

УДК 520.823.054—524.338.5

Исследование переменности V 351 Ori.

II. Анализ основных закономерностей изменения блеска и цвета

Г. У. Ковальчук

В работе проведен анализ основных закономерностей изменения блеска и цвета переменной V 351 Ori. Основной процесс переменности — глобальные ослабления блеска с амплитудой до 2^m (V), сопровождающиеся заметными изменениями цвета — покраснением звезды на начальных этапах уменьшения блеска и последующим поглублением ее при дальнейшем уменьшении блеска до минимального. На основе анализа диаграммы «цвет—величина» получены оптические характеристики околозвездного вещества, которые практически полностью совпадают с таковыми межзвездного вещества в видимой области спектра. В ультрафиолетовой области околозвездное вещество обладает повышенной поглощательной способностью, а зависимость коэффициента поглощения околозвездного вещества в области длин волн $360 < \lambda < 880$ нм имеет вид: $\kappa \propto \lambda^{-1.4}$. Определение расстояния до переменной подтвердило вывод о принадлежности переменной V 351 Ori к ассоциации Ori T-3.

INVESTIGATION OF V351 Ori VARIABILITY. II. ANALYSIS OF THE BASIC PECULIARITIES OF A LIGHT AND COLOUR VARIATIONS, by Koval'chuk G. U.—The basic peculiarities of light and colour variations of irregular variable V351 Ori are analysed. The global decreasing of brightness up to $\Delta V=2^m$ is the main process of variability. It is accompanied by the noticeable colour variations, namely, by the reddening of the star on the initial stages of light decrease and by its further «blueing» when the star goes to the minimum. On the basis of «colour-magnitude» analysis the optical properties of circumstellar matter are obtained. They are in agreement with optical properties of interstellar medium in the BVR bands. Circumstellar dust absorption in UV is larger in comparison with interstellar matter. The wavelength dependence of circumstellar matter absorption is $\kappa \propto \lambda^{-1.4}$. The determination of the distance of V351 Ori confirms its belonging to the association Ori T-3.

В ч. I данной работы [9] подробно описывается наблюдательный материал, полученный в течение 1979—1983 гг. для неправильной переменной V351 Ori. Данная статья посвящена анализу основных закономерностей изменения блеска, установлению соответствия их модельным представлениям о принятом нами механизме переменности, а также определению оптических свойств околозвездной пыли.

Определение расстояния до переменной. После нанесения на двухцветную диаграмму полученных из наблюдений (в нормальном состоянии звезды) показателей цвета $U-B$ и $B-V$ оказалось, что переменная располагается ниже главной последовательности. Для учета межзвездного поглощения мы воспользовались полученными из наблюдений значениями величины V и цвета $B-V$ (соответственно 8.98^m и 0.35^m в нормальном состоянии), а также взятым из [1] значением абсолютной звездной величины для звезды A7 III, равным $+0.80^m$, и получили модуль расстояния 8.18^m . Приняв значение отношения полного поглощения к селективному $R=3.2$, получаем расстояние до звезды $r=350$ пс (для звезды A7 III нормальный показатель цвета $(B-V)_0$ принят равным 0.20^m). Полученное нами при таких предположениях значение расстояния до переменной хорошо согласуется с определениями расстояния до ассоциации Ori T-3 (400 пс) и ассоциации Ori OB-1 ($345 \pm \pm 15$ пс) [18, 19]. С использованием расстояния до ассоциации Ori T-3 и данных Шарова о распределении поглощения в галактической плоскости [21] было получено независимым образом значение избытка цвета для переменной, равное 0.14^m . После исправления наблюдаемых цветов за межзвездное поглощение переменная на двухцветной диаграмме занимает место в соответствии со своим спектральным классом и

классом светимости (A7 III), а на диаграмме Герцшпрунга—Рессела переменная располагается в пределах Т-полосы, границы которой определены согласно Холопову [17]. Таким образом, принадлежность V 351 Ori к ассоциации Ori OB-1 не должна вызывать сомнений, а это приводит нас к важному выводу о возрасте переменной — около $3 \cdot 10^6$ лет (возраст скопления) [20].

Диаграмма цвет — величина. По среднесуточным значениям величины V и показателей цвета $U-B$, $B-V$, $V-R$ были построены диаграммы «показатель цвета — величина» (в дальнейшем для краткости вместо выражения «показатель цвета» мы будем пользоваться выражением «цвет»), которые оказались похожими на полученные ранее разными авторами диаграммы «цвет — величина» для ряда неправильных переменных звезд — VX Cas [12], RZ Psc [14], WW Vul [13, 15], UX Ori [5], CO Ori [24, 25].

Более того, в рамках развитой в работах [14, 15] модели переменности антивспыхивающих звезд (АВЗ) удалось довольно успешно интерпретировать подобный вид зависимости «цвет — величина» и даже получить некоторые количественные характеристики, определяющие процесс переменности звезды.

Основная предпосылка примененного в работе метода: глобальные ослабления блеска (антивспышки) обусловлены появлением между наблюдателем и фотосферой звезды слоя поглощающего вещества. Подобный эффект экранирования предлагался для объяснения феномена переменности звезд типа RCB [30—32], однако специфика использования его здесь заключается в том, что появление слоя поглощающего вещества происходит в области между фотосферой звезды и источником дополнительного излучения — своего рода хромосферой. (Факт наличия дополнительного ультрафиолетового излучения у АВЗ и звезд типа RW Aur установлен уверенно [10, 11, 16, 22, 23, 35]). В рассматриваемой модели дополнительное излучение начинает эффективно сказываться только на определенной стадии развития антивспышки — когда появившееся облако (облака) поглощающего вещества настолько ослабляет блеск звезды, что незаметное в состоянии нормального блеска (и составляющее малую часть излучения фотосферы) дополнительное излучение начинает играть главную роль. Очевидно, что момент, когда на диаграмме «цвет — величина» в процессе уменьшения блеска покраснение звезды начинает сменяться ее поголубением, и соответствует времени начала эффективного влияния дополнительного излучения.

Отметим только, что по сравнению с [15] в данной работе, благодаря расширению спектрального участка наблюдений в красную область спектра (введение полосы R), удалось получить характеристики хромосферы и поглощающего вещества в красной области спектра. Не вдаваясь в детали расчетов, приведем только окончательные результаты вычислений (таблица). Определив для фотосферы величины I_U , I_B , I_V , I_R , а также соответствующие им значения для хромосферы i_U , i_B , i_V , i_R и τ_{Vmax} (обозначения те же, что и в работе [14]), можно рассчитать изменения цветов $U-B$, $B-V$, $V-R$ при изменении V в предположении об одинаковом характере поглощательных свойств околосредного (ответственного за изменение блеска звезды) и межзвездного вещества. На рис. 1 приведены расчетные и наблюдаемые зависимости $CI=f(V)$. Отметим, что цвета $B-V$, $V-R$, полученные при зависимости $\tau(\lambda)$, типичной для межзвездной среды, довольно хорошо согласуются с наблюдаемыми, в то время как характер зависимости $(U-B)=f(V)$ совпадает с наблюдаемым, а амплитуда изменения $(U-B)$ меньше наблюдаемой. Близкую к полученной из наблюдений зависимость изменения показателя цвета $(U-B)$ при изменении блеска удалось получить при значении $\tau_U=1.81 \tau_V$ (напомним, что для межзвездной среды $\tau_U=1.56 \tau_V$). Наблюдения показали заметное

отличие поглощательной способности в ультрафиолетовой области вещества, продолжительное время существующего в межзвездном пространстве, от поглощательной способности вещества, образующегося в ближайших окрестностях переменной звезды в процессе изменений, происходящих в ее недрах и на поверхности.

Кроме того, при предположении, что излучение фотосферы полностью поглощается облаком (облаками) поглощающего вещества (при $\tau \rightarrow \infty$), можно получить теоретические значения минимально

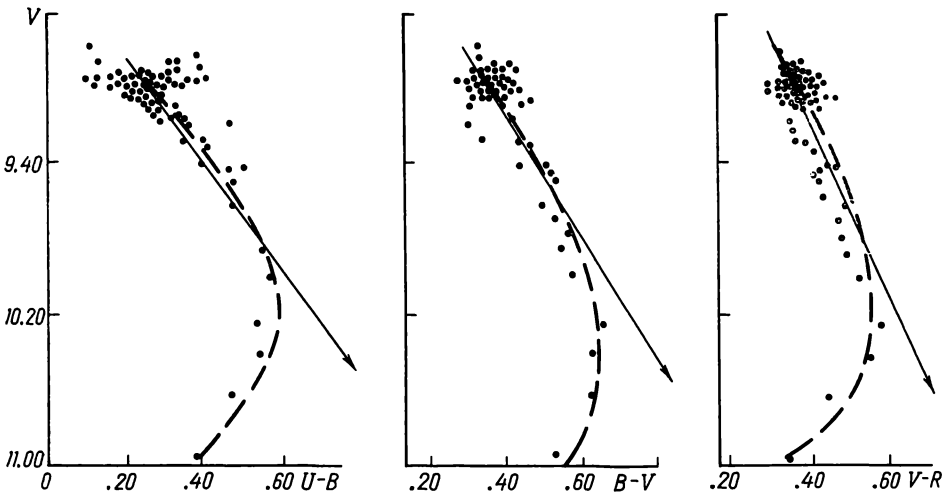


Рис. 1. Диаграмма «цвет—величина» для переменной V 351 Ori. ● — наблюдения; — — — — расчетная зависимость изменения цветов при изменении блеска в предположении закона межзвездного поглощения в полосах BVR и закона поглощения $\tau_U = 1.81 \tau_V$ в ультрафиолетовой области; ← — направление межзвездного покраснения

возможного блеска переменной (в этом случае блеск звезды определяется только излучением области источников дополнительного излучения, в нашей интерпретации — хромосферы). Цвета переменной при таком минимальном блеске будут цветами дополнительного излучения, характеризующими излучательную способность хромосферы в разных участках спектра. Их значения следующие: $(U-B)_{xp} = +0.13^m$, $(B-V)_{xp} = +0.11^m$, $(V-R)_{xp} = -0.14^m$. Теоретические значения минимально возможного блеска переменной приведены в таблице.

Результаты определения характеристик хромосферы

Параметр	U	B	V	R
$(m_{\max})_{\text{набл.}}$	9.53	9.31	8.98	8.63
$(m_{\min})_{\text{набл.}}$	11.81	11.44	10.94	10.63
A	0.62	0.53	0.40	0.30
$(m_{\max})_{\text{испр.}}$	8.91	8.78	8.58	8.43
$(m_{\min})_{\text{испр.}}$	11.19	10.91	10.54	10.33
I	0.5179	0.5899	0.7090	0.9148
i	0.0682	0.0769	0.0853	0.0752
τ (для межзвездной среды)	1.56	1.31	1.00	0.70
τ (для околозвездной пыли)	1.81	1.31	1.00	0.68
τ_{\max}	4.976	3.608	2.750	1.870
V_{lim}	12.46	12.11	11.66	11.80

Примечание: данные для закона поглощения в межзвездной среде взяты из работы [34].

Воспользовавшись приведенными в таблице значениями $\tau(\lambda)$, мы получили зависимость коэффициента поглощения околозвездного вещества от длины волны в полосах системы $UBVR$. Полученная зависимость имеет вид: $\kappa = A\lambda^{-1.4}$.

Подобная зависимость коэффициента поглощения околозвездного вещества от длины волны для антивспыхивающих звезд UX Ori, VX Cas, WW Vul была получена в [15], для звезды RZ Psc в [14], что, наряду с подобием морфологических, спектральных и фотометрических особенностей этих звезд, могло бы послужить основанием для выделения антивспыхивающих звезд в отдельную группировку класса эруптивных звезд.

Увеличение отношения $E(U-B)/E(B-V)$ для околозвездного вещества (по сравнению с аналогичным отношением для межзвездного вещества) можно интерпретировать как свидетельство существования в околозвездном веществе частиц, размеры которых существенно меньше, чем размеры частиц, длительное время существующих в межзвездном пространстве [4]. Согласно [8], вновь образовавшиеся частицы представляют собой диэлектрические частицы малого размера (преимущественно рассеивающие ультрафиолетовое излучение), образующиеся в первичном процессе и лишь потом, в ходе длительной космической «эволюции», вырастающие до размеров типичных частиц пылевого компонента межзвездной среды.

Соответствие изменений блеска модели АВЗ. Рассматривая соответствие изменений блеска и цветов переменной на разных стадиях кривой блеска, описанных в [9], модели переменности АВЗ, разработанной в [15], необходимо отметить следующие особенности.

1. При уменьшении блеска переменной (вхождение в минимум) изменения цветов $U-B$, $B-V$, $V-R$ полностью отражают процесс появления и развития между наблюдателем и фотосферой звезды слоя поглощающего вещества с оптическими характеристиками, близкими к характеристикам межзвездного вещества (на рис. 1 направление изменения цветов по закону межзвездного поглощения указано стрелкой).

2. Заключительная стадия вхождения в минимум, согласно используемой модели, должна сопровождаться уменьшением показателей цвета $U-B$, $B-V$, $V-R$ при уменьшении блеска, что мы и наблюдаем — на этой стадии в излучении звезды доминирует излучение хромосферы при почти полностью подавленном излучении фотосферы.

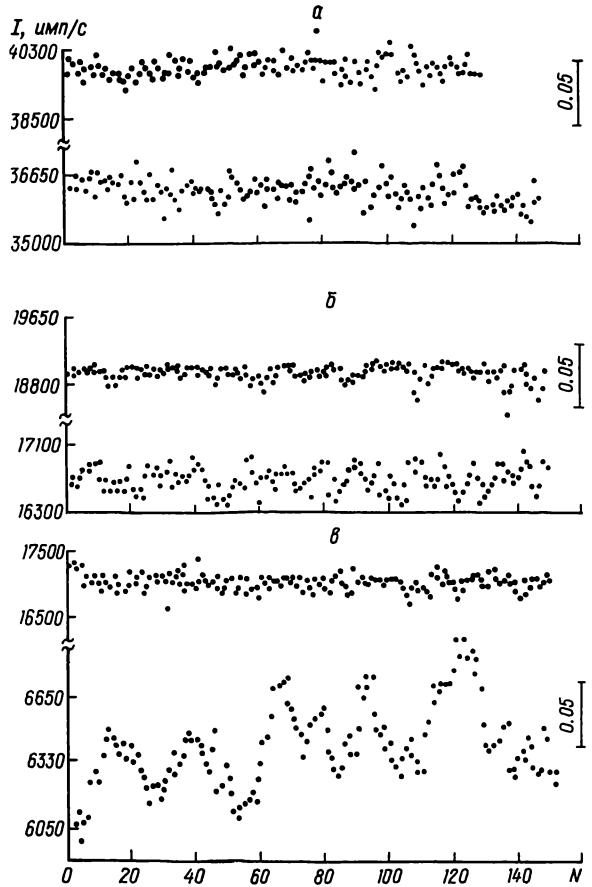
3. Процесс выхода из минимума удалось наблюдать только в его начальный момент — направленность изменений блеска и цветов переменной полностью соответствует модельным представлениям — вследствие диссипации поглощающего вещества доля излучения фотосферы в общем излучении звезды начинает увеличиваться, что ведет к увеличению показателей цвета. Однако появление на этой стадии очень голубого излучения вспышечноподобного характера существенно исказило общую картину изменения цветов.

4. Используемая модель не предполагает наличия пыли (по крайней мере, заметного ее количества) в моменты, когда звезда находится в нормальном состоянии. Поэтому все изменения блеска и цветов должны быть обусловлены только физическими процессами в фотосфере звезды. Действительно, все описанные в [9] изменения цветов носят явно тепловой характер и, скорее всего, отражают реальный факт существования в верхних слоях фотосферы (или в хромосфере) мелко-масштабных пространственно-временных вариаций интенсивности излучения.

В пользу этого предположения говорят и результаты исследования микропеременности — обнаруженной у ряда АВЗ и сходных с ними объектов квазициклической и циклической переменности с амплитудами до 0.1^m и характерными временами от десятков секунд до десятков минут или с периодами до десяти минут [6, 7, 10, 22, 27, 28, 33]. Ре-

зультаты исследования микропеременности у V 351 Ori будут изложены в отдельной статье. Однако здесь для иллюстрации реальности их существования приведены (на рис. 2) фрагменты рядов наблюдений в режиме непрерывного слежения переменной и звезды сравнения для трех дат. В нижней части каждого рисунка приведена кривая блеска переменной, а в верхней части — звезды сравнения, по оси абсцисс отложены временные интервалы, кратные 10.24 мин. Появление микропеременности, как правило, связано с глобальными ослаблениями блеска, и почти никогда ее не удавалось обнаружить в состоянии нормального блеска. Однозначность в отношении моментов появления микропеременности не дает столь однозначного ответа на вопрос о причине ее возникновения — обусловлено ли ее появление процессами перестройки на поверхности звезды при возникновении благоприятных условий для начала антивспышки или же на фоне общего ослабления блеска звезды подобные изменения выделяются более четко. В последнем случае, однако, область возникновения циклических или периодических

Рис. 2. Ряды наблюдений переменной и звезды сравнения в режиме непрерывного слежения, полученные в три разные ночи. *a* — при нормальном состоянии; *b* — при вхождении в минимум; *в* — в момент минимума



изменений блеска приходится локализовать над фотосферой, а точнее, между наблюдателем и пылевым слоем, вызывающим глобальное изменение блеска — антивспышку.

Вспышечно-подобное увеличение блеска переменной в минимуме блеска. Особого рассмотрения требует наблюдаемое в дату *J.D.* 2445242 вспышечноподобное увеличение блеска переменной (отметим, что в эту ночь звезда находилась вблизи минимального блеска). Детальное описание вспышки приводится в [26], здесь же мы попытаемся сравнить основные ее характеристики с таковыми для «классических» вспышечивающих звезд типа UV Cet.

1. Отношение энергий, излученных звездой за время вспышки в каждом из фильтров:

$$V351\text{ Ori: } E_U = 0.62E_B = 0.8E_V = 0.98E_R. \quad [29]$$

$$UV\text{ Cet: } E_U = (1.20 \pm 0.08) E_B = (1.79 \pm 0.15) E_V.$$

2. Амплитуды вспышек:

$$V351\text{ Ori: } \Delta U = 0.48^m; \Delta B = 0.18^m; \Delta V = 0.15^m; \Delta R = 0.15^m. \quad [2]$$

$$UV\text{ Cet: } \Delta U = 1.50^m; \Delta B = 0.30^m; \Delta V = 0.10^m.$$

3. Собственные цвета вспышки:

$$V351 Ori: (U - B)_f = -0.48^m; (B - V)_f = 0.53^m; (V - R)_f = 0.60^m;$$

$$(V - I)_f = 1.20^m. \quad [3]$$

$$UV Cet: (U - B)_f = -1.1^m \pm 0.2^m; (B - V)_f = 0.00^m \pm 0.3^m.$$

4. Согласно [3], у звезды K0 в среднем во время вспышки в полосе B выделяется $2 \cdot 10^{-4}$ стационарного излучения звезды. Для наблюдавшейся нами вспышки в полосе B выделилось $6.9 \cdot 10^{-2}$ излучения всей звезды. Однако в полосе U переменная V 351 Ori за время вспышки выделила четвертую часть энергии, излученной звездой за это же время.

5. Полное количество энергии, излученной V 351 Ori за время вспышки, почти на два порядка превышает полное излучение самых мощных вспышек переменных UV Cet, а светимость ее в максимуме вспышки также в два раза превышает аналогичный показатель для красных карликов. К тому же и сама форма вспышки V 351 Ori, особенно в ультрафиолетовой области, сильно отличается от вспышек звезд типа UV Cet.

Выводы. 1. V351 Ori — типичная активспыхивающая звезда. Основной процесс переменности — нерегулярные ослабления блеска, амплитуда которых достигает 2^m в видимой области и увеличивается в ультрафиолетовую область спектра, а длительность — от нескольких часов до нескольких суток. Возможно чередование периодов повышенной активности и периодов относительного спокойствия. В состоянии максимального блеска звезда показывает неправильные изменения с амплитудой до 0.3^m и характерными временами до нескольких десятков минут. На порядок меньше характерные времена и, возможно, даже периоды квазициклических и периодических вариаций блеска с амплитудами до 0.1^m , существующие, как правило, в периоды пониженного блеска и, возможно, в состоянии нормального блеска, но с гораздо меньшими амплитудами.

2. Изменения цветов переменной, находящейся в нормальном состоянии, вполне соответствуют результатам действия происходящих в недрах и на поверхности звезды физических процессов. На стадиях от начала уменьшения блеска и до некоторого критического момента излучение звезды становится более красным при уменьшении блеска, что приписывается действию образовавшейся в окрестностях звезды пыли. Дальнейшее уменьшение блеска сопровождается значительным увеличением в составе излучения дополнительной эмиссии, достигающей по мощности до 10 % общего излучения звезды в нормальном состоянии. В модели переменности, основанной на результатах анализа зависимости «цвет — величина», предполагается наличие у звезды A7 III области источников дополнительного излучения — образования, подобного солнечной хромосфере, но несравненно более мощного, особенно в ультрафиолетовой области спектра.

3. Вычисленные значения оптической толщи околозвездного поглощающего вещества в разных участках спектра показали практически полное совпадение его поглощательных свойств с таковыми для межзвездной среды в видимой области спектра, что можно интерпретировать как свидетельство их генетического родства. Однако в ультрафиолетовой области спектра коэффициент поглощения околозвездного вещества значительно больше, причем увеличение отношения $E(U-B)/E(B-V)$ для «свежей» пыли по сравнению с аналогичным значением для межзвездного вещества в рамках существующих теорий можно объяснить тем, что размеры частиц околозвездной пыли меньше размеров частиц, уже существующих в межзвездном пространстве,

что может служить, на наш взгляд, доказательством эффективности АВЗ как «генератора» пыли в космическом пространстве.

4. Совпадение оптических характеристик околозвездной пыли, полученных в данной работе, с аналогичными характеристиками, полученными для звезд, отличающихся от V351 Ori спектральными классами и классами светимости [15], может служить весомым аргументом в пользу идеи о необходимости выделения из группы орионовых переменных группировки антивспыхивающих звезд — АВЗ, объединенных общностью фотометрических характеристик.

5. Нам кажется вполне допустимым и логичным распространение вывода о молодости V351 Ori, полученного в данной работе, на всю группировку АВЗ, учитывая в особенности то обстоятельство, что некоторые из антивспыхивающих звезд расположены в областях OB- и T-ассоциаций и большинство из них связано с темными диффузными туманностями.

6. Объяснить возникновение и развитие очень голубой вспышки, обнаруженной при наблюдениях переменной в состоянии пониженного блеска (собственные цвета вспышки: $U-B=-0.48^m$; $B-V=0.53^m$; $V-R=0.60^m$; $V-I=1.20^m$) в рамках существующих теорий вспышечной активности звезд весьма затруднительно, ибо все предлагавшиеся теории развивались для объяснения механизма вспышек звезд поздних спектральных классов K и M, в то время как теория вспышечной активности ранних звезд находится еще на стадии накопления наблюдательного материала.

7. Вся совокупность полученных наблюдательных данных, в особенности в состоянии ослабленного блеска (микрорегулярность с амплитудой до 0.15^m , вспышечноподобные изменения блеска, а также специфический вид зависимости «цвет — величина») находит разумное объяснение, если предполагать наличие у переменной области источников дополнительного излучения — хромосферы (называемой так по аналогии с солнечной хромосферой).

1. Аллен К. У. Астрофизические величины.— М.: Мир, 1977.— 446 с.
2. Гершберг Р. Е. Вспышки красных карликовых звезд.— М.: Наука, 1970.— 168 с.
3. Гершберг Р. Е. Вспыхивающие звезды малых масс.— М.: Наука, 1978.— 127 с.
4. Гринберг М. Межзвездная пыль.— М.: Мир, 1970.— 199 с.
5. Зайцева Г. В. Исследование неправильной переменной звезды UX Ori.— Перемен. звезды, 1973, 19, с. 63—72.
6. Зайцева Г. В., Лютий В. М. Фотометрия переменной звезды типа T Tau DF Tau с временным разрешением 10 сек.— Письма в астроном. журн., 1976, 2, с. 431—434.
7. Зайцева Г. В., Лютий В. М. Фотометрическое исследование и кратковременная переменность RR Tau.— Астрофизика, 1979, 15, с. 75—84.
8. Каплан С. А., Пикельнер С. Б. Физика межзвездной среды.— М.: Наука, 1979.— 591 с.
9. Ковальчук Г. У. Исследование переменности V351 Ori, I.— Наблюдения.— Кинематика и физика небесных тел, 1985, 1, № 2, с. 34—40.
10. Колотилов Е. А., Зайцева Г. В. Спектральные и фотометрические наблюдения быстрых неправильных переменных звезд. I VN Ori.— Астрофизика, 1976, 12, с. 31—44.
11. Петров П. П. Звезды типа T Тельца: современные наблюдательные данные.— В кн.: Ранние стадии эволюции звезд. Киев: Наук. думка, 1977, с. 66—100.
12. Пугач А. Ф. О фотометрической переменности VX Cas.— Астрометрия и астрофизика, 1979, вып. 30, с. 8—11.
13. Пугач А. Ф. Антивспыхивающие звезды.— Киев, 1981.— 57 с.— (Препринт/АН УССР, Ин-т теорет. физики; ИТФ—81—128Р).
14. Пугач А. Ф. Феноменологическая модель RZ Psc.— Астрофизика, 1981, 17, с. 87—96.
15. Пугач А. Ф. К вопросу об интерпретации многоцветных наблюдений быстрых неправильных переменных звезд с непериодическими ослаблениями блеска.— Астрофизика, 1983, 19, с. 739—745.
16. Тимошенко Л. В., Филиппев Г. К. Фотоэлектрические и спектральные наблюдения WW Vul.— Астрофизика, 1983, 19, с. 514—524.
17. Холопов П. Н. Диаграммы светимость — спектр для T-ассоциаций.— Астрон. журн., 35, с. 434—447.
18. Холопов П. Н. Пересмотренный список T-ассоциаций.— Астрон. журн., 1959, 36, с. 295—304.

19. *Холопов П. Н.* Неправильные переменные, связанные с туманностями, и сходные с ними объекты.— В кн.: Эруптивные звезды. М.: Наука, 1970, с. 241—306.
20. *Холопов П. Н.* Звездные скопления.— М.: Наука, 1981.— 479 с.
21. *Шаров А. С.* Ревизия межзвездного поглощения света в Галактике.— Астрон. журн., 1963, 40, с. 900—911.
22. *Шевченко В. С., Шутемова Н. А.* Поиск быстрых изменений блеска DF Tau.— Астрофизика, 1981, 17, с. 509—518.
23. *Herbig G. H.* The properties and problems of T Tauri stars and related objects.— Adv. Astron. and Astrophys., 1962, 1, p. 47—104.
24. *Herbst W., Holtzman J. A.* Optical monitoring of Orion population stars. I. Results for T Tau and Herbig/Aro Ae/Be stars.— Astron. J., 1982, 87, p. 1710—1729.
25. *Herbst W., Holtzman J. A., Klasny R. S.* Photometric variations of Orion populations stars. II. Ae-irregular variables and T Tau stars.— Astron. J., 1983, 88, p. 1648—1664.
26. *Kovalchuk G. U.* A flare-like event on the light curve of V351 Ori.— Commis. 27 I. A. U. Inform. Bull. Variable Stars, 1984, N 2482.
27. *Kovalchuk G. U., Pugach A. F.* On the variability of BO Cep.— Mitt. Veränderl. Sterne, 1980, 8, S. 129—132.
28. *Kuan Pui.* Photometric variations of Tau T stars.— Astrophys. J., 1976, 210, 129—136.
29. *Lacy C. H., Moffett T. J., Evans D. S.* UV Cet stars: statistical analysis of observational data.— Astrophys. J., Suppl. Ser., 1976, 30, p. 85—96.
30. *Loreta E.* Nota sulle stelle variabili R Coronidi.— Astron. Nachr., 1934, 254, S. 151—157.
31. *O'Keefe J. A.* Remarks on Loreta's hypothesis concerning R Coronae Borealis.— Astrophys. J., 1939, 90, p. 294—300.
32. *Payne-Gaposchkin C.* The 1960 minimum of R Coronae Borealis.— Astrophys. J., 1963, 138, p. 320—341.
33. *Pygach A. F.* The so-called antflare stars.— In: Variable Stars and Stellar Evolution, IAU Symp. N 67, Moscow, 1974. Dordrecht—Boston: Reidel Publ. Co., 1975, p. 143—145.
34. *Shultz G. V., Wiemer W.* Interstellar reddening and IR-excess of B and O stars.— Astron. and Astrophys., 1975, 43, p. 133—139.
35. *Wenzel W., Bruckner V.* Photoelectric observations and extinction of the irregular variable stars BH and BO Cephei.— Mitt. Veränderl. Sterne, 1978, 8, S. 35—44.

Главная астрономическая обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию
16.07.1984