

УДК 520.823.054—524.338.5

Исследование переменности V 351 Ori**I. Наблюдения**

Г. У. Ковальчук

Полученные в 1979—1983 гг. в течение 103 ночей фотоэлектрические UBVR_I оценки блеска показали наличие в изменениях яркости переменной периодов активного и спокойного состояний. В нормальном состоянии звезда показывает изменения блеска с амплитудой до $0,3^m$ (V). Зарегистрированы ослабления блеска переменной на $\sim 2^m$ (V), сопровождающиеся заметными и специфическими вариациями цветов. Приводится краткая история исследования переменной звезды.

INVESTIGATION OF V351 Ori VARIABILITY. I. THE OBSERVATIONS, by Koval'chuk G. U.—The photoelectric estimates of brightness obtained during 103 nights showed the periods of quiet and active stages in light variations. At normal state the variable shows light variations with an amplitude up to 0.3^m . The weakenings of the variable light by 2^m (V) are noted. They are accompanied by noticeable colour changes. A brief history of the variable star is presented.

Введение. В настоящее время не вызывает сомнений тот факт, что переменность большинства неправильных переменных и их тесная связь с областями активного звездообразования, O- и T-ассоциациями, а также диффузными туманностями — явления взаимообусловленные (для каждого из этих образований характерной особенностью является наличие значительного количества пыли). Более того, в ряде работ [8—10, 17—20, 26, 27] было показано, что в создании фотометрической переменности некоторых быстрых неправильных с алголеподобными ослаблениями блеска (именуемых в дальнейшем антивспыхивающими звездами — АВЗ) и подобных им объектов заметную роль играет околозвездная пыль, появление которой в окрестностях звезды вызвано проявлением нестационарных процессов в недрах и на поверхности звезды. Однако вследствие относительно низких температур околозвездной пыли, все характерные спектральные особенности ее излучения проявляются только в ближней и дальней частях инфракрасной области спектра, а в видимом диапазоне влияние пыли сказывается на непрерывном спектре в виде изменений спектрального состава приходящего от звезды излучения, подвергшегося влиянию пыли.

Таким образом, при изучении этих объектов в видимой области спектра очень информативным становится фотометрический метод исследования. Кроме того, для ряда АВЗ получена двузначная зависимость «величина — цвет», интерпретация которой в рамках существующих моделей связана со значительными трудностями. Поэтому была поставлена задача — для некоторых звезд, включенных в список кандидатов в АВЗ и фотометрически неизученных [24], получить цветовые характеристики в нормальном состоянии и их вариации в процессе изменения блеска.

Методика наблюдений. В данной работе представлены результаты наблюдений переменной звезды V 351 Ori = BD + 0° 1170 = HD 38238 = 280.1934 (A7 III), открытой Хоффмейстером в 1934 г. [21] и отмеченной им по наблюдавшимся четырем минимумам к типу Алголя. Полученные в течение последующих 20 лет фотографические наблюдения обнаружили быструю неправильную переменность [1, 13]. Шён [25] подчеркнул сходство ее фотометрических характеристик с характеристи-

ками переменной VH Сер, а Ланге (см. [6]) уточнил пределы изменения блеска — 8.3^m — 11.6^m . Видимое расположение переменной в районе темной туманности № 318 по каталогу Хавтаси [14] послужило основанием для отнесения ее к разряду «связанные с диффузными туманностями или наблюдаемые в районе таких туманностей» и включения в состав ассоциации Ogi T-3 [16]. В ОКПЗ [6] тип переменности — *Inas*.

Наши наблюдения получены на телескопе АЗТ-14 ($D=50$ см), установленном на ВНБ «Терскол» ГАО АН УССР (Северный Кавказ, $H=3100$ м над у. м.). Использовался электрофотометр АЭФ-2, одноканальный, автоматический, работающий в режиме счета фотонов. Фотоумножитель — ФЭУ-79, неохлаждаемый, с термостабилизацией. Фотометр снабжен набором стеклянных светофильтров, позволяющих с фотокатодом S-20 фотоумножителя реализовать фотометрическую систему, близкую к системе *UBVRI* Джонсона [22]. Блок-схема электрофотометра АЭФ-2 и кривые реакции инструментальной фотометрической системы *UBVRI* приведены в работе [5]. Там же приводятся результаты определения области линейности приемно-регистрирующего тракта электрофотометра, дано описание методики учета экстинкции и приведены графики для перевода результатов наблюдений из инструментальной фотометрической системы в международную (стандартную) систему.

Звездой сравнения для V 351 Ori служила звезда BD+0°1171, контрольной — BD —0°1067. Основные данные о них приведены в табл. 2 и 3 работы [5]. В процессе наблюдений контрольная звезда и звезда сравнения измерялись, по меньшей мере, один раз в ночь, а при длительных рядах наблюдений — несколько раз в ночь с интервалом в 20—30 минут. Обычно в ночь делалось 2—3 оценки блеска переменной. В течение нескольких ночей получены длительные ряды многоцветных наблюдений с целью выявления характерных особенностей изменения блеска и цветов переменной в нормальном состоянии и в состоянии ослабленного блеска. Для изучения короткопериодической составляющей изменений блеска наблюдения проводились в режиме непрерывного слежения, при котором в одном из фильтров поочередно в течение 30—40 минут наблюдались переменная и звезда сравнения. О точности наблюдений можно косвенным образом судить по ошибкам определения разности [(звезда сравнения) — (звезда контрольная)] для V 351 Ori, полученным, с целью контроля постоянства звезды сравнения, в течение 97 ночей в 1979—1983 гг. (140 оценок): $\sigma_U=0.004^m$; $\sigma_B=0.003^m$; $\sigma_V=0.002^m$; $\sigma_R=0.002^m$; $\sigma_I=0.002^m$.

Результаты наблюдений. В период J. D. 2444212—2445641 в течение 103 ночей получена 421 оценка (в пяти фильтрах) блеска переменной в разных состояниях — в нормальном, в минимуме, на нисходящей и на восходящей ветвях минимума. Редуцированные в систему *UBVRI* величины и цвета переменной приведены в табл. 4 работы [5]. В данной работе на рис. 1 приведены среднесуточные значения величины V и цветов $U-B$, $B-V$, $V-R$, $V-I$ (для ночей, в которые блеск звезды испытывал значительные изменения, использованы значения, соответствующие самому слабому блеску).

Нормальное состояние. В состоянии максимального блеска звезда показывает неправильные изменения яркости с амплитудой до 0.3^m (рис. 1). Отмечены значительные изменения цветов $U-B$, $B-V$, $V-R$, $V-I$, не коррелирующие друг с другом и с изменениями блеска, причем амплитуда вариаций цвета $U-B$ больше амплитуды изменений цветов $B-V$, $V-R$, $V-I$. Подобная картина наблюдается и в те ночи, когда блеск звезды контролировался в течение 20—40 минут, однако в этом случае мы уверенно можем говорить о существовании квазициклической переменности с амплитудами до 0.2^m и характерными временами в несколько десятков минут (рис. 2). Связь изменений цветов с изменениями блеска носит неоднозначный характер: строго синхрон-

ные изменения величины V и цветов $U-B$, $B-V$, $V-R$, $V-I$ ($J.D. 2445217$, рис. 3) сменяется изменениями блеска, не показывающими заметной корреляции с вариациями цветов ($J.D. 2445233$), и измене-

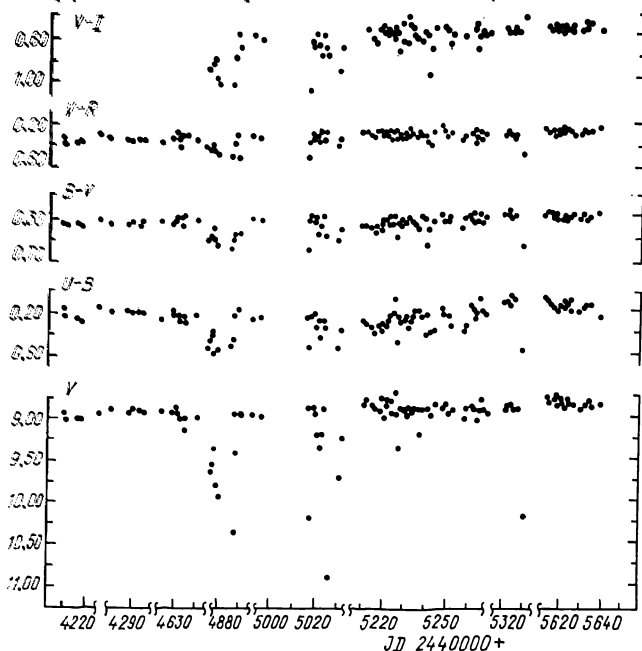


Рис. 1. Кривая блеска переменной V351 Ori за 1979—1983 гг.

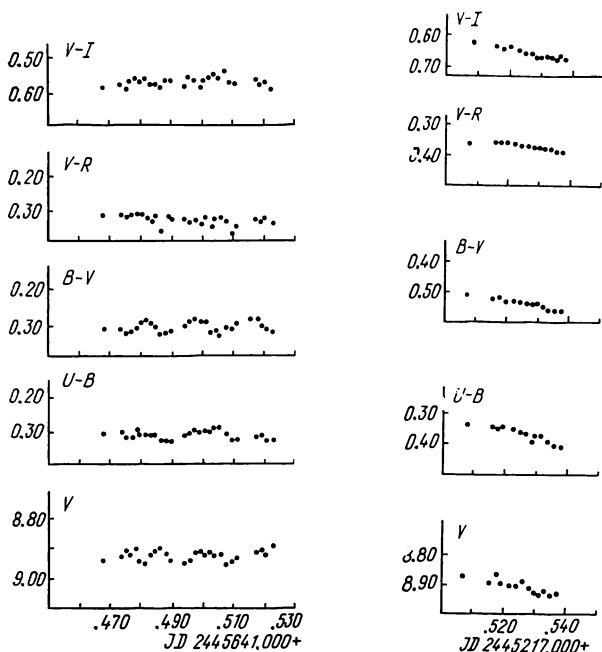


Рис. 2. Изменения блеска и показателей цвета V351 Ori в нормальном состоянии

Рис. 3. Изменения блеска и показателей цвета V351 Ori в нормальном состоянии

ниями цвета $B-V$ в противофазе с изменениями цвета $U-B$ ($J.D. 2445234$, рис. 4). Как правило, амплитуда изменений блеска растет в ультрафиолетовую область спектра. Особенно заметно это в ночь, предшествовавшую минимуму ($J.D. 2445241$, рис. 4): $\Delta U=2.5 \Delta V$; $\Delta B=1.8 \Delta V$; $\Delta R=1.8 \Delta V$; $\Delta I=2.5 \Delta V$.

Ослабленное состояние. С использованием среднесуточных значений блеска переменной в фильтре V была построена гистограмма распределения блеска за весь период наблюдений (рис. 5). В области значений блеска, близких к максимальному (т. е. в области нормального состояния звезды) распределение звездных величин допускает возможность аппроксимации его нормальным случайным законом

$$\varphi_m = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \exp \left\{ -\frac{(m_i - m_n)^2}{2\sigma_0^2} \right\},$$

где m_n — модальное значение гистограммы, m_i — случайное значение блеска, σ_0 — параметр нормального распределения (σ_0 и m_n приведены на рис. 5).

По методике, предложенной в работе [7], был вычислен индекс фотометрической активности K , равный 20 %. Величина его, несомненно, отражает тот факт, что переменная проводит значительную часть времени в состоянии, заметно отличающемся от нормального. Действительно, из рис. 1 видно, что в период с $J.D. 2444875$ по $J.D. 2444879$ звезда постоянно находилась в ослабленном состоянии — своего рода продолжительный минимум длительностью не менее 5 дней, причем блеск ее за это время изменился только на 0.58^m (факт суще-

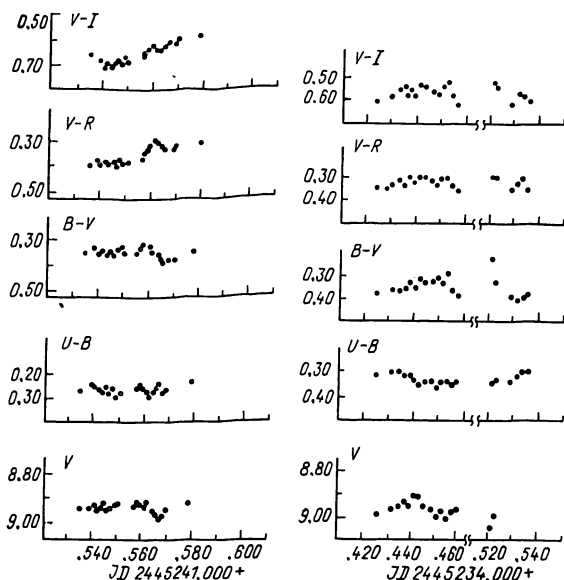


Рис. 4. Изменения блеска и показателей цвета V351 Ori в нормальном состоянии

ствования продолжительных минимумов подтверждается и фотографическими наблюдениями [13]). Более того, через 7 дней звезда была обнаружена в состоянии на $1.7^m(V)$ слабее своего обычного, но после этого уже через 2^d достигла нормального блеска и, по меньшей мере, в течение 2^d сохранила его. Подобная картина, не столь резко выявленная, наблюдалась и в период с $J.D. 2445019$ по $J.D. 2445027$. Однако за 17 дней непрерывного слежения с $J.D. 2445219$ по $J.D. 2445235$ звезда только однажды, $J.D. 2445228$, уменьшила блеск на 0.4^m . В течение последующих 44 ночей, из них 27 наблюдательных, вплоть до $J.D. 2445270$, только в одну ночь ($J.D. 2445242$) удалось зарегистрировать уменьшение блеска звезды на $1.60(V)$. Удивительно спокойным был период с $J.D. 2445616$ по $J.D. 2445641$: амплитуда изменения величины V за это время не превышала 0.12^m при практически неизменных показателях цвета $U-B$, $B-V$, $V-R$, $V-I$; только в одну ночь ($J.D. 2445641$) показатель цвета $U-B$ возрос по сравнению с предыдущими ночами на 0.15^m .

Поскольку объяснить наблюдаемую картину изменений блеска переменной только явлением временной селекции наблюдений довольно затруднительно, напрашивается второе предположение — о существовании временной нестационарности переменности — явление уже отмечавшееся для ряда АВЗ — SU Aur [10—12]; IP Per [3, 28]; BO Cep [4, 23, 29] и родственных им объектов — T Tau [15]; R Cr B [2, 7].

Начало ослабления блеска. На этой стадии изменения блеска переменную удалось наблюдать только дважды, причем в обоих случаях—начальный момент ухода в минимум (рис. 6). В ночь *J.D.* 2445238 за время наблюдений (90 мин) блеск переменной уменьшился в фильтре *V* на 0.166^m при увеличении показателей цвета *U—B*, *B—V*, *V—R*, *V—I* на 0.122^m , 0.046^m , 0.023^m и 0.054^m соответственно. Такая же картина наблюдалась и в ночь *J.D.* 2445228, только здесь уменьшение блеска в фильтре *V* на 0.119^m в течение 20 мин привело к покраснению звезды на 0.113^m (*B—V*), а дальнейшее ослабление блеска переменной на

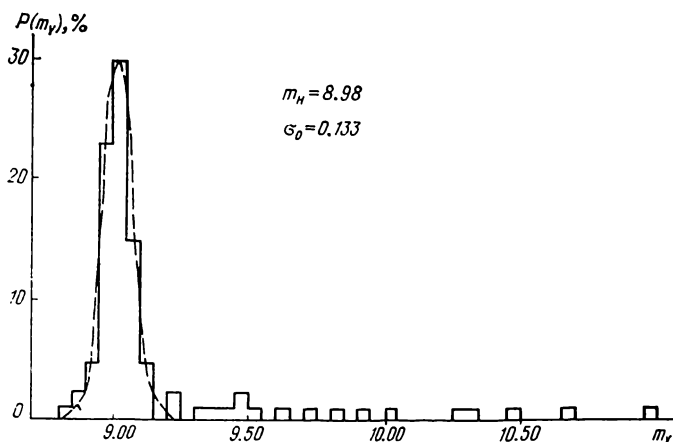


Рис. 5. Гистограмма распределения блеска V351 Ori.

0.14^m в течение 23 мин сопровождалось уменьшением показателя цвета *B—V* на 0.025^m . Синхронно с цветом *B—V* изменялись и цвета *U—B*, *V—R*, *V—I* примерно с теми же амплитудами (рис. 6). Как и в состоянии с нормальным блеском, амплитуда изменения блеска растет с уменьшением длины волны принимаемого излучения:

$$J. D. 2445228: U = 0.500^m; \quad B = 0.328^m; \quad V = 0.209^m; \quad R = 0.149^m; \\ I = 0.113^m.$$

$$J. D. 2445238: U = 0.334^m; \quad B = 0.212^m; \quad V = 0.166^m; \quad R = 0.143^m; \\ I = 0.112^m.$$

Минимум. В самом слабом за все время наблюдений состоянии звезда находилась в ночь *J.D.* 2445027, а сам момент наблюдений, по-видимому, приходится на заключительную фазу вхождения в минимум. Цветовые характеристики переменной в этом состоянии и по скорости, и по направленности изменения разительно отличаются от аналогичных на ранних стадиях ослабления блеска. В течение наблюдений (20 мин) при общем ослаблении блеска в фильтре *V* показатели цвета *U—B*, *B—V*, *V—R*, *V—I* уменьшились на 0.086^m , 0.042^m , 0.057^m , 0.136^m соответственно—звезда становилась голубее при уменьшении блеска. Скорость изменения блеска в состоянии близ минимума 0.51^m час^{-1} значительно больше скорости изменения его для фаз вхождения в минимум— 0.11^m час^{-1} (*J.D.* 2445238) и 0.33^m час^{-1} (*J.D.* 2445228).

Выход из минимума. В состоянии, близком к минимальному, звезда находилась и в ночь *J. D.* 2445242. Скорее всего в этот момент уже начался выход звезды из минимума, хотя в фильтре *U* блеск звезды в начальный момент наблюдений продолжал еще уменьшаться (рис. 7). В фильтре *V* в течение первых 110 мин наблюдений увеличение блеска на 0.19^m сопровождалось увеличением цветов *U—B*, *B—V*, *V—R*, *V—I*

на 0.26^m , 0.12^m , 0.15^m и 0.17^m соответственно (при этом блеск переменной в фильтре U уменьшился на 0.18^m). Характер вариаций блеска в последующие 60 мин не изменился — продолжалось увеличение блеска в фильтре V при незначительном (до 0.03) увеличении показателей цвета $U-B$, $B-V$, $V-R$, $V-I$. Однако в течение этого последнего часа на фоне монотонного и медленного — скорость 0.14^m час^{-1} — увеличения блеска в B , V , R , I фильтрах произошло внезапное возрастание яркости вспышечного характера, амплитуда которого во всех фильтрах, за исключением U , примерно равна 0.2^m , а в ультрафиолете достигает

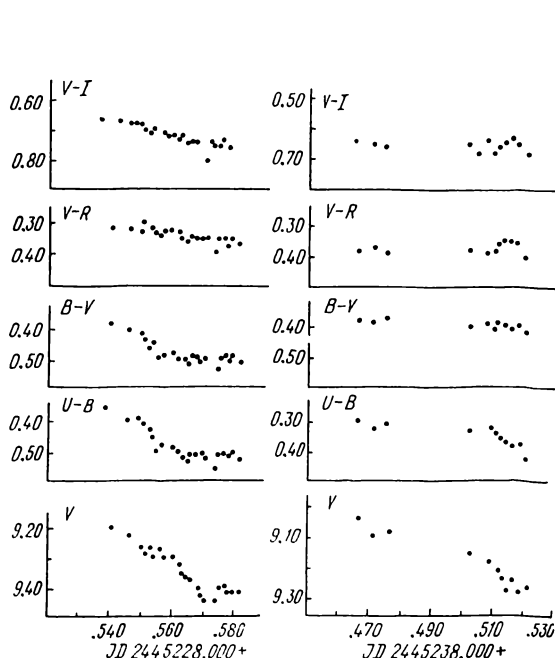
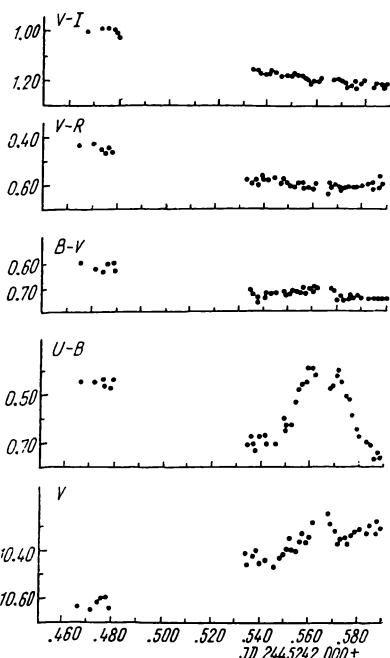


Рис. 6. Изменения блеска и показателей цвета V351 Ori на начальной стадии вхождения в минимум

Рис. 7. Изменения блеска и показателей цвета V351 Ori при выходе из минимума



0.5^m . Результатом столь необычного поведения звезды было постоянство показателей цвета $B-V$, $V-R$, $V-I$ в течение всего времени развития и угасания этой вспышки (термин «вспышка» здесь использован только для феноменологического описания происходящего и никоим образом не подчеркивает его сходства с типичными вспышками красных карликовых звезд типа UV Cet). Показатель цвета $U-B$ за это время уменьшился на 0.3^m и к концу вспышки снова увеличился до 0.75^m — вспышка не оказала никакого влияния на характер дальнейших изменений блеска переменной. Следует отметить тот факт, что скорость изменения блеска на начальной стадии выхода из минимума (0.11^m час^{-1}) совпадает со скоростью падения блеска на заключительной стадии вхождения в минимум ($J.D. 2445238$, 0.11^m час^{-1}). Но с учетом того обстоятельства, что уже в следующую ночь звезда находилась в своем нормальном состоянии, нижний предел скорости изменения блеска при выходе из минимума составляет 0.068^m час^{-1} .

В ночь $J.D. 2445381$ блеск переменной уменьшился на $1.4^m (V)$ по сравнению с предыдущими ночами, однако вопрос о направленности изменения блеска — вхождение в минимум или, наоборот, выход из минимума — остается открытым.

1. *Васильяновская О. П.* О семнадцати неисследованных переменных.— Астрон. циркуляр, 1955, № 157, с. 17—19.
2. *Жиляев Б. Е., Орлов М. Я., Пугач А. Ф. и др.* Звезды типа R Северной Короны.— Киев: Наук. думка, 1978.— 128 с.
3. *Зданчук И. Г.* Анализ блеска 4-х переменных звезд типа RW Aur.— Перемен. звезды, 1971, 17, с. 681—687.
4. *Кардаполов В. И., Шутемова Н. А.* Фотоэлектрические наблюдения BO Cep.— Перемен. звезды, 1980, 21, с. 305—309.
5. *Ковальчук Г. У.* Результаты наблюдений переменных звезд V 346 Ori и V 351 Ori. Рукопись деп. в ВИНТИ 10.04.84, № 2159—84 Деп.
6. *Кукаркин Б. В., Холопов П. Н., Ефремов Ю. Н. и др.* Общий каталог переменных звезд.— М., 1969.— 474 с.
7. *Пугач А. Ф.* О фотометрических особенностях звезд R Cr B.— Перемен. звезды, 1977, 20, с. 391—401.
8. *Пугач А. Ф.* О фотометрической переменности VX Cas.— Астрометрия и астрофизика, 1979, вып. 39, с. 8—11.
9. *Пугач А. Ф.* Феноменологическая модель Rz Psc.— Астрофизика, 1981, 17, с. 87—95.
10. *Пугач А. Ф.* К вопросу об интерпретации многоцветных наблюдений быстрых неправильных переменных звезд с непериодическими ослаблениями блеска.— Астрофизика, 1983, 19, с. 739—746.
11. *Тимошенко Л. В.* О колебаниях среднего блеска SU Aur.— Астрон. циркуляр, 1981, № 1185, с. 7—8.
12. *Тимошенко Л. В.* Анализ краевой блеска SU Aur за 1900—1979 гг.— Астрофизика, 1981, 17, с. 727—733.
13. *Филин А. Я.* О трех неисследованных переменных.— Астрон. циркуляр, 1951, № 111, с. 11.
14. *Хавтаси Дж. Ш.* Атлас галактических темных туманностей.— Тбилиси, 1960.— 6 с.
15. *Холопов П. Н.* Неправильные переменные, связанные с туманностями, и исходные с ними объекты.— В кн.: Эруптивные звезды. М.: Наука, 1980, с. 241—306.
16. *Холопов П. Н.* Пересмотренный список Т-ассоциаций.— Астрон. журн., 1959, 36, с. 295—304.
17. *Andersen J., Gahm G.* On the properties of the circumstellar matter around the bright young variable shell star HR 5999.— Astron. and Astrophys., 1982, 113, p. 176—177.
18. *Gahm G. F., Nordh H. L., Olofsson S. G.* The T Tau star LU Lupi and its circumstellar surrounding.— Icarus, 1975, 24, N 3, p. 378—386.
19. *Gahm G. F., Nordh H. L., Olofsson S. G., Carlborg N. C. J.* Simultaneous spectroscopic and photoelectric observations of T Tau star RU Lupi.— Astron. and Astrophys., 1974, 33, p. 399—411.
20. *Hackwell J. A.* Dust formation around HD 193793.— Astrophys. J., 1979, 234, p. 133—139.
21. *Hoffmeister G.* 132 neue Veränderliche.— Astron. Nachr., 1934, 253, N 6058, p. 194.
22. *Johnson H. L.* Atmospheric extinction corrections in the infrared.— Commun. Lunar and Planet. Lab., 1965, 3, p. 67—71.
23. *Kovalchuk G. U., Pugach A. F.* On the variability of BO Cep.— Mitt. Veränderl. Sterne, 1980, 8, p. 129—132.
24. *Pugach A. F.* The so-called antflare stars.— In: Variable stars and stellar evolution: IAU Symposium N 67, V. Sherwood and L. Plaut, eds. (Dordrecht: Reidel), 144.
25. *Shöne M.* 280. 1934 Ori (Prager—Katalog Nr. 2789.—Mitt. Veränderl. Sterne, N 139, p. 1.
26. *Smyth M. J., Dean J. F., Robertson S. C.* Multicolour photometry and the dust shell of HR 5999.— Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 1979, 187, 29p—33p.
27. *Walker M. F.* Simultaneous spectroscopic and photometric observations of BM And.— Publ. Astron. Soc. Pac., 1980, 92, p. 66—72.
28. *Wenzel W.* Photoelectric observations and extinction of the irregular variable IP Per.— Mitt. Veränderl. Sterne, 1978, 8, p. 53—59.
29. *Wenzel W., Bruckner V.* Photoelectric observations and extinction of the irregular variable stars BO and BH Cep.— Mitt. Veränderl. Sterne, 1978, 8, p. 35—44.