$$

Таблица 2

J.D.24...		N	O—C	J.D.24...		N	O—C
19544.4	13. ^m 0	—616	+0. ^d 5	41102.5	12. ^m 8	— 7	+2. ^m 4
37100.4	12.8	—120	0.0	41420.5	12.9	+ 2	+1.8
40390.3	13.1	— 27	—1.8	41454.4	12.9	+ 3	+0.4
41063.4	12.9	— 8	—1.3	41476.5	12.8	+ 3.5	+4.7
41068.5	12.8	— 8	+3.9	41510.4	12.9	+ 4.5	+3.3

С элементами (2) были вычислены фазы ψ вторичного цикла и построены кривые блеска с периодом $1^d.7$ для ряда диапазонов фаз 35-дневного цикла (рис. 3). Здесь крестиками отмечены старые наблюдения 1907÷1912 гг., кружками — несколько фотоэлектрических наблюдений (Лютый и др., 1972), которые хорошо согласуются с нашими фотографическими, что говорит о незначительном различии систем.

Кривые блеска с периодом $1^d.7$ отличаются значительным богатством деталей, которые несомненно имеют систематический ход в зависимости от фаз 35-дневного цикла. Прежде всего изменяется амплитуда, которая максимальна вблизи минимума рентгеновского излучения. Если интерпретировать кривую блеска как эффект отражения (Черепашук и др., 1972), то следует признать, что особенно сильный эффект отражения наблюдается при отсутствии рентгеновского излучения. Это явление было предсказано в отмеченных работах (Черепашук и др., 1972; Лютый и др., 1972). Амплитуда блеска в этом интервале достигает $2^m.3$ в фотографических лучах (фазы $\psi = 0.95 \div 0.15$). Минимум острый и глубокий. Такая кривая блеска иногда (по-видимому, не всегда) проявляется также при фазах $\psi = 0.55 \div 0.65$. Кривые блеска с небольшой амплитудой (слабый эффект отражения?) наблюдаются в интервале фаз $\psi = 0.15 \div 0.55$ и, возможно, при $\psi = 0.65 \div 0.75$ (в последнем случае наблюдений недостаточно).

Для всех кривых блеска характерно присутствие горбов на восходящей и нисходящей ветви. Эти горбы смещаются систематически по фазе и высоте в зависимости от фазы ψ . На рис. 4 представлены зависимости фаз горба и высоты его максимума от фазы вторичного цикла ψ . Отсчет Δm ведется от максимального блеска $13^m.3$, для восходящей ветви принимается знак минус. Неопределенность в положении горбов наблюдается в области фаз $\psi = 0.25 \div 0.75$, что отчасти связано с недостатком наблюдений и в основном со сложностью кривой блеска в этой области фаз. Перемещение вторичных горбов на кривой блеска, по-видимому, совершается непрерывно, так что кривую блеска HZ Her следует рассматривать как суперпозицию двух или более колебаний. В некоторых фазах, когда минимумы особенно глубоки и узки, возможно, имеются затмения главной излучающей звезды газовыми потоками в системе.

Попробуем представить связную картину изменений кривой блеска HZ Her. При фазе $\psi = 0.50$ рентгеновское излучение максимально, амплитуда в оптике мала ($13^m.3 - 14^m.6$). Такая малая амплитуда наблюдается уже при фазе $\psi = 0.25 \div 0.35$, т. е. за $8 \div 6$ дней до максимума в рентгене. В этом диапазоне фаз до $\psi = 0.55$, возможно, встречаются и меньшие амплитуды, но наблюдений недостаточно, чтобы их выявить. В области фаз $\psi = 0.55 \div 0.65$ кривая блеска имеет сложный вид, появляется узкий и высокий ($12^m.8$) максимум при фазе $\phi = 0.4$; мини-

мум также глубок (15^m0) и узок. Рентген еще присутствует, но ослабевает. В области фаз $\psi = 0.65 \div 0.75$ картина не ясна из-за недостатка наблюдений. В области фаз $\psi = 0.75 \div 0.85$ высокий максимум наблюдается при фазе $\phi = 0.53$, вторичный максимум "съезжает" вниз по восходящей кривой блеска на фазу $\phi = 0.33$. Возможно, этот вторичный максимум является остатком высокого максимума, который наблюдался при фазе $\psi = 0.6$. Минимум в области фаз $\psi = 0.75 \div 0.85$ широкий и неглубокий (14^m6). Мы связываем эту форму минимума в данном случае с наложением на область минимума одного из вторичных максимумов, который затем начнет "ползти" вверх по нисходящей ветви кривой блеска. Действительно, в следующем интервале фаз $\psi = 0.85 \div 0.95$ этот вторичный максимум появляется на нисходящей ветви, минимум углубляется до 14^m8 . В области максимума наблюдается такая же сложная картина, как в предыдущем диапазоне фаз ψ , но максимум смещен влево на фазу $\phi = 0.50$, вторичный максимум уменьшается и "съезжает" вниз по восходящей ветви. Максимальная амплитуда достигается при фазах $\psi = 0.05 \div 0.15$, $12^m8 \div 15^m1$. В области фаз $\psi = 0.95 \div 0.15$ хорошо заметно движение вторичных максимумов на восходящей и нисходящей ветвях. При фазах $\psi = 0.15 \div 0.25$ начинается уменьшение амплитуды до $13^m0 \div 14^m8$, горб на восходящей ветви исчезает, горб на нисходящей ветви достигает максимального развития и искажает кривую блеска вблизи максимума. Рентгеновское излучение в области фаз $\psi = 0.65 \div 0.35$ не наблюдается.

В тех случаях, когда вторичные максимумы хорошо выражены, они разделены интервалом в пол-периода (разность фаз $\phi \sim 0^p5$), это заставляет думать, что вторичные максимумы связаны с приливными явлениями на поверхности главной звезды или с истечением материи с приливных горбов. Узкие минимумы наблюдаются, по-видимому, в тех случаях, когда вблизи проходят по восходящей или нисходящей ветви вторичные максимумы.

Отметим еще, что развитие явлений в оптике, по-видимому, не вполне совпадает с развитием явлений в рентгене и асимметрично относительно максимума рентгеновского излучения. На рис. 5 показано, что максимальное развитие эффекта отражения приходится на фазы $\phi \sim 0^p95 \div 0^p15$ (средняя фаза $\phi \sim 0^p05$ относительно минимума рентгеновского излучения). Минимальная амплитуда наблюдается в области фаз $\psi 0^p25 \div 0^p55$ при средней фазе 0^p40 , тогда как максимум рентгеновского излучения приходится на фазу 0^p50 . Примерно уже с фазы 0^p55 начинается появление узких высоких максимумов.

Приведенное феноменологическое описание поведения блеска HZ Нег может помочь построению теоретических моделей системы. Рассмотренные данные следует считать предварительными, поскольку фотографические наблюдения недостаточно точны для выявления тонких эффектов. Потребуется несколько лет непрерывного фотоэлектрического слежения за звездой, прежде чем будет выявлены полная картина весьма сложных изменений ее кривой блеска.

Средняя кривая блеска на рис. 2 и в табл. 1 получена по наблюдениям в интервале J.D. 2447823÷41450.

Таблица 1

Фаза	m	n	Фаза	m	n	Фаза	m	n
0.016	14. ^m 81	10	0.385	13. ^m 30	10	0.720	13. ^m 68	10
.047	14.34	10	0.418	13.20	10	.751	13.78	10
.092	14.34	10	.468	13.14	10	.777	13.86	10
.128	14.12	10	.497	13.37	10	.802	13.93	10
.157	14.11	10	.567	13.37	10	.834	14.08	10
.215	13.85	10	.603	13.41	7	.865	14.12	10
.263	13.72	10	.644	13.47	10	.893	14.24	10
.306	13.58	10	.687	13.51	10	.960	14.70	10
.345	13.44	10						

Индивидуальные оценки блеска приведены в табл. 3.

В заключение выражаю благодарность Ю.Н.Ефремову, П.Н.Холопову и А.М.Черепашуку за обсуждение результатов, а также В.В.Комбергу за представление информации по рентгеновскому излучению.

Таблица 3

Наблюдения HZ Her

J.D. 24...		J.D. 24...		J.D. 24...	
17823.303	14. ^m 32	40390.367	13. ^m 28	40420.437	13. ^m 71
826.304	14.40:	.396	13.26	.463	13.65
853.238	14.09:	392.370	13.94	421.433	14.20
18210.274	14.16:	.401	13.98	.462	14.48
888.366	13.33	.428	13.90	.488	14.50
19276.357	13.84::	393.343	13.32	422.470	13.62
514.447	14.10::	.371	13.45	.509	13.30
544.412	13.02	.398	13.36	423.373	14.64
37080.492	13.97	396.390	14.38	.415	14.96
100.364	12.82	.417	14.31	426.455	13.80
103.382	13.95	.446	14.31	.483	13.88
115.347	13.85	408.364	13.90	744.410	14.00
38206.482	14.52	409.412	13.84	761.359	13.80
40062.354	13.45	.439	14.05	762.355	13.31
.381	13.36	410.439	13.28	.393	13.50
.406	13.45	.476	13.36	765.353	13.80
064.323	13.84	412.364	13.62	.398	13.80
.349	13.90	.389	13.50	770.445	13.84
.435	14.30	.413	13.62	.480	13.89
065.303	13.50	413.409	13.94	771.373	13.36
.328	13.50	.439	14.06	.406	13.46
.353	13.61	.470	14.00	.441	13.46
381.429	13.45	414.430	13.52	773.351	14.00
387.332	13.88	.457	13.42	.386	14.15
.354	14.18	.485	13.50:	.422	14.26
.376	14.24	420.381	13.94	775.309	14.60
390.332	13.14	.413	13.75		

J.D. 24...		J.D. 24...		(продолжение) J.D. 24...	
40775.345	14. ^m 56	41064.503	14. ^m 31	41095.512	13. ^m 72
.382	14.58	.537	14.20	096.377	14.38
780.401	15.07:	065.516	13.62	.415	14.31
.444	14.81	.546	13.65	.456	14.10
.480	14.65	068.444	13.00	.494	14.26
791.343	13.36	.479	12.75	097.405	13.50
794.350	13.80	.514	13.00	.444	13.36
798.318	13.50	069.385	15.14	.475	13.28
.350	13.36	.420	15.08	098.411	14.81
.408	13.40	.457	14.98	.438	14.46
800.327	13.71	.491	14.82	099.388	13.36
.362	13.86	.525	14.73	.424	13.38
.397	13.84	070.403	13.45	.462	13.50
802.320	13.94	.437	13.36	.497	13.53
.353	14.05	.475	13.36	100.448	13.80
.385	14.00	.509	13.45	.484	13.90
806.356	13.62	.538	13.41	.512	13.76
.389	13.54	072.427	13.84	101.400	13.80
807.342	13.94	.461	13.80	.502	14.00
809.382	14.65	.500	13.94	102.418	12.82
.422	14.53	.533	14.05	.458	12.80
821.270	14.90	073.485	13.25	.493	12.90
823.403	13.62	.522	13.28	115.364	14.60
827.296	13.36	.545	13.25	117.322	13.90
.332	13.32	075.485	13.45	.359	13.78
829.277	13.80	.520	13.36	.399	13.84
.312	13.80	.543	13.26	118.386	13.54
831.292	14.40	085.357	13.28	.421	13.72
41032.489	13.85	088.377	14.00	119.365	13.28
.524	13.62	.416	14.05	.405	13.25
057.349	14.56	089.367	13.50	127.407	14.36
059.553	13.94	.408	13.62	.444	14.36
060.466	13.76	.445	13.80	.481	14.31
.505	13.80	090.404	13.45	128.362	13.45
.543	13.94	.442	13.45	.419	13.45
061.472	13.62	.485	13.30	.457	13.62
.512	13.53	093.383	14.56	129.407	13.76
062.393	13.90	.421	14.56	.389	13.50
.430	14.00	.461	14.30	130.369	14.31
.466	14.00	.498	14.38	.404	14.30
.539	14.52	094.419	13.45	131.345	13.50
063.432	12.95	.459	13.60	132.389	14.73
.471	13.03	.496	13.80	133.457	13.45
.508	13.03	095.401	13.71	134.410	13.80
064.427	14.67	.436	13.75	.449	13.80
.461	14.50	.476	13.70		

(продолжение)

J.D. 24...		J.D. 24...		J.D. 24...	
41134.482	13. ^m 84	41419.404	13. ^m 94	41426.443	14. ^m 72
137.474	14.90	.441	14.10	.546	14.82
413.442	13.54	.473	14.05	427.527	13.71
.468	13.58	.504	14.21	446.468	13.76
416.438	14.34	420.484	12.90	447.415	13.28
.471	14.10	.510	13.08	.493	13.40
.503	13.94	421.511	14.36	448.412	14.50
417.416	13.76:	.545	14.26	.468	14.44
.449	13.54	422.412	13.50	449.364	13.45
.500	13.80	.448	13.50	.411	13.28:

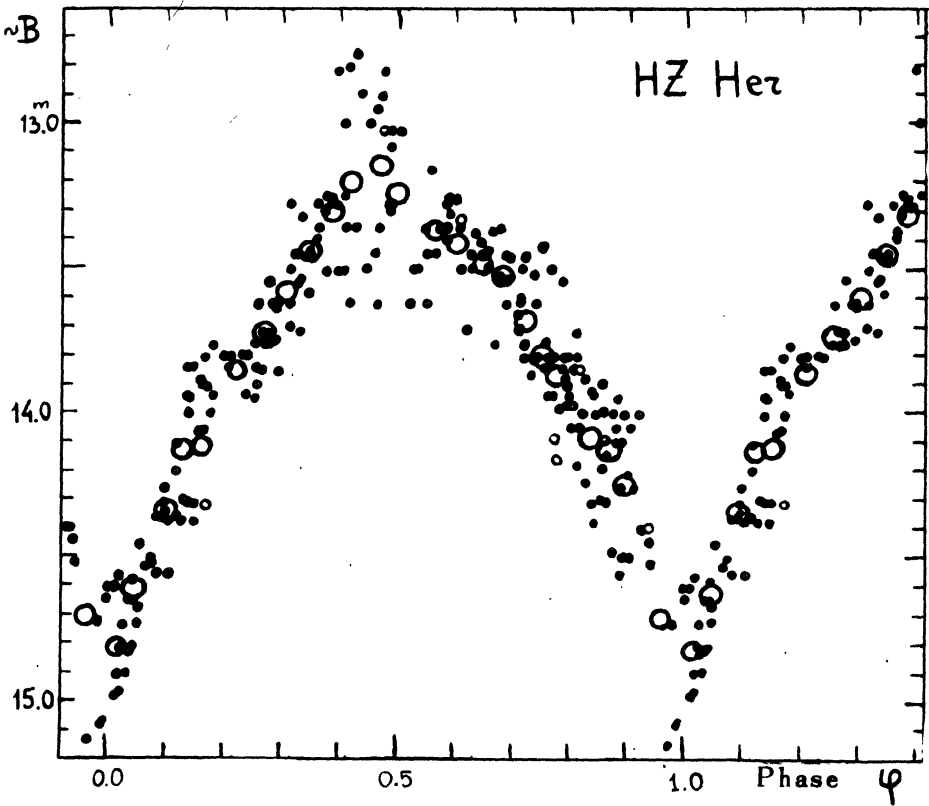


Рис. 2

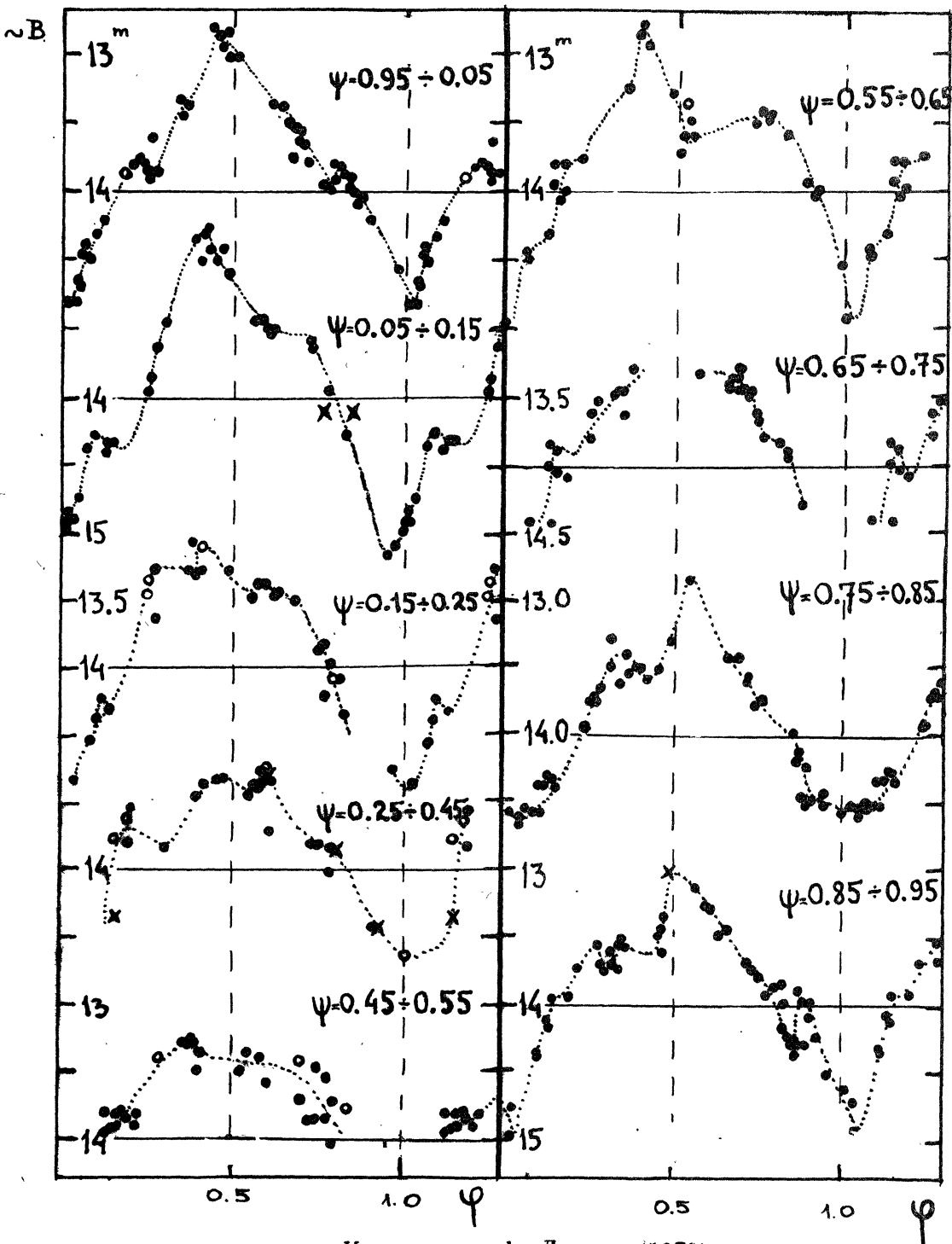


Рис. 3
Кружки $\circ$ — рне Лютого (1972)
Крестики $\times$ — рг 1907÷1912 гг.

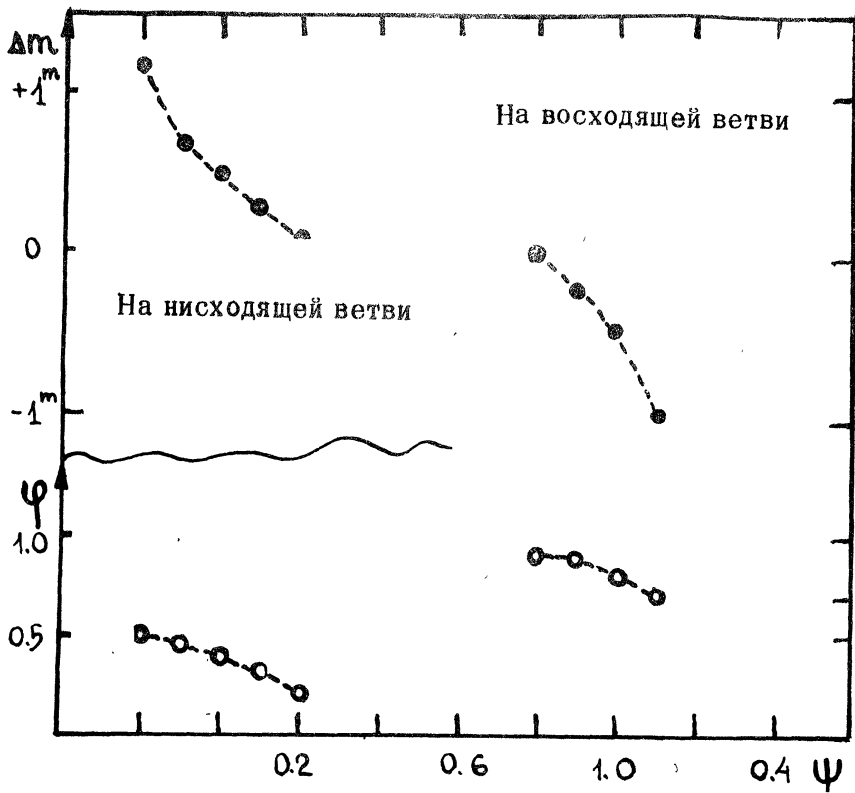


Рис. 4

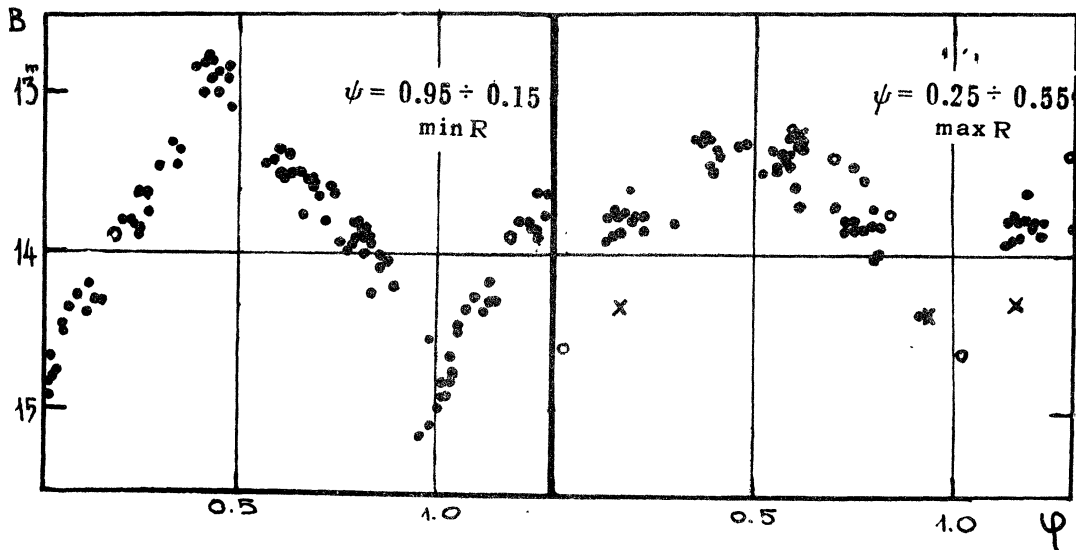


Рис. 5

Дополнительные наблюдения 1972 г.

J.D.2441...		J.D.2441...		J.D.2441...	
450.451	14. ^m 38	479.506	14. ^m 10	514.463	13. ^m 68
452.417	13.62	481.453	13.62	515.328	13.80
453.380	13.84	.506	13.53	.499	13.62
.402	13.86	482.474	14.56	517.362	13.53
454.420	12.80	483.418	13.33	518.365	14.56
.461	12.86	.505	12.86:	.397	14.56
455.356	14.56:	484.504	14.16	520.451	13.57
.484	14.50	485.350	13.50	521.486	14.31
456.355	13.45	.490	13.70	526.384	13.45
.383	13.43	486.350	13.72	527.312	13.45
.429	13.53	487.375	13.84	530.347	14.36
458.423	13.94	492.338	13.57	531.361	13.48
.501	14.26	.351	13.62	532.363	13.25
459.441	13.03	495.325	13.25	533.297	14.32
462.421	14.31	496.359	14.20::	534.411	13.31
468.329	13.33	500.389	13.33	539.364	13.45
473.417	13.58	508.320	13.94	545.500	14.95
474.461	13.76	.478	13.90	546.323	13.36
475.414	13.45	.489	13.80	.355	13.75
.489	13.62	510.452	12.86	547.301	14.44
476.471	12.80	511.468	14.56	.311	14.50
476.496	12.96	513.327	14.40	.397	14.32
478.323	13.41	.430	14.42	548.365	13.29
.451	13.33	514.319	13.41		

Литература:

- Арп, Джонсон, 1955 — Arp H.C., Johnson H.L., ApJ **122**, 171.
 Гурский, 1972 — Gursky H., Reprint.
 Курочкин Н.Е., 1972, АЦ № 717.
 Лютый В.М., Сюняев Р.А., Черепашук А.М., 1972, Препринт ИГиМ.
 Тананбаум и др., 1972 — Tananbaum H., Gursky H., Kellogg E.M.,
 Levinson R., Schreier E., Giacconi R., ApJ L. **174**, L. 143.
 Черепашук А.М. и др., 1972 — Cherepashchuk A.M., Efremov Yu.N.,
 Kurochkin N.E., Shakura N.I., Sunyaev R.A., IBVS № 720.

Гос. астрономический ин-т
 им. П. К. Штернберга

Поступила в редакцию
 1 декабря 1972 г.