

Р. А. Вардадян

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА ЗВЕЗД ХОЛОДНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Ассоциирование холодной звезды позднего типа и горячего спутника низкой светимости, обнаруженное у долгопериодической затменной переменной VV Цфея, и связь холодных сверхгигантов с О-ассоциациями дали основание В. А. Амбарцумяну [1] заключить, что холодные сверхгиганты являются молодыми объектами.

Многочисленными наблюдениями [2] холодных сверхгигантов было установлено также, что изменения интенсивностей эмиссионных линий и скорости расширения обращаемого слоя коррелируются с изменениями блеска этих звезд.

В настоящей работе поставлена задача рассмотреть зависимость изменения степени поляризации холодных сверхгигантов от изменения их блеска. Вместе с тем, поскольку существование звездной поляризации для некоторых сверхгигантов можно считать реальным [3, 4], мы сочли необходимым провести поляриметрическое исследование звезд с различными светофильтрами.

Подобные поляриметрические наблюдения могут дать возможность сделать некоторые предварительные предположения о характере излучения этих звезд.

В программу наших наблюдений было включено большинство холодных сверхгигантов (см. табл. 1) из списка В. А. Амбарцумяна (спектральный класс М и светимость не ниже 1b) [1].

Наблюдения велись на 16" электрофотометре Бюраканской обсерватории в трех участках спектра ($\lambda_{эф} = 4500, 5400$ и 6400).

Таблица 1

Холодные сверхгиганты

Звезды	Пределы блеска	Спектр	Класс светимости
μ Цефея	$4^m 0 - 4^m 8$	M 2	Ia
RW Цефея	6.8—7.5	M 0	Ia—0
ST Цефея	7.7—8.9	M 0	Ib
VV Цефея	4.9—5.6	M 1 _p	0
AZ Лебедь	8.1—9.4	M 2	Ia
T Персея	8.0—9.0	M 0	Ia—Ib
RS Персея	8.0—9.4	M 3	Ia—Ib
SU Персея	7.0—8.5	M 3	Ia—Ib
YZ Персея	7.6—8.3	M 1	Ia—Ib
AD Персея	7.7—8.4	M 1	Ia—Ib

Для сравнения полученных результатов с другими авторами наряду с программными звездами была наблюденa небольшая группа стандартных звезд, часть которых наблюдалась одновременно с холодными сверхгигантами. Средние значения параметров поляризации этих звезд приведены в табл. 2.

На рис. 1 и 2 дано графическое сравнение полученных параметров поляризации стандартных звезд с результатами Холла и Бера [5, 6].

Как видно из рисунков, не наблюдается сильного расхождения между нашими данными и данными других авторов, если не считать незначительную разницу между степенью поляризации (рис. 1), которая, возможно, обусловлена малочисленностью наблюдений.

В первом параграфе приводятся результаты наблюдений четырех групп звезд холодных сверхгигантов.

Таблица 2

Стандартные звезды

HD	Холл		Вардамян		Бэер		
	$p^{\circ}/\%$	θ°	$p^{\circ}/\%$	θ°	n	$p^{\circ}/\%$	θ°
23512	2.1	28	1.8	31	2		
37903	1.2	129	1.0	122	3		
37756	0.4	16	0.5	2	2		
43384	2.6	169	2.2	2	7	3.0	172
126660	0.1	—	0.2	—	10	0.1	—
198478	3.1	4	2.5	10	27	2.8	2
+45° 3341	3.1	51	(2.1)*	(176)*	2		
			2.24	51	107		
			(2.35)*	(59)*	2		
209481	2.0	72	1.26	66.5	65	1.6	67
209339	1.6	64	1.3	67	5		
214369	2.7	66	2.9	67	4		
E 239967	2.5	46	2.15	50	42		
216411	2.7	47	2.2	49	2		
224014	1.3	50	1.6	61	5	1.2	55

n — количество наблюдений.

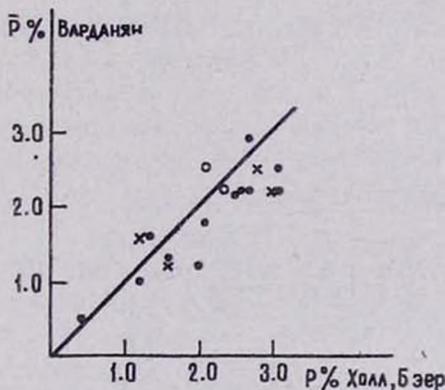


Рис. 1. ● — результаты наблюдений Холла, × — результаты наблюдений Бэера, ○ — результаты наблюдений Вардамяна, полученные в Крымской обсерватории.

Նկ. 1. ● — չափի դիտման արդյունքները, × — Բեեբի դիտման արդյունքները, ○ — Վարդանյանի դիտման արդյունքները (ստացված Ղրիմի աստղադիտարանում):

* Получены автором в Крымской обсерватории.

Группировку мы старались производить таким образом, чтобы члены одной и той же группы сильно не отличались по блеску друг от друга и от стандартных звезд, а также входили в состав какой-либо ассоциации.

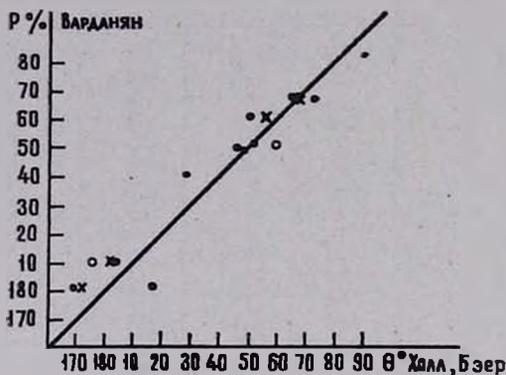


Рис. 2. Объяснения обозначений \odot , \times , \circ даны под рис. 1.

Կգ. 2. \odot , \times , \circ նշանակումները բացատրված են Կգ. 1-ում:

Во втором и третьем параграфе рассматривается зависимость степени поляризации света звезд холодных сверхгигантов от блеска и длины волны.

§ 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ХОЛОДНЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

14 и VV Цфея. Как известно [7], для 14 Цфея кривая блеска представляется как результат наложения друг на друга двух колебаний с амплитудами $0^m.5$ и $0^m.1$, с длиной цикла несколько сот и около ста дней соответственно. В дальнейшем оказалось [8], что изменение блеска этой звезды является результатом не гармонического, а стохастического процесса.

Вместе с тем известно [9], что в эпоху возрастания блеска в спектре иногда наблюдались эмиссионные линии во-

дорода небольшой интенсивности. Кроме того, при уменьшении блеска μ Цефея интенсивность полос поглощения TiO увеличивается. Необходимо отметить, что радиальная скорость μ Цефея со временем меняется [10].

Звезда VV Цефея своими физическими характеристиками сильно отличается от μ Цефея. VV Цефея является затменной двойной звездой с периодом 7430 дней [11] или 20.4 года [12]. В работах [13, 14] показано, что существуют неправильные изменения блеска VV Цефея вне затмения.

Спектр VV Цефея довольно подробно был изучен Мак-Лафлином [15]. Оказалось, что в спектре VV Цефея при затмении исчезает сильный фиолетовый континуум и широкая водородная эмиссия. Исходя из этого, последняя была приписана звезде Ве, которая является одной из компонентов VV Цефея. А узкая яркая линия Fe II и [Fe II], наблюдаемая и у многих холодных сверхгигантов [16], во время затмения остается такой же, как и вне затмения.

В последние годы звезды μ и VV Цефея были подвергнуты и поляриметрическому исследованию [3, 5, 17—19].

В 1959 году в Бюраканской обсерватории [3, 19] впервые было установлено, что параметры поляризации света μ Цефея сильно меняются во времени. Однако эти изменения не коррелируются с изменениями блеска звезды [20]. В дальнейшем интерес к звезде μ Цефея сильно возрос [17, 21].

В 1963—1964 годах нами проведены поляриметрические и фотометрические наблюдения звезд μ и VV Цефея. В качестве стандартных звезд взяты 14 Цефея из списка Серковского [6] (при поляриметрии) и HD 209339 (при фотометрии).

Звезда HD 209339 выбрана специально для того, чтобы иметь возможность сопоставить все фотометрические и поляриметрические наблюдательные данные, полученные нами и Григорьяном [19, 20].

Зависимость параметров поляризации звезд μ , VV и 14 Цефея, усредненных для отдельных ночей (независимо от применяемого фильтра), от времени наблюдений графически представлена на рис. 3.

Необходимо отметить, что вес каждой точки, относящийся к звездам μ и VV Цефея, в 2—3 раза больше веса точек 14 Цефея.

Как видно из рис. 3, для μ Цефея среднее значение позиционных углов преимущественных колебаний электрического вектора 1964 года отклонено от позиционных углов, полученных в 1963 году в среднем на 58° . Однако подобное отклонение не было наблюдаемо у звезд VV и 14 Цефея.

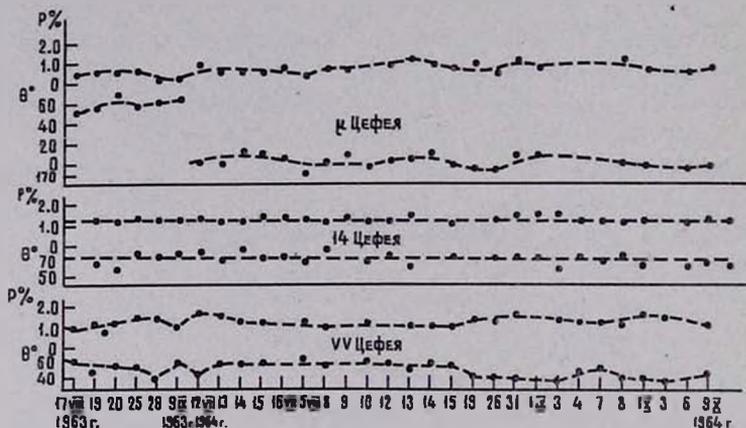


Рис. 3.

24. 3.

Наши наблюдения показали, что в синем участке спектра блеск μ Цефея в 1964 году увеличился относительно 1963 года в среднем на $0^m.4$, а у VV Цефея изменение блеска не превышает $0^m.04$, в то время как ошибка измерения блеска по нашим оценкам для ярких звезд ($m < 8^m.0$) не превышает $\pm 0^m.02$, а для слабых ($m > 8^m.0$) — $\pm 0^m.03$.

Следовательно, сильные изменения позиционного угла μ Цефея могут быть связаны с изменением блеска. Не вникая в причину изменения позиционного угла μ Цефея, мы лишь можем отметить следующие факты: в момент минимума блеска μ Цефея в 1963 году среднее значение позиционного угла поляризации ($\bar{\theta} = 58^\circ$) почти совпадает со средним значением

плоскости поляризации звезд фона ($\bar{\theta} = 55^\circ$), а вблизи максимума блеска оно сильно отличается от позиционного угла межзвездной поляризации.

Итак, можно заключить, что в минимуме блеска наблюдаемый позиционный угол поляризации μ Цфея, по-видимому, был обусловлен межзвездной средой, а ближе к максимуму блеска в основном самой звездой.

Обращая внимание на результаты поляриметрических наблюдений VV Цфея, мы замечаем (рис. 3) слабые изменения степени поляризации и позиционного угла, которые по фазе противоположны друг другу.

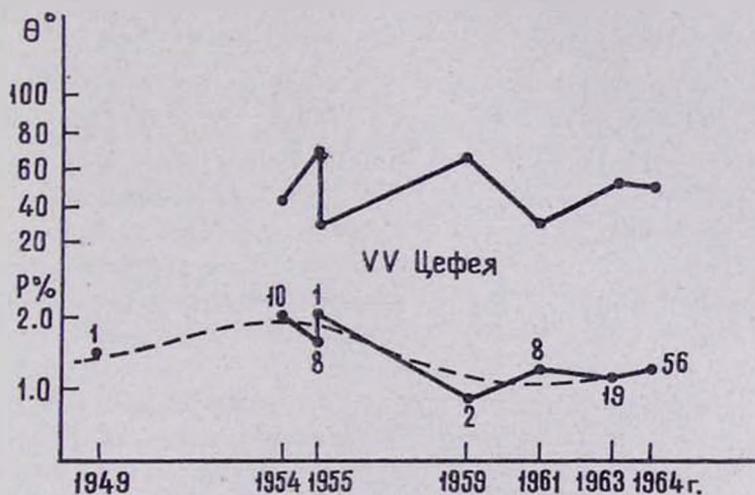


Рис. 4.
Зв. 4.

Подобная картина не наблюдается ни у μ Цфея и ни у 14 Цфея. Наоборот, кажется, что у μ Цфея степень поляризации увеличивается с увеличением позиционного угла (рис. 3), а у 14 Цфея не наблюдается какой-либо зависимости.

В пользу нашего вывода о характере изменений параметров поляризации света VV Цфея говорит и приведенная на рис. 4 зависимость параметров поляризации VV Цфея от

времени, полученная нами по данным других авторов [3, 5, 17, 18, 22]. Как видно из этого рисунка, для сравнительно близких друг к другу по времени результатов наблюдений с увеличением (или уменьшением) степени поляризации позиционный угол уменьшается (или увеличивается).

Из рисунка видно также, что существует второй, более медленный ход изменения параметров поляризации VV Цефея.

В пользу этого говорит тот факт, что значения степени поляризации VV Цефея, в период 1954—1955 годов по наблюдениям Григоряна [3] и Домбровского [18], почти не отличаются друг от друга и систематически (на 0.8%) больше значений, полученных Варданием [22] и Шаховским [17] в 1959—1964 годах.

Важно отметить, что в 1955 году, во время поляриметрических наблюдений Григоряна, блеск VV Цефея по Ларсену-Линдеру [13, 14] на $0^m 2$ был ярче, чем в 1959 году, когда нами была получена минимальная поляризация.

Как нам кажется, изменение степени поляризации VV Цефея за более длительный интервал времени можно представить приведенной на рис. 4 пунктирной кривой (цифры, поставленные около точки на рис. 4, обозначают количество наблюдений).

Из результатов поляриметрических наблюдений VV Цефея можно заключить, что заметного изменения параметров поляризации за короткие промежутки времени не наблюдается. В пользу этого вывода говорят и данные Григоряна и Шаховского [3, 17].

Характер изменений параметров поляризации μ Цефея значительно более сложный. Поэтому более подробный анализ результатов поляриметрических наблюдений этой интересной звезды будет приведен отдельно во втором параграфе.

RW и ST Цефея. Как известно [3, 5, 17], результаты поляриметрических наблюдений звезд RW и ST Цефея, полученные различными авторами, не совпадают друг с другом. В частности, некоторыми авторами сделан вывод, что па-

параметры поляризации этих звезд заметно меняются. Цель наших наблюдений заключалась в том, чтобы выяснить, действительно ли имеет место изменение параметров поляризации этих звезд и как оно проявляется себя в желтой, синей и красной области спектра. В качестве стандартной звезды в первоначальной стадии наблюдения использована 14 Цефея; а в дальнейшем — звезда E 239967.

Для наглядного представления изменения параметров поляризации RW и ST Цефея от времени на рис. 5а, 5б графически представлена зависимость усредненных значений параметров поляризации, полученная в отдельные ночи для каждого фильтра в отдельности. Там же приведены аналогичные графики для стандартных звезд 14 Цефея и E 239967, на которых каждая точка представляет результат одного наблюдения.

На рис. 5а, 5б разброс точек у стандартных звезд гораздо меньше, чем у звезд RW и ST Цефея, хотя, исходя из веса точек, надо было бы ожидать обратную картину.

Вместе с тем, среднее отклонение степени поляризации от среднего значения для программных звезд гораздо больше, чем ошибки измерения (0.24% и 4°), а именно для ST Цефея оно составляет 0.43% , а для RW Цефея — 0.38% .

Это означает, что изменение степени поляризации программных звезд в 1.5—2.0 раза больше ошибки измерения.

На рис. 5а видно также, что в начальной части кривой у ST Цефея наблюдается синфазное изменение параметров поляризации, которое не похоже на изменения степени поляризации RW Цефея. Действительно, 16 и 17 июля 1964 года, когда наблюдалась максимальная поляризация ST Цефея, у RW Цефея она оказалась почти минимальной (рис. 5а), а 8 и 9 августа наблюдалась обратная картина.

Эти данные говорят в пользу того, что изменение степени поляризации указанных звезд не обусловлено влиянием посторонних факторов.

Из приведенных данных можно заключить, что за короткое время наблюдений параметры поляризации ST Цефея во всех фильтрах меняются почти синфазно, а у RW Цефея заметно меняется только степень поляризации.

С целью правильной оценки ошибки измерения вместе со стандартной звездой 55 Лебеда в программу наблюдений была включена одна стандартная звезда BD + 45°3341, блеск которой в видимой области спектра (желтый фл.) равен блеску AZ Лебеда. Эта звезда настолько близко расположена к AZ Лебеда, что при переходе от наблюдений AZ Лебеда к BD + 45°3341 мы, не останавливая вращения поляроида, по очереди непрерывно регистрировали поляризацию

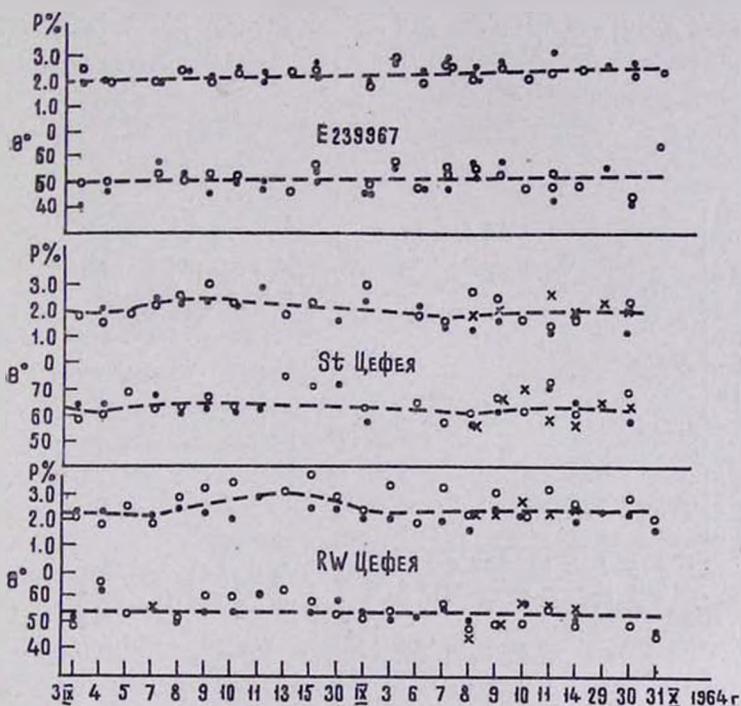


Рис. 56. Объяснения обозначений ●, ○, × даны под рис. 5а.

Уч. 56. ●, ○, × — значения параметров поляризации, полученные в моменты времени, указанные на графике.

света этих звезд. Разница во времени наблюдений стандартной звезды (+ 45°3341) и AZ Лебеда в желтом фильтре часто составляла не больше 4 минут.

Для правильного представления изменения степени поляризации мы усредняли степень поляризации AZ Лебеда 3—196

для каждой ночи отдельно в желтом, синем и красном фильтрах и сравнивали усредненные данные со средним значением степени поляризации звезды $BD + 45^\circ 3341$, полученным в соответствующую ночь.

Результаты сравнения графически изображены на рис. 6.

Как видно из этого рисунка, степень поляризации звезды сравнения $BD + 45^\circ 3341$ со временем почти не меняется. По нашим оценкам ошибка измерения, выведенная из усредненных значений степени поляризации звезд $BD + 45^\circ 3341$ и 55 Лебеда, в среднем меньше 0.14 и 0.21%, соответственно. Однако разбросы значений степени поляризации AZ Лебеда в указанных участках спектра намного превышают разбросы точек стандартных звезд (см. рис. 6).

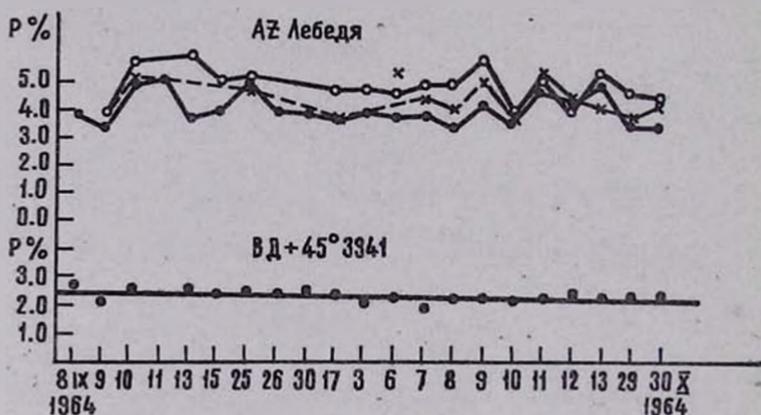


Рис. 6. Объяснения обозначений \odot , \circ , \times даны под рис. 5а.

Նկ. 6. \odot , \circ , \times նշանակումները բացատրված են Նկ. 5ա-ի տակ:

Но поскольку вес каждой точки, относящийся к желтому фильтру, для AZ Лебеда больше или равен весу каждой точки для звезды сравнения (по нашим наблюдениям), то можно предположить, что изменения степени поляризации AZ Лебеда, наблюдаемые в различные ночи, являются реальными.

Что касается позиционного угла плоскости поляризации, то его колебания для AZ Лебеда находятся в пределах

ошибок ($\pm 4^\circ$), выведенных из результатов наблюдений звезд сравнения.

Как и в случае ST и RW Цефея, степень поляризации AZ Лебеда в синем фильтре больше, чем в желтом.

Поскольку звезда AZ Лебеда входит в состав ассоциации, то интересно сравнить параметры поляризации этой звезды с параметрами поляризации звезд типов O—B, окружающих AZ Лебеда.

С этой целью мы использовали данные [5], относящиеся к параметрам поляризации и отношению $\frac{P}{A_0}$ для звезд типов O—B, расположенных на площади неба ($4^\circ \times 4^\circ$), в центре которой находилась AZ Лебеда.

При сравнении средних значений параметров поляризации AZ Лебеда ($\bar{p}_{AZ} = 4.31\%$, $\bar{\theta}_{AZ} = 38^\circ$) с параметрами указанных звезд оказалось, что степень поляризации AZ Лебеда более чем в 2 раза сильнее, а позиционный угол почти совпадает со средним позиционным углом для упомянутых звезд.

Интересно отметить, что если выбранную площадь увеличить в несколько раз, в ней окажутся лишь три звезды, степень поляризации которых равна или больше, чем у AZ Лебеда, а позиционные углы последних отклонены от соответствующего угла для звезд фона и AZ Лебеда почти на 100° . Если еще учесть, что полученные нами средние значения степени поляризации звезд сравнения 55 Лебеда и BD + 45 3341 (составляющие соответственно 2.5 и 2.24%) несколько меньше данных Хилтнера [5], то исчезнут всякие сомнения относительно того, что AZ Лебеда является единственной из наблюдаемых в выбранной области, которая (при $r = 1800$ пс и $A_0 = 2.0$) показывает большую поляризацию, причем степень поляризации сильно меняется.

T, RS, SU, YZ и AD Персея. Группа холодных сверхгигантов, входящих в состав ассоциации Персей II, была подвергнута поляриметрическому наблюдению Холлом и Домбровским [5, 18]. Однако данные обоих авторов не для всех звезд совпадают друг с другом. Особенно большие различия наблюдаются в степени поляризации YZ и T Персея (2.2 и

$0.8''$). Между тем для звезд AD и SU Персея эти различия находятся в пределах ошибок. Что же касается их позиционных углов, то они почти совпадают друг с другом.

Результаты наших поляриметрических наблюдений этих звезд приведены в табл. 3.

Таблица 3

Звезда	p_c ‰	θ_c	n^*	$p_{ж}$ /о	$\theta_{ж}^\circ$	n	$p_{кр}$ ‰	$\theta_{кр}^\circ$	n	\bar{p} ‰	$\bar{\theta}$	$n_{общ}$
T Персея	4.10	120	7	3.25	116	12	3.40	119	11	3.58	118	30
SU Персея	2.30	117	12	2.05	117	15	2.05	121	8	2.13	118	35
AD Персея	2.16	119	12	2.00	121	12	2.10	125	7	2.09	122	31
YZ Персея	1.70	130	5	1.75	128	4	1.75	135	2	1.73	131	11
RS Персея	3.60	125	1	2.90	126	2	—	—	—	3.25	125	3

* n — количество наблюдений.

В ней приводится среднее значение параметров поляризации, полученное в различных фильтрах. Сравнивая результаты наших наблюдений с результатами Холла и Домбровского [5, 18], замечаем, что степени поляризации звезды YZ Персея, полученные Хилтнером ($p = 2.4\%$), Домбровским ($p = 4.6\%$) и нами ($p = 1.7\%$), сильно отличаются друг от друга, а позиционные углы почти совпадают. Среднее значение степени поляризации у AD Персея почти во всех фильтрах систематически ниже на 1.4% относительно данных Холла, а для SU Персея оно ниже на $0.7-1.2\%$, в то время как для T и RS Персея среднее значение степени поляризации в синем фильтре хорошо совпадает с данными Холла и Домбровского. Позиционные углы этих звезд почти совпадают друг с другом.

На примере VV Цефея было показано, что различие параметров поляризации, полученное различными авторами в разное время, особенно для холодных сверхгигантов, по-видимому, не обусловлено ошибками измерений.

Как нам кажется, наблюдаемые изменения в степени поляризации света холодных сверхгигантов, входящих в ассоциацию Персей II, можно считать реальным. В пользу этого говорят также результаты сравнения величин этих звезд,

оцененных из наблюдательных данных. Действительно, поскольку эти звезды чаще всего наблюдались совместно в одну и ту же ночь, то нам удалось оценить звездную величину в желтом фильтре всех звезд относительно AD Персея. С помощью стандартных звезд, оценив яркость AD Персея, были получены звездные величины остальных холодных сверхгигантов.

Оказалось, что блеск звезд AD и YZ Персея во время наших поляриметрических наблюдений был близок к минимуму, RS Персея—к максимуму, а у T и SU Персея—в среднем интервале изменения их блеска.

Как нам кажется, малое значение степени поляризации YZ и AD Персея ($1.7-2.1\%$), полученное нами по сравнению с данными Домбровского и Холла, можно объяснить тем, что во время наших наблюдений блеск этих звезд был близок к минимуму.

Ясным становится также совпадение степени поляризации RS Персея с данными Холла и некоторые различия у T и SU Персея.

Как мы уже отмечали, у некоторых холодных сверхгигантов степень поляризации в синем фильтре обычно больше, чем в желтом. Из наших поляриметрических наблюдений T, RS и SU Персея следует, что в синем фильтре их степень поляризации также на $0.5-0.9\%$ больше, чем в желтом; в то время как у звезд YZ и AD Персея, показывающих минимальный блеск и поляризацию, этого не наблюдается.

Эти данные свидетельствуют о том, что поляризация холодных сверхгигантов ассоциаций Персей II, возможно, частично имеет звездную природу.

§ 2. ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОТ БЛЕСКА ЗВЕЗД

Для выявления зависимости степени поляризации звезд от изменения блеска необходимо звездную поляризацию отделить от межзвездной, особенно тогда, когда сильно меня-

ется позиционный угол наблюдаемой суммарной поляризации.

С этой целью использован векторный измеритель звездной поляризации¹, с помощью которого определялась звездная поляризация μ Цефея. Что касается остальных звезд, то для них нет необходимости применения векторного измерителя, поскольку слабое изменение позиционных углов для них обусловлено лишь изменением степени звездной поляризации.

Поскольку количество наблюдений μ Цефея в 1958 году [3] в отдельные ночи было достаточно велико, то относительная звездная величина и степень поляризации усреднялась в небольшом интервале времени с тем, чтобы увеличить вес каждой точки.

Что касается наблюдений в 1963—1964 годах то, поскольку количество наблюдений за одну ночь не было достаточно велико, значения относительной звездной величины и степени поляризации усреднялись для каждой ночи отдельно.

Эти параметры звездной поляризации и относительные звездные величины μ Цефея для определенных интервалов времени (по ЮД) приведены в табл. 4.

Как видно из этой таблицы, в максимуме блеска степень поляризации μ Цефея гораздо больше, чем в минимуме, когда звездная поляризация близка к нулю. Это отчетливо видно также на рис. 7, на котором приведена кривая зависимости степени поляризации от относительной звездной величины.

Из рис. 7 видно, что степень поляризации звезды μ Цефея увеличивается с увеличением блеска. Однако при максимуме блеска степень поляризации колеблется в больших пределах—от 1.5 до 3⁰ „, что не является следствием случайных ошибок, поскольку вес каждой точки на рис. 7 довольно велик.

¹ С помощью предложенного автором прибора можно определить одну из составляющих вектора поляризации (звездную), когда известна суммарная (наблюдаемая) и вторая составляющая вектора поляризации (межзвездная).

Таблица 4

ЮД	p_0 %	η_0	Δm_c	n
2436				
368.353—366	1.5	63	-0.72	4
.384—396	1.7	66	-0.64	5
.407—419	2.2	77	-0.68	3
.423—434	2.0	77	-0.72	4
370.291—299	2.3	82	-0.71	3
372.360—374	1.8	81	-0.69	4
377.433—410	2.5	86	-0.65	3
.442—455	2.8	99	-0.66	4
.460—476	3.0	85	-0.70	2
378.376—397	1.3	76	-0.64	6
.417—430	1.8	73	-0.67	1
379.431—437	1.4	86	-0.61	3
.440—446	1.4	95	-0.60	3
.458—473	1.7	100	-0.64	5
.483—489	1.3	96	-0.61	3
401.496—509	1.2	105	-0.66	5
409.388—398	1.8	81	-0.64	4
.400—409	1.7	91	-0.64	4
.411—415	1.7	88	-0.64	2
.465—482	1.4	80	-0.65	2
410.414—430	1.4	85	-0.66	4
462.283—296	1.3	83	-0.53	5
.334—349	0.8	85	-0.56	4
.403—419	1.1	83	-0.53	5
463.293—308	2.6	92	-0.50	6
.311—333	1.4	85	-0.50	7
.348—359	1.5	81	-0.55	2
2438				
261.3	0.2	145	-0.07	3
262.3	0.15	145	-0.17	2
267.3	0.1	145	-0.01	2
271.3	0.5	145	+0.06	3
589.32	1.4	167	-0.49	4
.39	0.7	162	-0.40	2
591.37	0.7	168	-0.47	2
613.21	0.65	154	-0.48	1
616.34	0.9	164	-0.45	5
.38	0.8	164	-0.41	1
617.32	0.9	168	-0.51	1
619.49	1.3	161	-0.51	1
620.34	1.15	167	-0.49	2
647.52	1.3	170	-0.46	1
670.35	0.9	149	-0.41	1
675.32	0.8	158	-0.43	1
678.41	0.9	164	-0.41	1

n — количество наблюдений.

Как уже отмечалось, во время поляриметрических наблюдений AZ Лебеда ее блеск был близок к максимуму. Вследствие этого ее степень поляризации гораздо выше, чем у звезд фона (относящихся к спектральным классам O—B), и меняется в больших пределах.

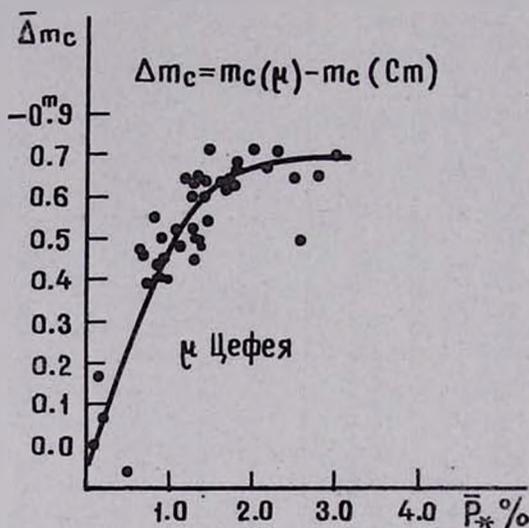


Рис. 7.
24. 7.

Нам кажется, что большие значения степени поляризации в максимуме блеска μ Цфея и AZ Лебеда обусловлены каким-то внутренним механизмом.

Что же касается VV Цфея, то в § 1 уже отмечалось, что чем больше ее яркость, тем больше степень поляризации.

Некоторые предварительные расчеты проведены и относительно звезды ST Цфея. Так как стандартная звезда E 239967 расположена довольно близко к ST Цфея, то для десяти различных ночей с большой уверенностью оценены относительные звездные величины ST Цфея в желтом и синем участках спектра. Оказывается, что при степени поляризации, превышающей среднее ее значение, блеск ST Це-

фея в желтом участке спектра в среднем ярче на 0^m12 по сравнению со средним блеском при меньших значениях степени поляризации.

Подобная картина наблюдается и в синих лучах, причем отклонение от среднего значения блеска здесь немного больше (0^m19).

Данные относительно ST Цефея также подтверждают вывод о зависимости степени поляризации холодных сверхгигантов от их блеска.

§ 3. ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

Несмотря на то, что Холлом [23] и Хилтнером [24] предполагалось, что поляризация света звезд в визуальной и фотографической областях спектра не зависит от длины волны, оказалось, что у ряда звезд, особенно горячих звезд ранних типов, степень поляризации зависит от длины волны [25 — 27]. Беэр и Герелс [25, 26] нашли для ряда звезд небольшое уменьшение степени поляризации в сторону коротких волн. Однако, по данным Мартель [27], положение максимальной степени поляризации в зависимости от длины меняется от звезды к звезде.

Зависимость степени поляризации от длины волны для отдельных групп холодных сверхгигантов по нашим наблюдениям через светофильтры приведена на рис. 8, 9.

Чтобы изменение степени поляризации сильно не влияло на эти кривые, вначале было определено среднее значение степени поляризации в каждом фильтре для тех ночей, когда обязательно была зарегистрирована поляризация звезды в трех фильтрах. Все полученные значения для каждого из фильтров были затем усреднены.

Как видно из этих рисунков, для звезд, находящихся в ассоциациях Цефей II и Персей II, с увеличением поляризации заметно растет разность между поляризацией в синем и желтом участках спектра, в смысле более сильного возрастания поляризации в синих лучах. Вместе с тем наблю-

дается некоторое увеличение поляризации и в красном участке спектра. Эта картина довольно ярко выражена на рис. 10, где приведены результаты поляриметрических наблюдений AZ Лебеда, показывающей самую большую поляризацию среди всех наблюдаемых холодных сверхгигантов.

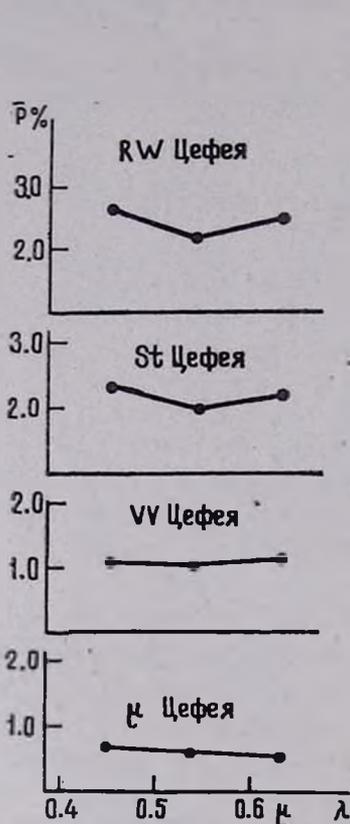


Рис. 8.
Цф. 8.

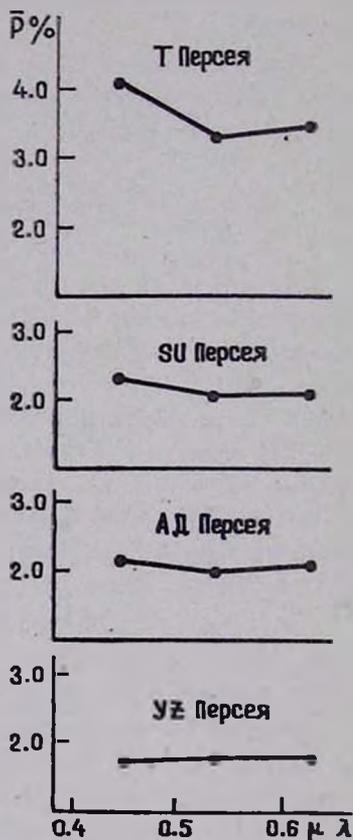


Рис. 9.
Цф. 9.

На рис. 11 приведена зависимость значения средней степени поляризации (\bar{p}) от разницы степеней поляризации в синем и желтом фильтрах ($\bar{p}_c - \bar{p}_ж$), подтверждающая вышесказанное.

Чтобы быть уверенным в полученных данных, построена зависимость степени поляризации от длины волны и для двух стандартных звезд 55 Лебеда и E 239967 (рис. 12).

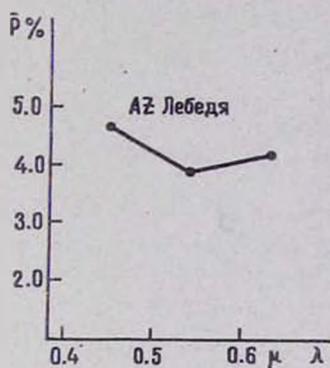


Рис. 10.
зф. 10.

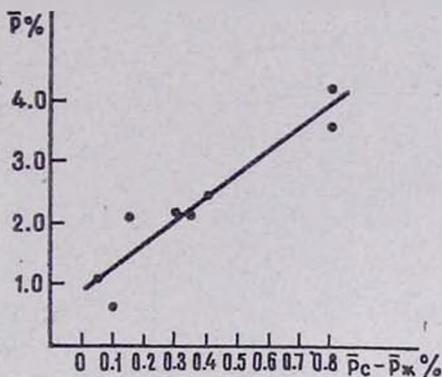


Рис. 11.
зф. 11.

Из рис. 12 (где стрелки показывают ошибки измерения) следует, что у звезд, степень поляризации которых больше $2''$, среднее значение степени поляризации в синем участке спектра не только не больше, чем в желтом, а наоборот, — меньше на $0.15''$. Отметим, что небольшое увеличение степени поляризации 55 Лебеда в желтом участке спектра было наблюдено и Мартель [27]. Вместе с тем, из результатов поляриметрических наблюдений Цифея, полученных Домбровским [28], следует, что вблизи желтого участка спектра (при степени поляризации больше $1''$) степень поляризации немного меньше, чем в синем и красном участках спектра.

Так как разница $\bar{p}_c - \bar{p}_ж$ становится заметной, по-видимому, у звезд с большой степенью поляризации, то интересно рассмотреть, имеет ли место подобная картина для тех объектов (скажем, для туманностей), степень поляризации которых значительно больше, чем у холодных сверхгигантов.

Для этой цели были выбраны туманности NGC 2261 и NGC 1952 (Крабовидная туманность) и подвергнуты поляри-

метрическому исследованию в различных участках спектра (в основном в ультрафиолетовом, синем и желтом участках).

Результаты поляриметрических наблюдений туманностей NGC 2261 и NGC 1952 приведены соответственно в табл. 5 и 6.

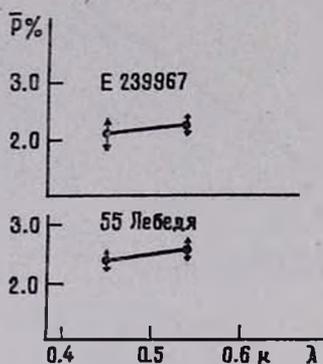


Рис. 12.
Табл. 12.

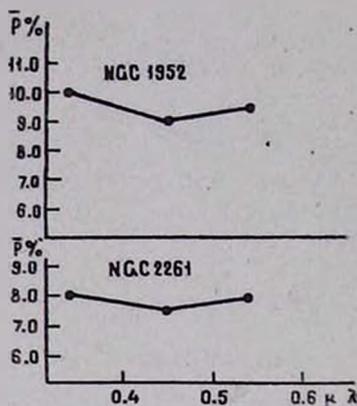


Рис. 13.
Табл. 13.

Усредняя полученные степени поляризации для обеих туманностей в каждом фильтре в отдельности, можно построить кривую зависимости степени поляризации от длины волны (рис. 13).

Сравнивая значение $\bar{p}_c - \bar{p}_ж$, полученное для туманностей и сверхгигантов, замечаем, что эта разница отрицательна и не больше $0.5''_0$, в то время как для всех холодных сверхгигантов она положительна и достигает $0.8''_0$. Исключение составляет YZ Персея, для которой количество наблюдений значительно меньше. Можно предположить поэтому, что возрастание значения $\bar{p}_c - \bar{p}_ж$ при увеличении степени поляризации холодных сверхгигантов обусловлено собственной звездной поляризацией.

Таким образом, результаты настоящей работы, а также работы [29] приводят к выводу, что холодные сверхгиганты

входящие в состав звездных ассоциаций, наряду с межзвездной обладают, по-видимому, и звездной поляризацией.

В заключение выражаю глубокую признательность К. А. Григоряну за ряд ценных советов.

Таблица 5

Таблица 6

Время наблюдения	$p^{\circ}/\%$	θ°	Фл.	Время наблюдения	$p^{\circ}/\%$	θ°	Фл.	
18.9.63 г.	9.6	160	Ж	7.9.62	10.0	100	Без. фл.	
	10.2	160	С		10.0	100	"	
	11.2	160	Фиол.		12.0	100	"	
	14.2	160	Кр.		12.0	100	"	
	10.4	160	Ж		11.6	96	"	
	10.5	156	Ж		11.6	94	"	
	9.3	160	С		11.6	101	"	
	10.0	160	С		17.11.63	8.6	100	"
	10.5	160	Фиол.			7.5	106	"
	14.1	164	Кр.			7.6	86	Ж
13.7	160	Кр.	7.3	94		Ж		
7.9.64	8.6	166	Фиол.	8.5	96	С		
	8.3	166	Фиол.	7.0	76	Фиол.		
	9.7	169	Кр.	8.5	94	С		
	9.4	165	Кр.	6.9	88	Фиол.		
	7.8	158	Ж	18.11.63	7.5	94	Ж	
	7.8	158	Ж		8.6	96	Ж	
	8.9	164	С		9.0	92	Ж	
	9.3	169	С		8.5	92	С	
30.10.64	8.5	159	С	6.3	92	С		
	7.0	160	С	10.1	88	Фиол.		
	10.0	165	Ж	8.4	88	"		
	11.0	169	Фиол.	7.7	88	"		
	10.0	166	Кр.	8.3	100	Без. фл.		
10.12.64*	9.8	166	Без. фл.	19.11.63	7.5	96	Ж	
	9.8	165	" фл.		7.3	96	С	
	8.3	162	" фл.		9.1	100	Без. фл.	
	9.5	160	" фл.		8.2	96	"	
10.12.64*				10.12.64*	9.4	108	"	
					10.2	96	"	
					8.8	99	"	
					7.6	99	"	

* Приведенные в таблице данные для 10.12.1964 г. получены нами в Крымской обсерватории.

ՍԱՌԸ ԳԵՐՀՍԿԱ ԱՍՏՂԵՐԻ ԼՈՒՅՍԻ ԲԵՎԵՌԱՑՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում ցույց է տրված, որ աստղասփյուռներին պատկանող սառը գերհսկա աստղերի լույսի բևեռացումը ժամանակի ընթացքում փոփոխվում է: Ստացված է նաև, որ այդ տիպի աստղերի բևեռացման աստիճանի փոփոխությունը մասամբ կապված է պայծառության փոփոխության հետ. ընդ որում, բևեռացման աստիճանը սպեկտրի ֆոտոգրաֆիկ մասում ընդունում է համեմատաբար ավելի մեծ արժեք:

Եզրակացություն է արված աստղասփյուռներին պատկանող սառը գերհսկա աստղերի մոտ աստղային բևեռացման գոյություն մասին:

R.A. VARDANIAN

THE POLARIZATION OF THE COLD SUPPERGIANTS STARS

S u m m a r y

The variability of the polarization of the cold supergiants in stellar associations has been shown. The variability of the degree of polarization is correlated with the brightness variations of the stars. The polarization is comparatively higher in photographic part of the spectrum.

It is concluded that the cold supergiants stars in associations show partly the intrinsic polarization.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, ДАН Арм. ССР, 16, 73, 1953.
2. А. Дейч, Звездные атмосферы, 542, М., 1963.
3. К. А. Григорян, Сообщения Бюраканской обсерватории, 27, 43, 1959.
4. G. Tissen, Astronom. Abhand. der Hamburger Stern. 5, 9, 1961.
5. S. Hall, Publ. U. S. Naval Obs., 2, 17, VI, 1958.
6. K. Serkowski, Lowell Obs. Bull., 105, 318, 1960.

7. *W. Hassenstein*, Publ. Potsdam Ap. Obs., 29, 1, 1938.
8. *J. Ashbrook*, A. J., 59, 12, 1954.
9. *O. McLaughlin*, Ap. J., 103, 39, 1946.
10. *W. Campbell*, Lick Obs. Bull., 7, 102, 1912.
11. *O. McLaughlin*, Harvard Ann. Card., No. 397, 1936.
12. *S. Gaposckin*, Harvard Circ., No. 421, 1938.
13. *G. Larsson-Leander*, Arkiv for Astron., 2, 12, 1958.
14. *G. Larsson-Leander*, Arkiv for Astron., 3, 4, 1965.
15. *D. McLaughlin*, Ap. J., 114, 47, 1961.
16. *W. Bidelman*, Ap. J., Suppl., Ser. 1., 175, 1954.
17. *Н. М. Шаховской*, А. Ж., 40, 6, 1964.
18. *В. А. Домбровский*, Вестник Л Г У, 1, вып. 1, 128, 1958.
19. *К. А. Григорян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, 25, 45, 1958.
20. *К. А. Григорян, Р. А. Варданян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, 27, 49, 1959.
21. *G. Larsson-Leander*, Arkiv for Astron., 3, 21, 1962.
22. *Р. А. Варданян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, 30, 67, 1962.
23. *S. Hall*, Science, 109, 166, 1958.
24. *W. Hiltner*, Ap. J., 109, 471, 1950.
25. *A. Behr*, Z. für Ap., 47, 57, 1959.
26. *T. Gehrds*, Lowell Obs. Bull., 105, 300, 1960.
27. *L. Martel, M. Martel*, Publ. de L' Obs. de Haute-Provence, 7, 28, 1964.
28. *В. А. Домбровский*, Докторская диссертация, стр. 294. Л. 1961.
29. *Р. А. Варданян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, 35, 3, 1964.