

УДК 524.3—323.7

С. В. Марченко

Пространственные группировки химически пекулярных звезд и их связь со звездами Вольфа — Райе

Проведен кластерный анализ пространственного распределения химически пекулярных звезд. В пяти из семи случаев «богатые» кластеры с числом членов $n \geq 10$ значительно отличаются от звезд поля по показателю цвета $B - V$ и собственным движениям. В двух случаях с «богатыми» кластерами пространственно связаны звезды Вольфа—Райе. Кластер (261.5, —7.0) принадлежит к ассоциации Vela OB2. Как звезды Вольфа—Райе, так и CP-звезды и остатки Сверхновых имеют приблизительно совпадающие зоны избегания в направлении на галактический антицентр $160^\circ < l_{II} < 200^\circ$.

SPACE CLUSTERING OF THE CHEMICALLY PECULIAR STARS AND ITS CONNECTION WITH THE WOLF—RAYET STARS, by Marchenko S. V.—The analysis of the chemically peculiar stars space distribution is carried out. In 5 cases out of 7 the «rich» clusters (with $n \geq 10$ members) are significantly different from the field stars in their colours $B - V$ and proper motions. Two Wolf—Rayet stars are spatially connected with the «rich» clusters. The cluster (261.5, —7.0) belongs to the Vela OB2 association. The WR-, CP-stars and the supernova remnants had roughly the same dearth zone in the galactic anticenter direction $160^\circ < l_{II} < 200^\circ$.

Гипотезы об образовании химически пекулярных (CP) звезд можно разделить на две группы: 1) аномалии химического состава CP-звезд вызваны сепарацией химических элементов вследствие селективной диффузии в атмосфере под действием сил тяжести и лучевого давления в присутствии магнитного поля; 2) попадание извне вещества аномального химического состава. В частности, поставщик подобного вещества — Сверхновые звезды [8]. Предположим, что CP-звезды образуются в результате действия этих двух факторов. Возникает вопрос: есть ли отличия между CP-звездами, появившимися в результате близкого взрыва Сверхновой, и звездами, аномалии химического состава которых возникли в результате селективной диффузии элементов?

Очевидно, что при групповом рождении CP-звезды ранних спектральных классов не успеют за характерное время порядка 10^7 лет покинуть зону звездообразования. Если вспышка звездообразования инициирована взрывом Сверхновой, то у пространственной группировки CP-звезд могут наблюдаться отклонения от средних для CP-звезд характеристик. Во-первых, подобная связанная общим происхождением группировка должна выделяться по кинематическим параметрам (собственные движения, лучевые скорости). Во-вторых, вследствие аномалий химического состава могут наблюдаться отклонения в показателях цвета, показателе «сверхпекулярности» и т. д. Отклонения состава могут возникать вследствие локального обогащения среды, из которой образовалась группировка, продуктами взрыва Сверхновой. Начат поиск отклонений, или «сверхпекулярностей», у отдельных CP-звезд [2]. Достаточно интересным представляется выделение отклонений у пространственно связанных группировок CP-звезд.

Известно, что процессы образования звезд Вольфа — Райе также довольно чувствительны к локальному химическому составу среды. Отношение числа звезд WR азотной последовательности к числу звезд WR углеродной последовательности обратно пропорционально содержанию тяжелых элементов в межзвездной среде. Кроме того, чем выше Z , тем меньше вероятность рождения звезд WR [13, 16]. В свою очередь звезды WR влияют на «экологию» межзвездной среды, обогащая ее элементами ^4He , ^{12}C , ^{17}O , ^{22}Ne и, в меньшей мере, ^{14}N , ^{26}Mg , ^{25}Mg , ^{16}O

[10]. Существование пространственных группировок СР-звезд, отличие их физических параметров от общепринятых для СР-звезд, связь группировок со звездами ВС может косвенно свидетельствовать о локальных неоднородностях химического состава Галактики. Поиск подобных группировок посвящена данная работа.

Поиск пространственных группировок СР-звезд проводился методом кластерного анализа [1, 9]. Первоначально из каталога СР-звезд [14] были исключены все объекты, входящие в скопления и ассоциации согласно списку [3]. Затем построено распределение СР-звезд по координатам (l^{II} , b^{II}). Каждая звезда очерчивалась кругом радиуса r . Если внутри круга находилась другая СР-звезда, то она в свою очередь становилась центром круга и т. д. При анализе использовался набор расстояний r , равных 2, 1.5, 1.25, 1, 0.75° . Для приведенных в табл. 1 кластеров оптимальное $r = 1 \pm 0.1^\circ$. Первая стадия поиска позволила обнаружить в картинной плоскости места повышенной концентрации СР-звезд. Для пространственного (объемного) выделения кластера необходимо знать дифференциальное поглощение для входящих в кластер звезд. Однако можно провести приблизительный отбор членов кластера, включая в него все звезды с $m_V = \bar{m}_V \pm 1.5 \sigma_{M_V}$, где \bar{m}_V — средняя по кластеру звездная величина для данного типа пекулярности, а σ_{M_V} — среднее квадратичное отклонение M_V данного типа пекулярности. Сведения о M_V и σ_{M_V} взяты из [3]. В [14] представлены следующие типы СР-звезд, по избыточному содержанию соответствующих элементов: 1) Si и Si (λ 420 нм); 2) Hg—Mn, Hg, Mn; 3) Si в комбинации с Cr, Eu, Sr, т. е. SiCr, SiEu, SiSr либо SiCrEu и т. д.; 4) Cr, Eu, Sr и их комбинации CrEu, CrEuSr и т. д.

Если обнаруженный кластер — случайное образование, то его поверхностная плотность (в плоскости l^{II} , b^{II}) не будет значимо отличаться от поверхностной плотности окружающих СР-звезд. Функцию распределения поверхностной плотности (ФРПП) можно построить следующим образом. Кластер описывается последовательностью из 20—30 прямоугольников с общим центром, совпадающим с центром кластера, и возрастающими площадями $S_i = S_{i-1} + \Delta S$, где $\Delta S = \text{const} = (5-10)$ кв. град. Проводится подсчет числа звезд n_i в каждом прямоугольнике, которое постепенно растет с увеличением S_i . Нормированная последовательность величин n_i образует ФРПП. По критерию Колмогорова — Смирнова [5] можно провести сравнение ФРПП реальной и равномерного распределения. Очевидно, что последняя — это прямая линия с наклоном 45° , так как в этом случае увеличение n_i строго пропорционально росту S_i . Сравнение показало, что на различных уровнях значимости (табл. 2) обнаруженные кластеры можно считать реальными. Поверхностная плотность кластеров отличается от плотности звезд поля в 1.7—2.4 раза.

Анализ позволил выделить семь «богатых» (число членов $n \geq 10$) группировок (таблицы 1, 2). В дальнейшем проводилось сравнение физических характеристик звезд-членов кластеров с СР-звездами поля. Отметим, что сравнение выполнено только между СР-звездами без привлечения данных о нормальных звездах. Из [18] взяты сведения о собственных движениях μ_α , μ_δ звезд группировок и близлежащих ($\Delta l^{\text{II}} = \Delta b^{\text{II}} \approx \pm 5^\circ$) СР-звезд поля. Так как кластеры в основном представлены звездами с $m_V \approx 8-10^m$, то и из СР-звезд поля формировались выборки соответствующих m_V по 40—60 звезд. Для каждой звезды вычислена величина $\mu = \sqrt{(\mu_\alpha^*)^2 + (\mu_\delta^* \cos \delta)^2}$.

Для кластеров и звезд поля построены плотности функций распределения по μ , которые затем сравнивались по критерию χ^2 [5]. Исправление $\mu_{\alpha,\delta}$ за прецессию, дифференциальное галактическое вращение и движение Солнца к апексу не проводилось, так как оценки показы-

Таблица 1. Состав кластеров, спектральные классы [18] и показатели цвета $B-V$

| Звезда | Спектральный класс | $B-V$ | Звезда | Спектральный класс | $B-V$ |
|-----------------------|--------------------|------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| Кластер (240, 0) | | | Кластер (295.5, -1.0) | | |
| HD 61 260 | — | 0.2 ^m | HD 97 968 | — | 0.04 ^m |
| 61 369 | — | -0.1 | 98 169 | B9 | 0.0 |
| 61 490 | — | -0.3 | 98 956 | B9 | 0.2 |
| 61 731 | — | 0.8 | 98 986 | B9 | 0.2 |
| 61 824 | B9 | 0.1 | 99 147 | A0 | -0.1 |
| 62 005 | A2 | 0.2 | 99 204 | B9 | -0.1 |
| 62 244 | A2 | -0.9 | 99 298 | A0 | 0.3 |
| (62 535) | A0 | -0.04 | 99 826 | — | 0.0 |
| 62 556 | A0 | -0.7 | 99 824 | — | -0.03 |
| 62 553 | A0 | -0.8 | 100 956 | — | 1.1 |
| CD — 24 5863 | — | — | 101 724 | B9 | 0.01 |
| 62 655 | A0 | -0.1 | 102 009 | B8 | -0.04 |
| 63 304 | B9 | 0.02 | 102 053 | A0 | 0.09 |
| CD — 25 5052 | — | — | 102 659 | — | 0.2 |
| (63 486) | — | -0.7 | 103 734 | B3 | 0.5 |
| Кластер (261.5, -7.0) | | | 104 314 | — | 0.1 |
| HD 65 236 | B9 | -0.7 | 104 376 | — | 0.1 |
| 65 639 | — | -0.1 | 105 457 | A0 | 0.08 |
| 66 188 | B9 | -0.3 | 106 204 | — | 0.0 |
| 67 313 | A0 | -0.5 | 106 603 | B9 | 0.2 |
| 67 311 | — | 0.0 | 107 267 | B8 | 0.1 |
| 67 658 | A0 | -1.2 | 108 018 | — | -0.1 |
| 67 951 | B8 | -0.9 | Кластер (316.5, 1.0) | | |
| 67 950 | — | -0.6 | HD 127 957 | B9 | -0.1 |
| 67 982 | B9 | -1.6 | 128 016 | B9 | 0.0 |
| 68 006 | B8 | -1.0 | 128 226 | B9 | 0.2 |
| 68 322 | B8 | -1.2 | 128 249 | A0 | 0.1 |
| (68 419) | A2 | -0.2 | 128 521 | B9 | 0.0 |
| 68 476 | B9 | -1.3 | 128 540 | A0 | 0.1 |
| 68 555 | B8 | -0.8 | 128 697 | B9 | 0.1 |
| 68 807 | A0 | -0.8 | 128 840 | — | 0.1 |
| 69 193 | — | -0.6 | 128 963 | A0 | 0.0 |
| 69 932 | — | 0.0 | 129 421 | B9 | 0.0 |
| (70 045) | A0 | -1.4 | 129 934 | — | 0.1 |
| 70 123 | — | 0.1 | 130 382 | A0 | 0.1 |
| 70 331 | B9 | -0.5 | Кластер (323, 1) | | |
| (70 464) | B9 | -0.3 | (HD 133 757) | B8 | 0.0 |
| (70 507) | B9 | -0.4 | 134 507 | A2 | 0.3 |
| Кластер (281, -1) | | | 134 465 | — | 0.1 |
| HD 83 957 | A0 | -0.1 | (135 459) | — | 0.2 |
| 84 629 | B9 | 0.0 | 135 714 | — | 0.1 |
| 84 656 | B8 | -0.11 | 135 916 | B8 | 0.1 |
| 84 690 | — | 0.0 | 136 357 | — | 0.2 |
| 84 907 | A0 | 0.0 | (137 160) | A0 | 0.0 |
| 85 284 | — | 0.1 | 137 436 | B8 | 0.0 |
| 85 767 | B8 | 0.1 | 137 681 | A0 | 0.0 |
| (85 872) | — | 0.1 | 137 925 | — | 0.1 |
| 85 812 | — | 1.1 | (138 079) | — | 0.1 |
| (85 984) | — | 0.1 | 138 167 | B8 | 0.14 |
| 86 181 | F0 | 0.1 | (138 519) | B8 | 0.1 |
| 86 251 | — | 0.1 | 138 151 | B8 | 0.0 |
| 86 824 | A | -0.1 | Кластер (324.5, 4.5) | | |
| 86 995 | — | 0.08 | HD 132 205 | A2 | 0.3 |
| (87 087) | — | 0.2 | 132 319 | A0 | 0.0 |
| 87 653 | B8 | -0.1 | 133 246 | B9 | 0.0 |
| 88 042 | — | — | 133 755 | B9 | 0.1 |
| 88 208 | A0 | 0.0 | 134 121 | — | 0.4 |
| 88 385 | A0 | 0.02 | 134 185 | F0 | 0.4 |
| 88 757 | B8 | -0.01 | 135 177 | A0 | -0.3 |
| 89 385 | B9 | -0.1 | (135 800) | — | -0.3 |
| 89 663 | A2 | 0.0 | 136 467 | — | 1.0 |
| 90 233 | A0 | 0.1 | 136 946 | — | 0.1 |
| 84 945 | A0 | 0.0 | 137 363 | B9 | -0.2 |
| | | | 137 434 | B9 | 0.2 |
| | | | 137 581 | A0 | 0.1 |
| | | | 137 732 | B9 | 0.0 |

вают, что поправки не вносят существенных изменений в форму функций распределения и, следовательно, не влияют на статистические выводы. Еще одна характеристика, по которой можно провести сравнение кластеров с СР-звездами поля,— показатель $B-V$. Поиск отличий в $B-V$ проводился по схеме, аналогичной анализу собственных движений. Каждый тип пекулярности исследовался отдельно, так как у некоторых из них существенно различаются $B-V$. Показатели $B-V$ кластеров сравнивались с аналогичными показателями звезд всего каталога и прилежащей к кластеру зоны ($\Delta l^{II} = \Delta b^{II} \approx \pm 5^\circ$).

Перейдем к обсуждению полученных результатов. В дальнейшем кластеры будем обозначать по координатам (l^{II} , b^{II}) их геометрического центра. Состав кластеров представлен в табл. 1. В ней в скобках даны звезды, величины m_V которых выходят за пределы \bar{m}_V (по кластеру) $\pm \sigma_{m_V}$. В табл. 2 приведены отличия от звезд поля: μ ; $B-V$; поверхностной плотности кластера $\rho = \rho_{\text{класт}}/\rho_{\text{зв.поля}}$ (приведен уровень значимости p в %); проецирующиеся на кластер остатки Сверхновых (ОСН), согласно [19]; пространственно связанные с кластером звезды Вольфа — Райе. Необходимо отметить следующее: 1) кластеры мы отбирали после анализа всей совокупности тестов, не отдавая предпочтения какому-либо из них. Кластер считался реальным, если срабатывали как минимум два из трех тестов; 2) 43 % звезд каталога [14] сосредоточено в узкой зоне (l^{II} , b^{II}) = (200—360°, +10—(−10°)), поэтому не удивительно, что кластеры обнаружены в этой зоне.

Кластер (240, 0) не выделяется среди звезд поля по μ . Поверхностная плотность кластера в 2.2 раза выше, чем у звезд поля. Звезды кластера первого типа пекулярности не различаются по $B-V$ от звезд всего каталога, зато отличны от близлежащих звезд поля. Четвертый тип пекулярности сильно отличается по $B-V$ как от каталога, так и от окружающих СР-звезд. В табл. 3 приведены полученные по данным каталога [14] средние значения $B-V$ для кластеров и СР-звезд поля, прилежащих к кластерам, средние значения $B-V$ для всего каталога.

Кластер (261.5, −7.0) пространственно связан с ОВ-ассоциацией Vela OB2, окруженной гигантской расширяющейся оболочкой Н II — самой большой областью Н II в Галактике, туманностью Гама. Иони-

Таблица 2. Результаты выделения кластеров по трем статистическим критериям

| Кластер | Тест собственных движений μ | Тест $B-V$ | Тест локальной плотности ρ | ОСН, проецирующиеся на кластер | Близкие звезды WR |
|---------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|-------------------|
| (240.0) | Отличий нет | Тип 4 99 % | 2.2 94 % | Нет | Нет |
| (261.5, −7.0) | 99.9 % | Все три типа 99.9 % | 2.4 84 % | Gum, Vela XYZ | γ^2 Vel |
| (281, −1) | 99.9 % | Отличий нет | 2.0 80 % | MSH 10—53 (?) | Нет |
| (295.5, −1.0) | Отличий нет | Тип 1 96.5 % | 2.3 95 % | G 291—0.1 G 296.1—0.7 ? G 296.5+9.7 G 296.8—0.3 ? G 298.5—0.3 ? G 299.0+0.2 ? G 298.6+0.0 ? | Нет |
| (316.5, 1.0) | 99 % | Отличий нет | 2.2 ? | G 315.4—0.3 ? G 316.3—0.0 ? G 321.9—0.3 ? | Нет |
| (323, 1) | 99.9 % | Тип 1 ? | 1.7 ? | G 322.3—1.2 ? G 323.5+0.1 ? | HD 137 603 |
| (324.5, 4.5) | 99.9 % | Тип 1 92 % | 1.8 80 % | Нет | Нет |

зация зоны Н II поддерживается звездами γ^2 Vel (WR) и ζ Pup (O4f) [4]. Первая в свою очередь входит в состав кластера (261.5, -7.0) (рис. 1). Межзвездное поглощение мало в направлении на кластер и составляет $A_V = 0.03^m$ для γ^2 Vel. Расстояние до γ^2 Vel составляет примерно 480 пк [13]. Среднее расстояние до кластера (без учета межзвездного поглощения) $r \approx 850 \pm 300$ пк. Значительная неопределенность возникает в связи с отсутствием точных значений M_V входящих

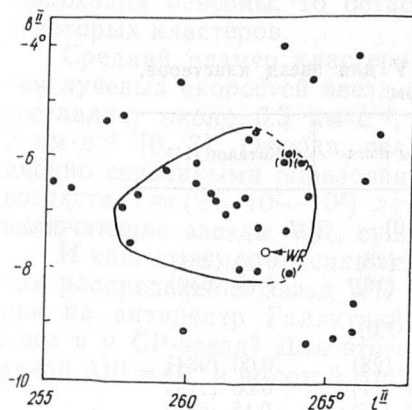


Рис. 1. Кластер (261.5, -7.0)

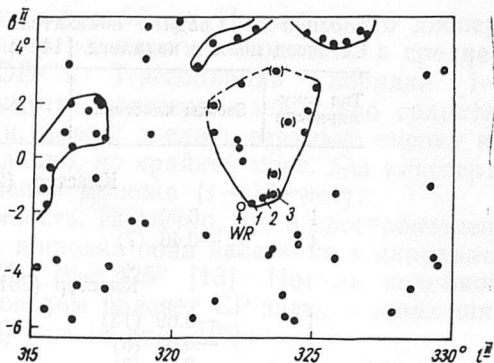


Рис. 2. Кластеры (323, 1); (316.5, 1.0) — частично; (324.5, 4.5) — частично

в кластер звезд. Ближайшие звезды кластера расположены на $r \approx 480-500$ пк. На расстоянии примерно 35 пк от γ^2 Vel находится пульсар PSR 0833-45 — остаток вспышки Сверхновой Vela XYZ, возраст которой около $1.1 \cdot 10^4$ лет [11]. Туманность Гама рассматривается как старый остаток Сверхновой, вспыхнувшей около 10^6 лет назад [17]. Кластер (261.5, -7.0) резко отличен от CP-звезд поля по собственному движению и по показателю $B-V$ (табл. 3). Поверхностная плотность кластера в 2.4 раза выше, чем у звезд поля. Экстремальность характеристик, пространственная связь кластера с ассоциацией, звездой WR и старым остатком Сверхновой ставят интересную задачу — выяснить причины больших отклонений по $B-V$ входящих в кластер звезд. Одна из возможностей появления anomalously больших отрицательных $B-V$ — большая интенсивность депрессии $\lambda 520$ нм. Очевидно, что для кластера (261.5, -7.0) необходимо провести переопределение $B-V$ и детально исследовать химический состав звезд кластера.

Кластер (281, -1) выделяется по μ и по повышенной поверхностной плотности (табл. 2). Отличий в показателе $B-V$ нет.

Кластер (295.5, -1.0) не отличается от звезд поля по μ , но достаточно плотен (табл. 2); отличается по показателю $B-V$ (табл. 3). Достаточно близко к кластеру расположены остатки Сверхновых G 296.5+9.7 ($r \approx 1.1$ кпк) и G 291-0.1 ($r \approx 0.9-1.4$ кпк) [15].

Кластер (316.5, 1.0) образует цепочку (рис. 2). Тест поверхностной плотности не дает однозначных результатов, как в случаях (323, 1) и (324.5, 4.5), из-за близости трех кластеров. Тем не менее $\rho = 2.2$.

Кластер (323, 1) пространственно связан со звездой Вольфа—Райе HD 137 603 (рис. 2). Расстояние до звезды — 680 пк. Среднее расстояние до кластера (без учета межзвездного поглощения) 780 ± 300 пк; $\rho = 1.7$ (табл. 2). Показатель $B-V$ по первому типу пекулярности также несколько отличается от средних каталожных значений (табл. 3). Есть значимые отличия в собственных движениях звезд кластера от звезд поля. Ввиду большого поглощения в направлении на кластер ($A_V = 5.78^m$ для HD 137 603 [13]) необходим пересмотр величин $B-V$ для звезд кластера с учетом возможного дифференциального поглощения. При этом надо учесть, что существенный вклад в A_V может вно-

сильная пылевая оболочка вокруг HD 137 603 [20]. Если звезды 1—3 (рис. 2) принадлежат к кластеру, то их m_V должны быть приблизительно одинаковы. Однако по мере удаления от звезды WR мы наблюдаем следующий ход m_V : для звезды 1—эта величина равна 10.8^m ; для звезды 2— 8.8^m ; для звезды 3— 7.9^m . Последнее может свидетельствовать о значительных градиентах A_V в окрестностях HD 137 603.

Кластер (324.5, 4.5) (частично на рис. 2) выделяется по μ и по показателю $B-V$ (табл. 3); $\rho=1.8$.

Таблица 3. Средние показатели $B-V$ для звезд кластеров, CP-звезд поля и каталога [14] в целом

| Тип пекулярности | Звезды кластера | CP-звезды поля | Каталог [14] |
|-----------------------|-----------------|----------------|--------------|
| Кластер (240, 0) | | | |
| 1 | 0.00 (8) | -0.15 (28) | 0.00 (984) |
| 4 | -0.46 (7) | 0.00 (19) | 0.15 (630) |
| Кластер (261.5, -7.0) | | | |
| 1 | -0.69 (13) | 0.06 (28) | 0.00 (984) |
| 3 | -0.62 (5) | -0.04 (11) | 0.00 (124) |
| 4 | -0.70 (3) | 0.14 (15) | 0.15 (630) |
| Кластер (295.5, -1.0) | | | |
| 1 | 0.13 (22) | 0.07 (29) | 0.00 (984) |
| Кластер (323, 1) | | | |
| 1 | 0.08 (11) | 0.00 (42) | 0.00 (984) |
| 4 | 0.15 (4) | 0.14 (6) | 0.15 (630) |
| Кластер (324.5, 4.5) | | | |
| 1 | 0.12 (11) | 0.01 (18) | 0.00 (984) |
| 4 | 0.20 (2) | 0.10 (11) | 0.15 (630) |

Обсуждение результатов. Случайная связь звезд WR с кластерами мало вероятна. Из 160 галактических звезд WR лишь четыре расположены на расстояниях $r < 1$ кпк [12, 13]. В то же время практически все CP-звезды находятся в этом объеме. Семь обнаруженных богатых кластеров занимают лишь незначительную часть объема до $r=1$ кпк:

$$V_{\text{Зкласт}} / (1000 \text{ пк})^3 \approx 7 (\bar{r}_{\text{класт}})^3 / 10^9 \sim 3 \cdot 10^{-4}.$$

Таким образом, вероятность (схема Бернулли) случайного пространственного совпадения двух из четырех звезд WR с кластерами $p \approx 5 \cdot 10^{-7}$. В кластерах отсутствуют CP-звезды второго типа пекулярности (ртутно-марганцевые). Они достаточно горячи ($10\,000 \text{ K} \leq T_{\text{эф}} \leq 14\,000 \text{ K}$) для того, чтобы можно было более-менее уверенно говорить о приблизительно десятикратном дефиците He [8]. 124 звезды кластеров должны содержать приблизительно шесть (Hg—Mn)-звезд (исходя из частоты встречаемости звезд различных типов в каталоге [14]). Вероятность случайного отсутствия $x=6$ звезд в выборке $n=124$ составляет $p=3 \cdot 10^{-3}$, т. е. с достаточно высокой вероятностью (Hg—Mn)-звезды с дефицитом He избегают мест формирования кластеров. Было бы весьма интересно определить содержание He у звезд кластеров. Избыток и изотопные аномалии He по сравнению с остальными CP-звездами могли бы свидетельствовать в пользу гипотезы о близком взрыве Сверхновой. Обе звезды WR, принадлежащие к кластерам, имеют спектральный класс WC8. В местах с повышенным содержанием тяжелых элементов должны преимущественно формироваться WC-звезды.

Если исходные посылки верны и отклонения от средних для СР-звезд характеристик у некоторых обнаруженных кластеров вызваны формированием СР-звезд из вещества, обогащенного продуктами взрывов Сверхновых, то возникает возможность проверки этого предположения: поиск подобных группировок СР-звезд вокруг ВС-звезд. Особенно интересны области в Киле и Лебеде [4, с. 269—270]. Если же приведенные предположения неверны, то остается объяснить факт отклонений $B-V$ у некоторых кластеров.

Средний размер кластеров примерно 50 пк. Известно, что дисперсия лучевых скоростей звезд в ядрах рассеянных скоплений в среднем составляет около $0.5 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$, у ОВ- и Т-ассоциаций — порядка $1-2 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$ [6, 7]. Отсюда, если считать кластеры изначально гравитационно связанными образованиями, можно сделать верхнюю оценку их возраста: $t \approx (2.5 \cdot 10^7 - 10^8)$ лет. Однако, по крайней мере, два кластера, включающие звезды WR, существенно моложе ($t \sim 10^6$ лет).

И еще одна интересная особенность. Известно, что в пространственном распределении звезд WR есть широкая зона избегания в направлении на антицентр Галактики $140^\circ < l^{II} < 225^\circ$ [13]. Нет ли подобной зоны и у СР-звезд? Для этого проведем подсчет СР-звезд в зонах шириной $\Delta l^{II} = 40^\circ$ и высотой $\Delta b^{II} = 20^\circ$ (от 10 до -10°):

| | | | | | |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Широта, град | 0—40 | 40—80 | 80—120 | 120—160 | 160—200 |
| Количество звезд в зоне | 50 | 69 | 51 | 35 | 22 |
| Широта, град | 200—240 | 240—280 | 280—320 | 320—360 | |
| Количество звезд в зоне | 149 | 190 | 252 | 187 | |

Видно, что в южном полушарии проведен более тщательный поиск СР-звезд. Однако даже на фоне общей неравномерности можно выделить глубокий минимум в направлении на антицентр $l = 160-200^\circ$. Для подтверждения этой тенденции необходимо провести поиск СР-звезд до $m_V \approx 15^m$ в пределах $l^{II} = 100-250^\circ$. Зона избегания есть и у остатков Сверхновых. Так, в широких пределах $l^{II} = 135-285^\circ$ найдено всего 12 ОСН, т. е. 10 % общего количества [19]. Следовательно, звезды WR, как и СР-звезды и ОСН, имеют приблизительно совпадающие зоны избегания.

Выводы. Проведен кластерный анализ (l^{II}, b^{II}) -распределения СР-звезд. С привлечением сведений о величинах M_V звезд различных типов пекулярности выделены семь «богатых» пространственных группировок с числом членов $n \geq 10$. Две из них содержат звезды Вольфа — Райе. Пять из семи кластеров отличны от СР-звезд поля по собственным движениям, столько же — по показателю $B-V$. Поверхностная плотность звезд в кластерах в 1.7—2.4 раза выше, чем у СР-звезд поля. Кластер (261.5, -7.0) принадлежит к ассоциации Vela OB2. У СР-звезд, звезд WR и остатков Сверхновых обнаружено приблизительно совпадение зон избегания в направлении на галактический антицентр $160^\circ < l^{II} < 200^\circ$.

Автор благодарит Б. Е. Жилиева, И. Г. Колесника, И. М. Копылова, С. Г. Кравчука, П. Ф. Лазоренко, Л. С. Пилюгина, Н. В. Харченко, Л. М. Шульмана за полезные замечания, консультации и обсуждение результатов работы.

1. Горбачкий В. Г., Крицук А. Г. Общие свойства скоплений и групп галактик // Итоги науки и техники / ВИНТИ. Астрономия.— 1987.—29.— С. 3—61.
2. Копылов И. М. Количественные спектральные индексы пекулярности СР-звезд верхней части главной последовательности // Астрофиз. исслед. Изв. Спец. астрофиз. обсерватории.— 1987.—24.— С. 44—67.
3. Лебедев В. С. Статистическое изучение химически пекулярных звезд. IV. Светимость звезд различных типов // Там же.— 1986.—23.— С. 64—73.
4. Лозинская Т. А. Сверхновые звезды и звездный ветер. Взаимодействие с газом Галактики.— М.: Наука, 1986.—304 с.

5. Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике.— М.: Финансы и статистика, 1982.—272 с.
6. Холопов П. Н. Звездные ассоциации и молодые звездные скопления // Сообщ. Гос. астрон. ин-та им. П. К. Штернберга.— 1979.— № 205.— С. 3—35.
7. Холопов П. Н. Звездные скопления.— М.: Наука, 1981.—480 с.
8. Хохлова В. Л. Магнитные звезды // Итоги науки и техники / ВИНТИ. Астрономия.— 1983.—24.— С. 233—289.
9. Эйгенсон А. М., Яцык О. С. Кластерный анализ молодых рассеянных скоплений // Астрон. журн.— 1987.—64, вып. 5.— С. 965—979.
10. Abbott D. C., Conti P. S. Wolf—Rayet stars // Ann. Rev. Astron. and Astrophys.— 1987.—25.— P. 113—125.
11. Brandt J. C., Stecher T. P., Crawford D. L., Maran S. P. The Gum nebula; fossil Stromgren sphere of the Vela X supernova // Astrophys. J.— 1971.—163, N 3.— P. L99—L104.
12. Hidayat B., Admiranto A. G., van der Hucht K. A. Wolf—Rayet binaries. Evolutionary causes for their distribution in the Galaxy // Astrophys. and Space Sci.— 1984.—99, N 1/2.— P. 175—190.
13. Hidayat B., Supelli K., van der Hucht K. A. The galactic distribution of Wolf—Rayet stars // Wolf—Rayet Stars: Observations, Physics, Evolution.— Dordrecht: Reidel, 1983.— P. 27—40.— (IAU Symp. N 99).
14. Jashek M., Egret D. Catalog of stellar groups. Part 1. // Publ. Spec. CDS.— 1981.— N 4.
15. Kumar C. K. Supernova remnants in open clusters // Astrophys. J.— 1978.—219, N 1.— P. L13—L15.
16. Massey P. Wolf—Rayet stars in nearby galaxies // Luminous stars and associations in galaxies.— Dordrecht: Reidel, 1986.— P. 215—216.— (IAU Symp. N 116).
17. Reynolds R. J. The Gum nebula: an old supernova remnant ionized by Zeta Puppis and Gamma Velorum? // Astrophys. J.— 1976.—206, N 3.— P. 679—684.
18. *Star Catalog*. Positions and Proper Motions of 258 997 Stars for the Epoch and Epoch of 1950.0.— Washington: Smithsonian Inst., 1966.
19. van den Bergh S. A systematic search for galactic supernova remnants // Astrophys. J. Suppl. Ser.— 1978.—38, N 2.— P. 119—128.
20. Williams P. M., van der Hucht K. A., The P. S. Infrared photometry of late-type Wolf—Rayet stars // Astron. and Astrophys.— 1987.—182, N 1.— P. 91—106.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 26.04.88,
после доработки 25.08.88

РЕФЕРАТ ДЕПОНИРОВАННОЙ РУКОПИСИ

УДК 523.43—323

ПОЗИЦИОННЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ МАРСА В ГАО АН УССР В 1982, 1984 ГОДАХ / Серeda Е. М.

(Рукопись деп. в ВИНТИ; № 632-В89)

Приведены 70 положений Марса в системе каталогов SAO и AGK3 и исправленных за наклон фильтра, эффект фазы и атмосферную дисперсию. Пластины получены в ГАО АН УССР на астрографе ($D=40$ см, $F=5.5$ м). Блеск Марса ослаблялся нейтральными фильтрами и шестиугольной диафрагмой.