

Переменные звезды 21, № 2, 237–245, 1 79.
Variable Stars 21, No 2, 237–245, 1979.

Особенная разделенная затменная двойная система AS Жирафа Р.А.Боцула

Предлагается модель для объяснения изменений кривой блеска разделенной затменной системы с компонентами В8.5 и В9.5 главной последовательности AS Жирафа в результате затмения газовыми облаками ярких пятен на поверхности главной звезды. Температура пятен около 14400° в шкале МК, плотность водорода в облаках $n_H = 1.25 \cdot 10^9$. Лучевое давление пятна при ионизации водорода не может удерживать облака на нужной высоте. Причина появления пятен и облаков над ними неясна. Возможно, здесь действует магнитное поле, характерное для звезд этого спектрального интервала. Получены элементы фотометрической орбиты методом Лаврова на ЭВМ "Наири-К" по наблюдениям Гильдича (1972а) и абсолютные элементы. Кривые блеска при этом не ректифицировались, а был найден уровень постоянного блеска, не зависящий от времени и длины волны наблюдений. В противоположность решению Гильдича элементы хорошо согласуются для обоих минимумов и всех длин волн без необходимости вводить гипотезу третьего света.

AS Camelopardalis: An Outstanding Detached Eclipsing Binary by R.A. Botsula

Light curve variations of the detached eclipsing system AS Cam (B8.5+ B9.5) are explained by assuming the existence of obscuring clouds above underlying bright spots on the surface of the more massive star. The spots temperature is about 14400° , that is 2000° more than the star's temperature. The density of the hydrogen in clouds is $n_H = 1.25 \cdot 10^9$. Clouds can't hold up the needed height by the spot's radiation pressure. It is not clear why spots and clouds arise. Possibly magnetic fields appear on the star's surface. (They are particular feature in that spectral interval). Photometric and absolute elements were derived from light and velocity curves by Hilditch, 1972a, b without a rectification. The level of constant light was determined on that part on the light curve, where no variations with time and wavelength were observed. On the contrary to Hilditch's solution the elements are in good agreement, without the third light hypothesis, for both minima and various wavelengths.

AS Жирафа — хорошо разделенная затменная система с компонентами — звездами главной последовательности спектральных классов В8.5 и В9.5. Ее кривая блеска имеет вне минимумов особенности, явные в ультрафиолетовых и значительно меньшие в синих и желтых лучах. Обычно кривые блеска таких систем лишены выраженных отклонений от кривых для ректифицируемой модели Рессела-Меррилла, однако это мнение

может быть до некоторой степени следствием отсутствия коротковолновых наблюдений.

Фотоэлектрически AS Жирафа наблюдалась в 1968–1970 годах Гильдичем (1972а) в системе, близкой к UVV, и Гюльменом и др.(1976) в 1972 г.в системе BV. К сожалению, последние наблюдения не опубликованы, и приходится ориентироваться лишь на график кривой блеска. Гильдич (1972а) определил фотометрические элементы, причем геометрические элементы оказались разными для разных минимумов, а наблюдения хорошо представились лишь в гипотезе существования третьего света. Спектральная орбита тоже принадлежит Гильдичу (1972в).

Задача настоящей работы – дать возможное объяснение наблюдаемым особенностям кривой блеска и, исключив на его основе пертурбации последней, получить более уверенные элементы.

Характер изменения блеска.

Пертурбации в кривой блеска растут с уменьшением длины волны наблюдений. Для выяснения их характера ультрафиолетовые наблюдения были разделены на четыре последовательных во времени группы и по группам объединены в нормальные точки. На рис. 1 эти нормальные точки нанесены разными для разных групп значками. В каждой точке могут содержаться наблюдения разных, но близких по времени ночей. Рассматривая рис. 1 и кривые блеска Гюльмена и других, можно прийти к следующему заключению:

1) Существуют устойчивые пертурбации, сохраняющие амплитуду или, во всяком случае, характер в течение года или полутора лет. Это подъем блеска у фаз $0^{\text{P}}.14-0^{\text{P}}.23$ и $0^{\text{P}}.73-0^{\text{P}}.82$ на $0^{\text{m}}.04-0^{\text{m}}.05$, причем блеск растет медленно в обе стороны от II минимума, а к I падает бы-

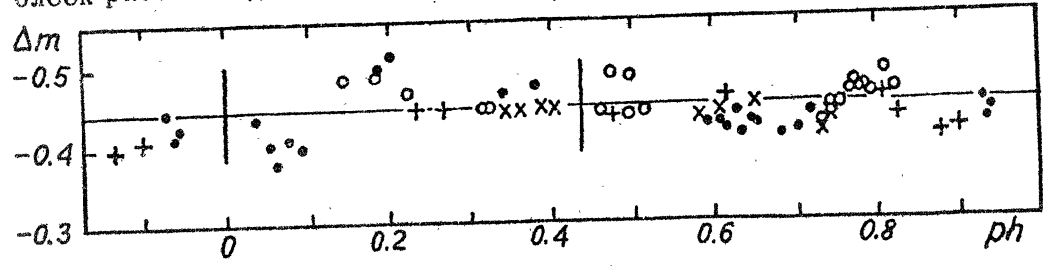


Рис. 1. Характер изменения ультрафиолетовой кривой блеска вне минимумов со временем (нормальные точки). + – JD 2439800–950^d, x – 40100–200^d, • – 40200–400^d, o – 40400–600^d. Вертикальные прочерки – положения минимумов.

стро. Это также быстрее (за несколько дней) падение блеска около фазы $0^{\text{P}}.06$ после главного минимума на $0^{\text{m}}.03$, и, наконец, понижение всей ветви II–I вне минимумов на $0^{\text{m}}.015-0^{\text{m}}.02$.

2) Существуют изменения блеска, как например, подъем восходящей ветви II минимума и части II–I после II в наблюдениях JD 2440542^d на $0^{\text{m}}.03$ и некоторое смещение наблюдений разных ночей на ветви II–I. Продолжительность их существования неизвестна. (Хотя на кривой Гюльмена и других несколько смещенный по фазе выброс посл

II минимума тоже есть, на кривой Гильдича через 38 дней после выброса блеск был нормальным).

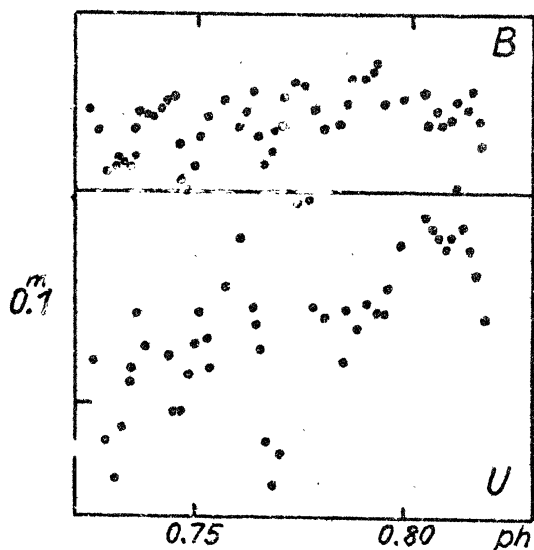


Рис. 2. Флуктуации блеска на ветви II-I в B и U-лучах для наблюдений JD 2440512^d.

3) Согласно индивидуальным наблюдениям на ветви II-I в синих и ультрафиолетовых лучах бывает квазипериодические флуктуации блеска с амплитудой соответственно $0.^m025-0.^m03$ и $0.^m04-0.^m05$ и периодом около 1^h . Рис. 2.

Определение элементов системы.

Такие кривые блеска, как у AS Жирафа, нельзя решать с помощью общепринятой ректификации. При столь далеких друг от друга ($r \approx 0.15$) и похожих по спектрам компонентах ожидать появления эффектов эллипсоидальности и фазы трудно, да на кривой блеска их и не видно. Поэтому сразу можно предположить, что в отсутствие пертурбаций кривая блеска вне минимумов должна быть прямой, параллельной оси фаз. Нужно только найти ее правильный уровень, соответствующий суммарному блеску компонент. Обычная процедура ректификации с вычитанием пертурбаций не дает такой возможности, искажая как ход кривой внутри минимумов, так и уровень вне их. В результате ее применения может появиться эффект третьего света (как то и получилось у Гильдича). В таких случаях предпочтительней найти на кривой блеска, если это возможно, место, где ни в одних лучах и ни в одну ночь нет изменений блеска, и принять его за искомый уровень.

Для AS Жирафа таким участком является половина ветви I-II, прилегающая ко II минимуму. Во всех лучах и в разные сезоны она имеет один уровень и прямолинейный ход.

Нормальные кривые блеска были построены по всем наблюдениям, за исключением ночи JD 2440542^d, явно выпадающей из хода всех других ночей. В противоположность Гильдичу у нас II минимум не получился асимметричным, только в синих лучах его середина смещена относительно середины в других лучах в сторону последующего I минимума. Наоборот, форма I минимума зависит от длины волны в большей степени, отчего середина его смещена в синих и ультрафиолетовых лучах относительно ее положения в желтых лучах, но в противоположную сторону. Отсюда зависимость фазы II ми-

нимума от длины волны, которая является причиной небольшого изменения с длиной волны и эксцентриситета орбиты и долготы периастра. В таблице 2 приведены глубины минимумов и фазы II минимума для разных фильтров.

Кривые блеска были решены методом Лаврова (1976) на ЭВМ "Наири-К" и уточнены методом дифференциальных поправок. Полученные элементы приведены в таблице 2. Обозначения в ней общепринятые. В последнем столбце средние элементы, вычисленные при условии, что ультрафиолетовые наблюдения участвуют в среднем с половинным весом.

В число дифференциальных поправок были включены и поправки к коэффициентам потемнения дисков звезд к краю — x_1 и x_2 . В синих и желтых лучах они найдены при условии, что поиск поправки Δx_1 для большей звезды остановлен на ее величине, дающей значение x_1 , близкое к теоретическому по Клингесмицу и Собескому (1970), а величина Δx_2 получалась одновременно с Δx_1 .

Для ультрафиолетовых лучей такая процедура оказалась невозможной, так как первое же приближение дало $x_{1,2} > 1$. Решение здесь сделано с теоретическими величинами x_1 и x_2 , равными 0.4. В таблице 2 теоретические коэффициенты потемнения даны в скобках.

Спектр спутника определялся в предположении, что спектр главной звезды, согласно Гильдичу, В8.5. Эффективные температуры брались по шкале МК.

В главном минимуме затмевается более массивная и большая по размеру звезда. Элементы хорошо согласуются во всех трех лучах и близки, за исключением наклонности, к элементам Гильдича (1972в), выведенным после уточнения их с помощью спектральной орбиты. Они одинаковы для обоих минимумов и не требуют для хорошего представления кривой блеска введения гипотезы третьего света. Это подтверждает правильность нашего выбора уровня постоянного блеска и заключения о неправомерности применения в подобных случаях обычной процедуры ректификации. Коэффициенты потемнения для спутника несколько больше теоретических по Клингесмицу и Собескому, но близки к выведенным с учетом покровного эффекта Рубашевским (1976). Разница в спектральных классах компонент получилась на 0.5 класса больше, чем у Гильдича. На рис. 3а, б показано представление наблюдений в минимумах полученными элементами. В таблице 3 приведены абсолютные элементы, выведенные с помощью спектральной орбиты Гильдича (1972б).

Возможное объяснение изменений блеска.

Пертурбации кривой блеска АГ Жирафа можно объяснить с помощью модели системы, изображенной в плане на рис. 4. На поверхности более массивной звезды (спектр В8.5, $T = 12300^\circ$) имеется область с повышенной до 14400° температурой, размером около 0.1 площади полусферы звезды (пятно). Это пятно несколько смещено от оси симметрии системы в сторону позади идущей полусферы звезды и существует длительно, по крайней мере в течение полутора или более лет. Кроме этого, на идущей позади полусфере этой же компоненты на более короткое время возникают горячие пятна. Над всеми пятнами висят поглощающие свет газовые облака.

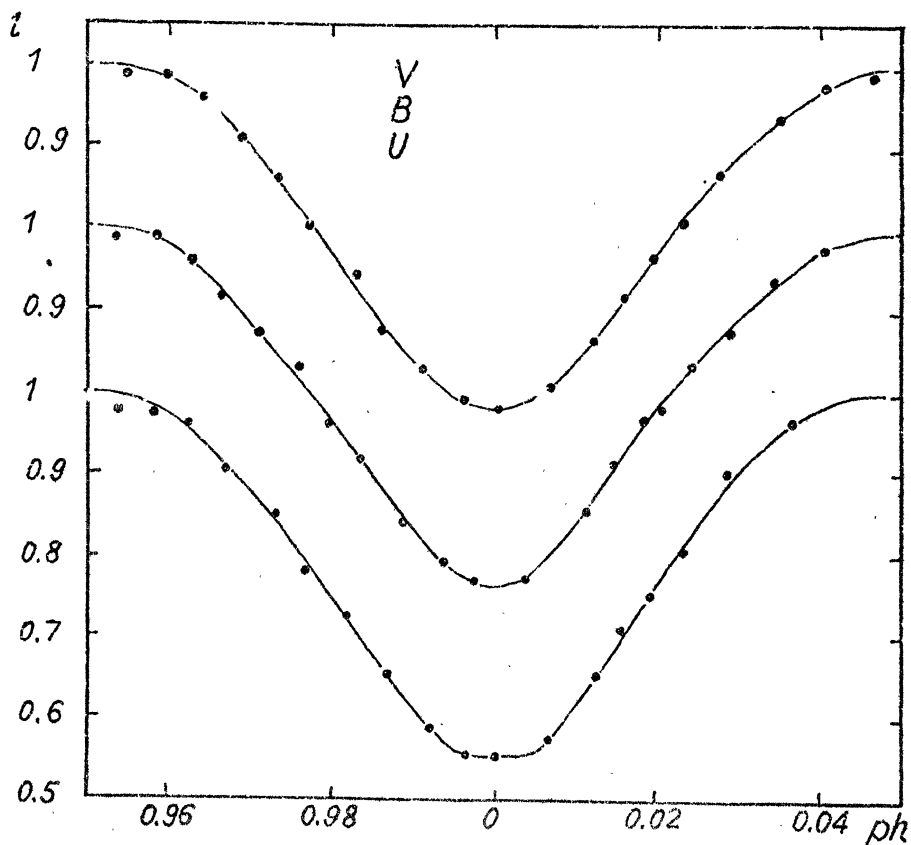


Рис. 3а. Представление I минимума элементами из табл. 2.

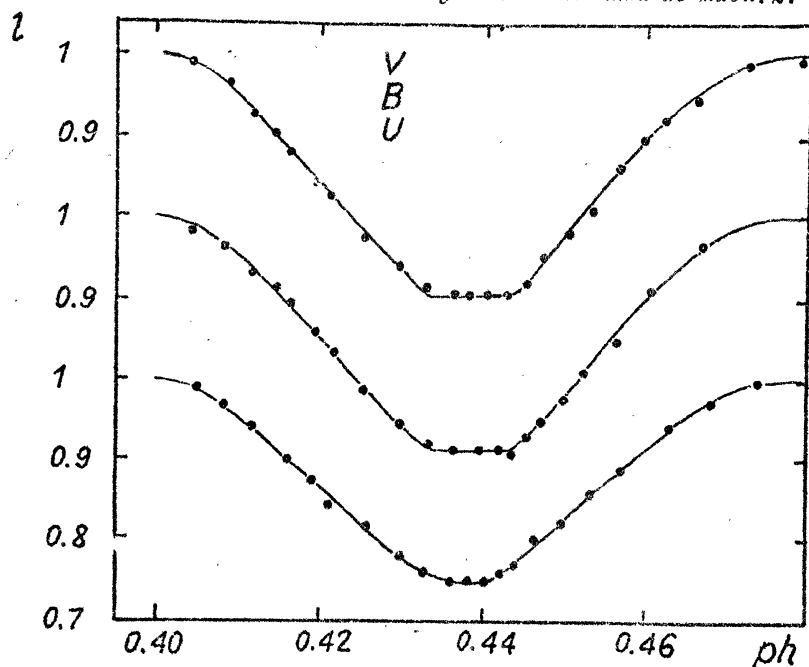


Рис. 3б. Представление II минимума элементами из табл. 2.

Увеличение блеска на фазах $0^{\text{P}}.1-0^{\text{P}}.2$ и $0^{\text{P}}.7-0^{\text{P}}.8$, симметричные относительно минимумов, происходит оттого, что более стабильное пятно с одной стороны (ветвь I-II вне минимумов) видно там, где облаков

жет, а с другой (ветвь II-I) — просвечивает в промежутке между облаками этого и более короткоживущих пятен. Нестабильные повышения блеска соответствуют видимости последних. Ослабление блеска ниже уровня постоянного блеска (фазы 0^P06–0^P1) является результатом поглощения в вытянутом вдоль луча зрения облаке более стабильного пятна.

Температуру пятна можно определить по величине избыточного излучения в ультрафиолете, используя формулу отношения поверхностных яркостей

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{c_2}{\lambda T_2} - 1}{\frac{c_2}{\lambda T_1} - 1}, \text{ где}$$

T_1 — температура звезды, а T_2 — температура пятна. Разумно принять размер пятна равным 0.1 площади полусферы звезды; меньшая площадь приведет к очень большим температурам и, как следствие, к изменениям в спектре звезды, а большая не будет согласоваться с видимостью пятна. При условии, что расстояние облака от поверхности звезды и его наибольшее протяжение равны одному радиусу звезды, а температура газа в нем равна температуре пятна, наибольшее наблюдаемое понижение блеска в ультрафиолете после I минимума по отношению к его максимальному увеличению (0^m08) можно объяснить поглощением за границей серии Бальмера при ионизации водорода. Плотность поглощающих атомов $n_{H^2} = 4.7 \cdot 10^4$, плотность всех атомов водорода $n_H = 1.25 \cdot 10^9$. Оптическая толща облака за границей серии Бальмера 0.1, степень ионизации водорода 0.3. Рассеяние свободными электронами пренебрежимо мало. Полученные плотности несколько занижены из-за завышенных коэффициента поглощения (граница серии) и температуры газа, однако порядок, видимо, сохранится, если учесть, что мы не приняли во внимание поглощение в облаке. Таким образом, наблюдаемый эффект можно объяснить при плотности водорода в облаках, меньшей, чем плотность в солнечных протуберанцах ($n_H \approx 10^{11}$).

Расчет давления излучения пятна при ионизации водорода за границей серии Лаймана показал, что оно не может поддерживать облака над фотосферой на расстоянии одного радиуса звезды, так как сила притяжения в расчете на один атом более чем в 10 раз его превышает. Наличие же массы неионизованных атомов при малой степени ионизации еще более усиливает это неравенство. Значит, должен быть иной удерживающий облака фактор, возможно, магнитное поле, которое может поддержать и более плотные солнечные протуберанцы, не будучи выявлено для удаленной звезды.

Четвертая компонента линий К Ca II, наблюдавшаяся однажды Гильдичем на фазе 0^P69 (когда луч зрения как раз проходит через облака), не может образоваться в такой среде, так как Ca при температуре пятна в основном будет находиться во второй стадии ионизации. Эта компонента либо свидетельствует о более низкой температуре

облаков, либо не имеет отношения к самой системе. Снижение температуры облаков приведет при прочих равных условиях к увеличению их плотности, что еще более уменьшит лучевое давление. Лучевое давление в линиях нельзя рассмотреть из-за незнания физических характеристик среды.

Причина изменения блеска AS Жирафа не связана с ее двойственностью, так как на нее не влияет эксцентриситет орбиты. Понижение ветви II-I между минимумами (эта ветвь лежит в области апоастро) не может быть отнесено ни к одному из известных эффектов близости. Мы отнесли его также к эффекту поглощения. Такого характера эффект поглощения должен наблюдаться при расположении поглощающей материи в двойной системе, какое показано над нестабильными пятнами на рис. 4 (Боцула, в печати). Это постепенное понижение восходящей ветви II и нисходящей ветви I к ветви II-I между минимумами, отчего понижается вся ветвь II-I, а середины минимумов несколько смещаются навстречу друг другу, что и наблюдается.

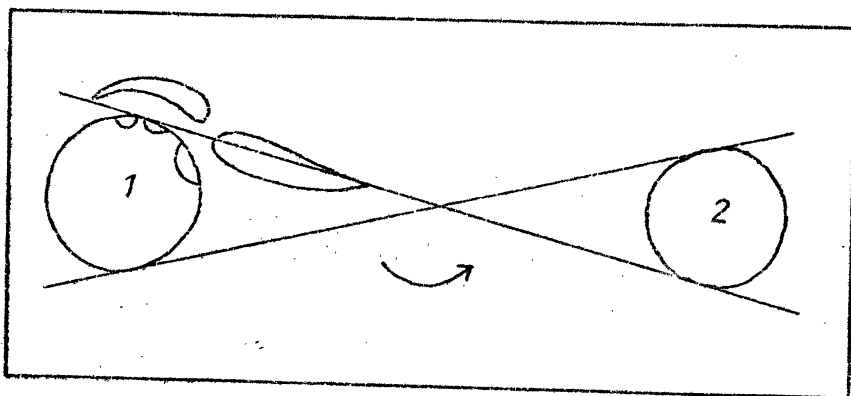


Рис. 4. Расположение поглощающей материи и пятен на поверхности главной звезды на плане системы. Стрелкой обозначено направление орбитального движения, а касательными прямыми — направление луча зрения с контактов.

Возможно, что и флуктуации блеска на участке II-I, если они реальны, связаны с поглощающей материей. Эта ветвь кажется вообще более неустойчивой.

Хотя при построении модели не было сделано никаких предвзятых предположений о ее структуре, а принимались во внимание лишь наблюдения, модель по всем характеристикам оказалась очень похожей на модель газовой среды в полуразделенных системах, если предположить, что газ истекает из спутника и образует яркие пятна на поверхности главной звезды. Сходство картин, по-видимому, объясняется общностью динамики межкомпонентного газа.

Происхождение пятен неясно, так же, как и причина истечения газа из них. В этом интервале спектральных классов находятся магнитные звезды, для которых развита гипотеза пятнистости. Правда, никаких спектральных особенностей у AS Жирафа пока не обнаружено. Гильдиц только отмечает, что у главной звезды линия K Ca II очень

слаба. Это характеризует и магнитные звезды. Возможно, главная компонента имеет магнитное поле, не столь сильное, как у магнитных звезд, но проявляющее себя косвенно в появлении пятен и выбросе газов.

Согласно отношению поверхностных яркостей, температура спутника падает с уменьшением длины волны, если температуру главной звезды принять постоянной. Возможно, это объясняется увеличением яркости нестационарной главной звезды к ультрафиолету. Можно представить себе, что на поверхности ее есть и другие, не заглаживающиеся для нас и не проявляющие себя в кривой блеска столь явно горячие области. Желательно было бы изучить спектр AS Жирафа фотометрически.

Таблица 1

	$1-\lambda_1$	$1-\lambda_{II}$	$P_{H_{\beta}}$
V	0.4166	0.2940	0.4375
B	0.4351	0.2907	0.4383
U	0.4669	0.2566	0.4383

Таблица 2

Элемент	V	B	U	Средн.
r_1	0.148 ± 2	0.148 ± 2	0.149 ± 2	0.148 ± 2
r_2	0.110 ± 1	0.112 ± 1	0.114 ± 1	0.112 ± 1
i	88°13' ± 19	88°14' ± 20	88°10' ± 16	88°13' ± 19
e	0.140 ± 2	0.141 ± 2	0.145 ± 4	0.142 ± 2
ω	226°0 ± 0.6	227°0 ± 0.7	228°4 ± 1.2	226°9 ± 0.8
x_1	0.36 ± 10	0.46 ± 10	(0.4)	
x_2	0.46 ± 13	0.57 ± 12	(0.4)	
L_1	0.706 ± 2	0.709 ± 2	0.746 ± 2	
I_1/I_2	1.334 ± 25	1.397 ± 26	1.727 ± 40	
T_1	12300°	12300°	12300°	12300°
T_2	14440°	11198°	10635°	11182°
Sp ₁	B 8.5	B 8.5	B 8.5	B 8.5
Sp ₂	B 9.5	A 0	A 0.5	A 0

Таблица 3

M_1	3.31 $\odot$	R_1	2.55 $\odot$
M_2	2.51 $\odot$	R_2	1.93 $\odot$
a 11.97 $\cdot 10^6$ км			

Литература:

Боцула Р.А., Изв. АОЭ 45, в печати.

Гюльмен и др., 1976 — Gulmen Ö., Ibanoglu C., Bozkurt S., Cüdür N..

IBVS No 1090.

- Гильдич, 1972a — Hilditch R.W., Mem. Roy. Astr. Soc. **76**, p.1, 1.
Гильдич, 1972b — Hilditch R.W., Publ. ASP **84**, No 500, 519.
Клингесмит, Собеский, 1970, — Klingsmith D.A., Sobieski S.,
AJ **75**, 175.
Лавров М.И., 1976, ПЗ, Приложение **2**, № 11, 349.
Рубашевский А.А., 1976, Астрометрия и астрофизика **28**, 89.

Астрономическая обсерватория
им. Энгельгардта

*Поступила в редакцию
17 апреля 1978 г.*