

УДК 524.45

© *М. Л. Гожа, В. А. Марсаков***ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧНОСТИ  
В ОКРЕСТНОСТЯХ СОЛНЦА ПО ДАННЫМ О МОЛОДЫХ РАССЕЯННЫХ  
СКОПЛЕНИЯХ И ЦЕФЕИДАХ ПОЛЯ<sup>1</sup>**

Проведен сравнительный анализ пространственных распределений молодых ( $< 50$  млн. лет) рассеянных звездных скоплений и цефеид поля разной металличности. Оба типа объектов продемонстрировали существенные неоднородности распределений металличности, что свидетельствует о слабом перемешивании межзвездного вещества на момент их образования. Причем существенное различие этих распределений у рассеянных скоплений и звезд поля заставляет предположить различие условий, требующихся для образования этих типов объектов.

*Ключевые слова:* рассеянные звездные скопления, цефеиды поля, звездные комплексы, химический состав, Галактика (Млечный Путь).

**Введение**

Население рассеянных звездных скоплений неоднородно и делится на две группы, различающиеся средними параметрами, свойствами и происхождением. Одна группа — это галактические скопления, образовавшиеся в основном из межзвездного вещества тонкого диска, имеющие металличности близкие к солнечной ( $[Fe/H] > -0.2$ ) и обладающие практически круговыми орбитами, недалеко отходящими от галактической плоскости, то есть характерными для звезд поля тонкого диска Галактики. Вторая группа — это пекулярные скопления, образовавшиеся в результате взаимодействия внегалактических объектов (таких как высокоскоростные облака, шаровые скопления или карликовые галактики) с межзвездным веществом тонкого диска, в результате получившие аномально низкие для звезд поля тонкого диска металличности и/или галактические орбиты, характерные для объектов более старых подсистем Галактики. Анализируя элементы орбит, мы показали, что основная масса скоплений обеих групп образовалась внутри галактоцентрического радиуса  $\approx 10.5$  кпк и ближе  $\approx 180$  пк от галактической плоскости, но благодаря высоким начальным скоростям пекулярные скопления со временем оккупировали объемы, занимаемые объектами толстого диска, собственного гало и даже аккрецированного гало (то есть короны) Галактики.

В настоящей работе нас интересует пространственная распространенность тяжелых элементов в межзвездной среде в окрестностях Солнца накануне начала там звездообразования. Наиболее подходящими объектами для такого исследования являются, пожалуй, рассеянные звездные скопления. Этому способствует несколько факторов. Во-первых, скопления видны на значительных расстояниях и эти расстояния определяются довольно точно. Во-вторых, возрасты скоплений определяются намного надежней, чем одиночных звезд поля. В-третьих, среди скоплений много очень молодых, которые из-за небольшого возраста не могли далеко отойти от мест своего рождения. Именно поэтому они хорошо прорисовывают отрезки спиральных ветвей, являющихся гигантскими звездными комплексами. И наконец, в-четвертых, для F–G–звезд даже весьма удаленных скоплений зачастую удается определить металличности, причем не только фотометрическими, но и спектроскопическими методами.

<sup>1</sup>Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (код проекта 11–02–00621а), а также при частичной поддержке Министерства образования и науки РФ (проекты П 685 и № 14.А18.21.0787).

Столь же хорошими индикаторами спиральных ветвей и типичными представителями звездных комплексов являются короткоживущие длиннопериодические цефеиды. Для значительного числа этих объектов известны металличности, поэтому можно сравнить пространственное распределение металличности у звезд поля и у скоплений. Лепин и др. [1] по цефеидам обнаружили азимутальный градиент металличности, который по величине оказался сравнимым с радиальным градиентом металличности; то есть металличности звезд поля, находящихся на одинаковых галактоцентрических расстояниях, обнаруживают заметные систематические вариации химического состава, что свидетельствует о слабом перемешивании межзвездной среды. В итоге авторы делают вывод, что регистрируемый по многим объектам околосолнечной окрестности радиальный градиент металличности в тонком диске указывает лишь на наличие статистической закономерности и в разных направлениях от галактического центра его величины могут различаться. Целью настоящей работы является сравнительный анализ пространственных распределений тяжелых элементов в окрестностях Солнца среди молодых рассеянных скоплений и цефеид поля, а также исследование свойств скоплений внутри гигантских звездных комплексов.

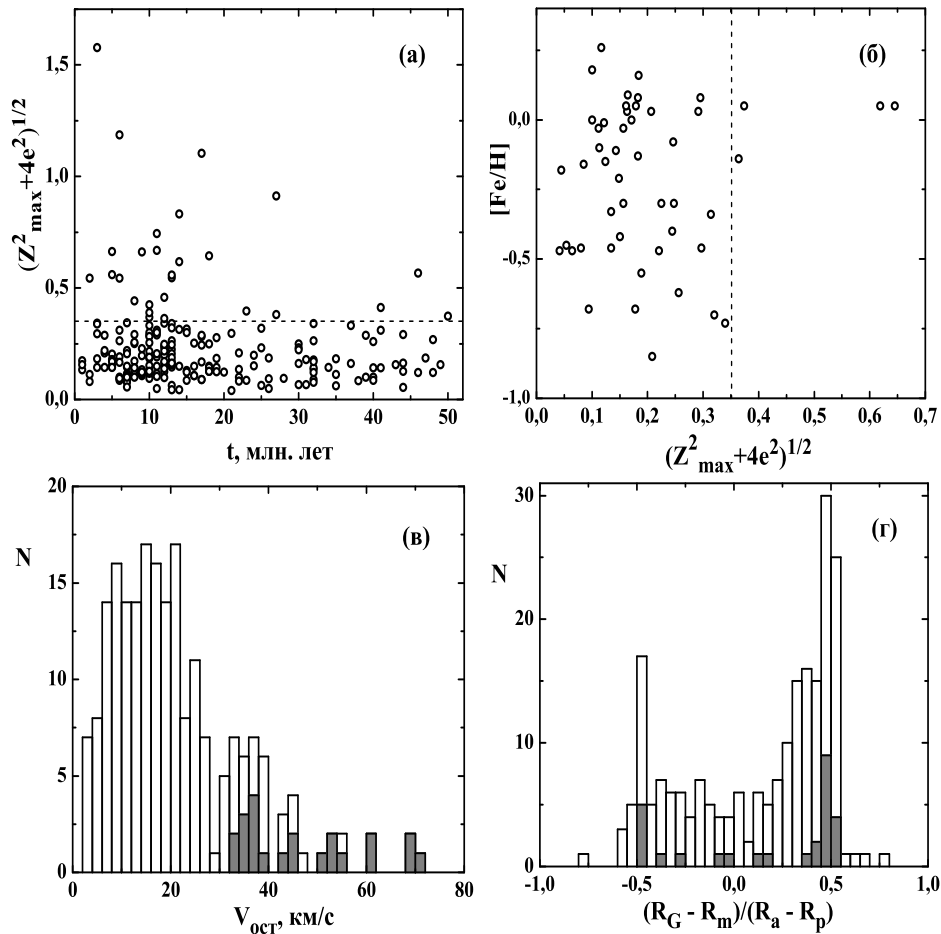
## § 1. Исходные данные

В работе [2] описан составленный нами на основе последних опубликованных данных компилятивный каталог фундаментальных астрофизических параметров для 593 рассеянных скоплений Галактики с известными полными скоростями или металличностями. В этом каталоге оказалось 226 скоплений моложе 50 миллионов лет, причем для всех известны расстояния, для 218 скоплений — элементы галактических орбит, для 192 — массы, а для 57 — металличности. Поскольку подавляющее количество скоплений данной выборки находится в пределах 3 кпк от Солнца, данные параметры определены у них с достаточной для статистических исследований точностью. Подробное описание ошибок всех используемых параметров приведено в цитируемой выше работе.

Список, содержащий 276 цефеид поля с известными периодами переменности, расстояниями и компонентами пространственных скоростей, взят из работы [3]. Возрасты этих звезд мы вычислили по формуле  $lgt = 8.16 - 0.68lgP$ , где  $t$  — возраст в годах,  $P$  — период цефеиды в сутках. В списке оказалось 207 цефеид моложе 50 млн. лет. Спектроскопические определения содержания железа для 77 молодых цефеид найдены в работах одной группы авторов [4–9].

Напомним, что принадлежность звезд и скоплений той или иной подсистеме Галактики в работах [2, 10] мы определяли по элементам галактических орбит. В качестве обобщенной характеристики орбиты для этого использовался параметр, предложенный в работе [11] —  $(Z_{max}^2 + 4e^2)^{1/2}$ , где эксцентриситет ( $e$ ) является безразмерной величиной, а максимальное удаление точек орбиты от галактической плоскости ( $Z_{max}$ ) измеряется в килопарсеках. На рис. 1 а приведена диаграмма «возраст–параметр  $(Z_{max}^2 + 4e^2)^{1/2}$ ». Из нее видно, что в обсуждаемой выборке практически все скопления с высокими вытянутыми орбитами (то есть по определению из [2] удовлетворяющие критерию  $(Z_{max}^2 + 4e^2)^{1/2} > 0.35$ ) оказались моложе 20 млн. лет. Это означает, что именно 20 млн. лет назад началась последняя вспышка образования таких «быстрых» скоплений. К сожалению, отношения  $[Fe/H]$  известны только у четырех из 27 молодых быстрых скоплений (см. рис. 1б), и все они имеют примерно солнечную металличность. Согласно [12] такие скопления образовались в результате «взаимодействия шаровых скоплений с галактическим диском». Зато практически все малометаллические ( $[Fe/H] < -0.25$ ) молодые скопления оказались на плоских почти круговых орбитах. Согласно [12] такие скопления возникли из упавшего из внешних частей Галактики (или захваченного из разрушенных галактик–спутников) межзвездного вещества.

Анализ показал, что наиболее вероятный возраст наших молодых скоплений  $\approx 10$  млн. лет (см. рис. 2б), тогда как их наиболее вероятная остаточная скорость  $\approx 18$  км/с (см. рис. 1в, на котором 5 наиболее быстрых скоплений не показаны). В итоге среднее смещение скоплений относительно места своего рождения оказывается менее 200 пк, то есть примерно того же порядка, что и ошибка в расстояниях до этих скоплений, которая составляет  $\approx 20\%$  (см. [2]). Это



**Рис. 1:** (а) — диаграмма «возраст–параметр  $(Z_{max}^2 + 4e^2)^{1/2}$ », где  $Z_{max}$  — максимальное удаление точек орбиты от галактической плоскости, выраженное в килопарсеках, а « $e$ » — эксцентриситет орбиты; (б) — диаграмма «параметр  $(Z_{max}^2 + 4e^2)^{1/2} - [Fe/H]$ »; (в) — распределение по полным остаточным скоростям; (г) — по относительным удалениям от среднего радиуса своих орбит  $(R_G - R_m)/(R_a - R_p)$  для рассеянных скоплений моложе 50 млн. лет. Штриховые линии на первых двух панелях соответствуют критическому значению параметра  $(Z_{max}^2 + 4e^2)^{1/2} = 0.35$ , серые гистограммы на панелях (в, г) — скопления, у которых этот параметр  $> 0.35$

означает, что скопления вполне пригодны для статистического анализа распределения химических элементов в окрестностях Солнца. У быстрых скоплений подобные смещения получились в несколько раз больше, поэтому даже при малом возрасте они уже находятся далеко от места своего рождения.

На рис. 1 г приведено распределение молодых скоплений по разнице между нынешним положением скопления ( $R_G$ ) и средним радиусом его орбиты ( $R_m$ ), отнормированной на  $(R_a - R_p)$ . (Ввиду того что используемые нами параметры орбит вычислялись в работе [12] как средние за 15 млрд. лет, нынешние положения нескольких скоплений получились меньше табличных значений перигалактического ( $R_p$ ) или больше апогалактического ( $R_a$ ) радиусов их орбит, то есть для них отношения  $(|(R_G - R_m)/(R_a - R_p)| > 0.5)$ . Поскольку возрасты наших скоплений значительно меньше периода их обращения вокруг галактического центра, по гистограмме можно определить, в какой части орбиты скопление образовалось. Из диаграммы видно, что скопления образуются преимущественно вблизи апогалактических радиусов своих орбит (отношения  $> 0.4$  у трети скоплений), реже вблизи перигалактических радиусов и еще реже вблизи средних радиусов орбит. В еще большей степени это проявляется для быстрых скоплений с высокими вытянутыми орбитами (серая гистограмма на рис. 1 г). Причем такие скопления образуются главным образом около максимального радиуса своей орбиты (отношения  $> 0.4$  более

чем у половины скоплений), значит начальный импульс они приобретают от внегалактических объектов, движущихся в направлении галактического центра.

## § 2. Сравнительный анализ свойств молодых рассеянных скоплений и цефеид поля

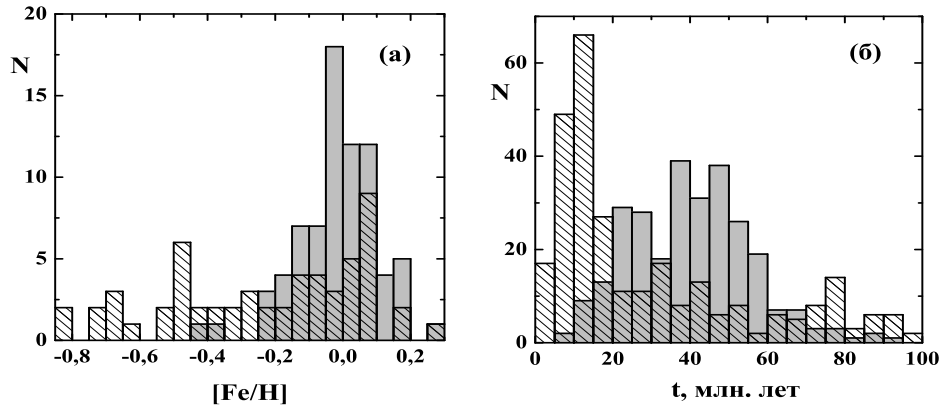
В работе [2] мы показали, что распределения по металличности рассеянных скоплений и близких  $F-G$ -звезд поля тонкого диска всех возрастов существенно различаются. Сравним теперь распределения примерно одинаково удаленных от Солнца объектов — молодых скоплений и цефеид поля. На рис. 2а приведены функции металличности этих объектов. Налицо практически полное совпадение деталей распределений с гистограммами на рис. 2в из работы [2]. В частности, наблюдается явный избыток малометаллических скоплений по сравнению с цефеидами поля. Аналогично и главный максимум распределения по  $[Fe/H]$  у молодых скоплений имеет металличность больше солнечной, тогда как у цефеид поля — несколько меньше солнечной.

Хотя и те и другие объекты молодые, но их распределения по возрастам различаются: у скоплений максимум наблюдается в районе 10 млн. лет, тогда как у цефеид — примерно на 30 млн. лет позже (см. рис. 2б). Связано это с тем, что массивной звезде необходимо какое-то время, чтобы проэволюционировать до зоны пульсационной неустойчивости и стать цефеидой. С другой стороны, молодые скопления находятся под сильным гравитационным воздействием образовавшей их спиральной волны плотности и поэтому быстро диссипируют. В итоге относительная численность скоплений уже через 20 млн. лет резко падает. Тем не менее в пределах выбранного нами диапазона ( $< 50$  млн. лет) количество объектов обоих типов оказывается примерно одинаковым и является достаточным для статистически значимых оценок.

На рис. 3а для обоих типов объектов приведены зависимости металличности от возраста в пределах 50 млн. лет. Видно, что и среди молодых скоплений значительная доля оказывается ниже нижней огибающей для цефеид поля (см. штриховую линию на диаграмме, проведенную «на глаз»). Это убедительно свидетельствует как о существенной неоднородности химического состава межзвездной среды в галактической плоскости в окрестностях Солнца, так и об иной истории химической эволюции вещества, из которого образовались малометаллические скопления. Диаграммы «галактоцентрическое расстояние–металличность» (рис. 3б), приведенные на следующей панели, хотя и демонстрируют примерно одинаковые в пределах ошибок величины радиальных градиентов металличности у обоих объектов, но зависимость скоплений лежит, как и следовало ожидать, заметно ниже зависимости звезд поля. Зато азимутальные градиенты у звезд поля и скоплений оказались различающимися кардинально (см. рис. 3в, где координата ( $y$ ) положительна в направлении галактического вращения). И если молодые цефеиды, подтверждая выводы работы [1], обнаруживают увеличение металличности в направлении вращения Галактики, то молодые скопления — уменьшение. Причем отрицательная величина азимутального градиента металличности скоплений обеспечивается исключительно объектами, лежащими на диаграмме «возраст–металличность» ниже нижней огибающей для цефеид поля (см. рис. 3а). Если эти скопления убрать с диаграммы, то зависимости оставшихся богатых металлами скоплений и цефеид поля полностью совпадут. Если эти же скопления убрать с предыдущей панели, то радиальный градиент у молодых скоплений в пределах ошибок станет равным нулю.

## § 3. Спиральные ветви и звездные комплексы

Обычно полагается, что в тонком галактическом диске звездообразование стимулируется главным образом спиральными волнами плотности. Согласно современным представлениям обнаруживаемые в окрестностях Солнца отрезки спиральных ветвей являются гигантскими звездными комплексами [13]. Молодые рассеянные скопления и цефеиды поля это уверенно подтверждают. На рис. 4а приведены распределения в проекции на галактическую плоскость

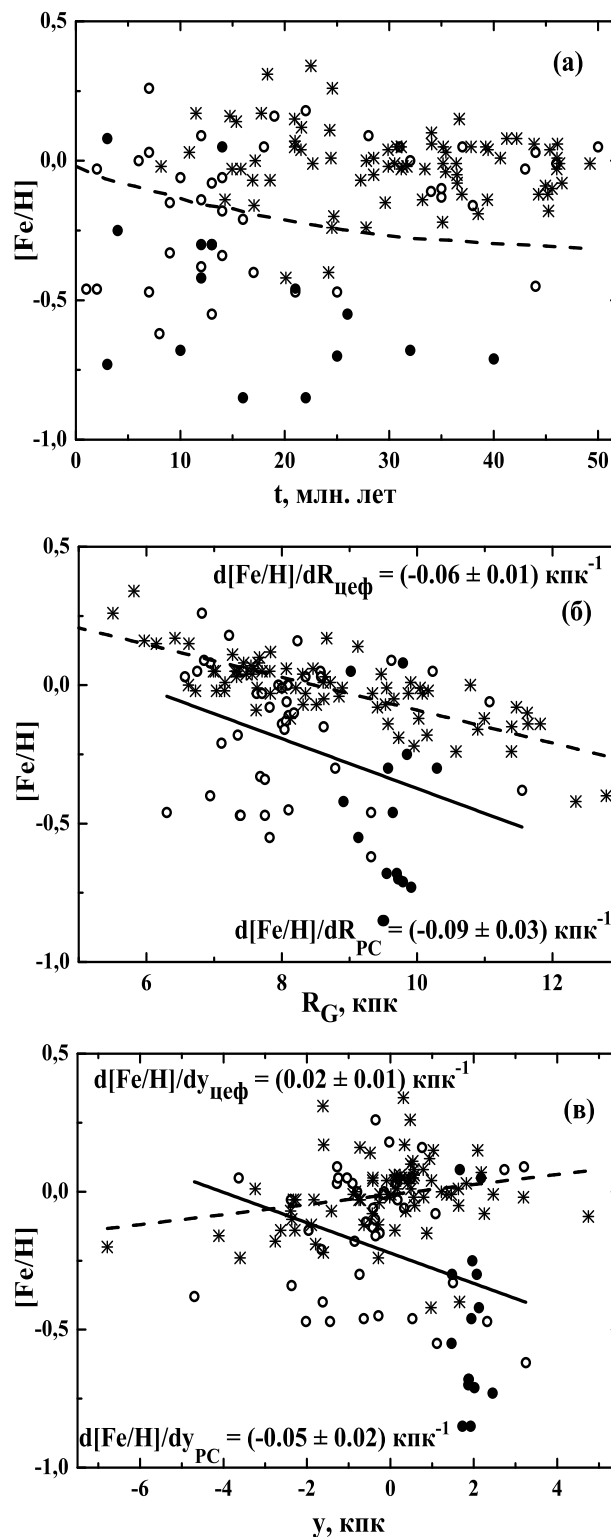


**Рис. 2:** Распределения молодых ( $t < 50$  млн. лет) рассеянных скоплений (заштриховано) и цефеид поля (серые гистограммы): (а) по металличности; (б) — по возрасту.

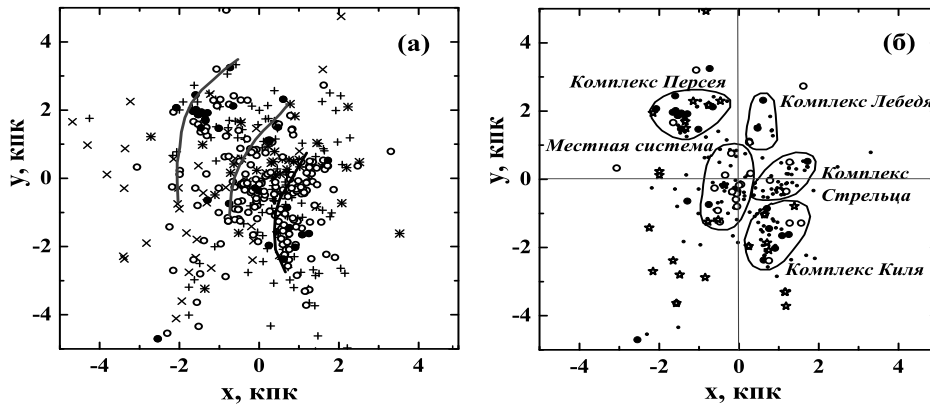
молодых (моложе 50 млн. лет) рассеянных скоплений и столь же молодых цефеид поля. Из рисунка видно, что хотя и предполагается, что образование и тех и других объектов стимулируется в едином процессе, тем не менее области с повышенными плотностями у них не совпадают. Можно даже провести условные границы между этими областями (см. проведенные «на глаз» кривые линии на диаграмме), которые располагаются вдоль обычно выделяемых спиральных ветвей. Хотя исследуемые объекты молодые и незначительно ушли от мест своего образования, это разделение не обязательно говорит о том, что скопления и звезды поля рождались независимо друг от друга. Напомним, что средний возраст цефеид нашей выборки ( $33 \pm 11$  млн. лет) больше, чем у выборки молодых скоплений — ( $17 \pm 12$  млн. лет). В итоге при  $t < 50$  млн. лет 70 % скоплений оказывается моложе 20 млн. лет, тогда как среди цефеид таковых только 12 %. Некоторые авторы (см., например, работу [14]) отмечают, что, к примеру, на внутреннем крыле рукава Киль–Стрелец скопления систематически моложе, чем на внешнем крае, как это и требуется волновой теорией спиральной структуры. Скорее всего, наблюдаемое на рис. 4 а различие в пространственном распределении скоплений и звезд поля также обусловлено волновой природой спиральной структуры, когда на фронте столкновения догоняющей волну плотности межзвездной среды создаются условия благоприятные для образования скоплений и звезд поля. При этом через несколько десятков миллионов лет уже на внешнем крае волны количество скоплений значительно уменьшается, тогда как цефеиды при таком возрасте доминируют.

Однако скопления и цефеиды поля, как уже отмечалось, обнаруживают значительное различие в содержании тяжелых элементов. Из рис. 4 а видно, что относительная численность на диаграмме малометаллических цефеид (косые крестики на диаграмме — цефеиды с  $[Fe/H] < 0.0$ ) плавно уменьшается слева направо и снизу вверх. С другой стороны, малометаллические скопления (то есть лежащие ниже нижней огибающей цефеид поля на рис. 3 а), при более-менее однородном распределении по всей диаграмме, образуют сгущение в левом верхнем ее углу (см. закрытые кружки на рис. 4 б). Именно это сгущение (являющееся звездным комплексом Персея, см. далее) и ответственно у молодых скоплений за отрицательные радиальный и азимутальный градиенты металличности (скопления комплекса Персея на панелях рис. 3 обозначены заполненными кружками). Металлические скопления также образуют сгущение, но в центре диаграммы (открытые кружки на рис. 4 б). Другими словами, пространственные распределения молодых рассеянных скоплений с разной металличностью являются весьма неоднородными. При этом иногда скопления разной металличности близко соседствуют внутри одного комплекса (см. заполненные и открытые кружки на рис. 4 б).

Кривыми овалами на рис. 4 б мы обвели «на глаз» пять областей с повышенными плотностями скоплений, которые обычно ассоциируются со звездными комплексами, являющимися отрезками спиральных ветвей Персея, Лебедя, Стрельца, Киля и Местной системы. Распределения большинства физических параметров выделенных группировок скоплений статисти-



**Рис. 3:** (а) — зависимости металличности молодых ( $t < 50$  млн. лет) рассеянных скоплений и цефеид поля от возраста; (б) — от галактоцентрического расстояния и (в) — от расстояния по  $y$ -координате (азимутального расстояния). Кружки — скопления, заполненные кружки — скопления комплекса Персея, снежинки — цефеиды. Штриховая кривая на панели (а) — нижняя огибающая для цефеид поля, проведенная «на глаз». Линии на панелях (б) и (в) — прямые регрессии для скоплений (сплошные) и цефеид (штриховые). Величины радиальных и азимутальных градиентов металличности приведены на соответствующих панелях



**Рис. 4:** (а) — распределение молодых скоплений и цефеид в проекции на галактическую плоскость, где кружки — скопления, закрытые кружки — малометаллические скопления, лежащие на рис. 3 а ниже штриховой линии, косые крестики - малометаллические цефеиды с  $[Fe/H] < 0.0$ , снежинки — металличные цефеиды, прямые крестики — цефеиды с неизвестными металличностями; проведенные «на глаз» почти вертикальные кривые линии являются левыми огибающими областей повышенной плотности скоплений, а средняя и правая кривые одновременно оказываются правыми огибающими для областей повышенной плотности цефеид поля; (б) — то же, но только для скоплений, закрытые кружки — малометаллические скопления, открытые кружки — металличные скопления, звездочки — быстрые скопления, точки — скопления, не имеющие металличности. Кривыми овалами обведены «на глаз» места повышенной плотности скоплений — звездные комплексы, а рядом приведены их названия

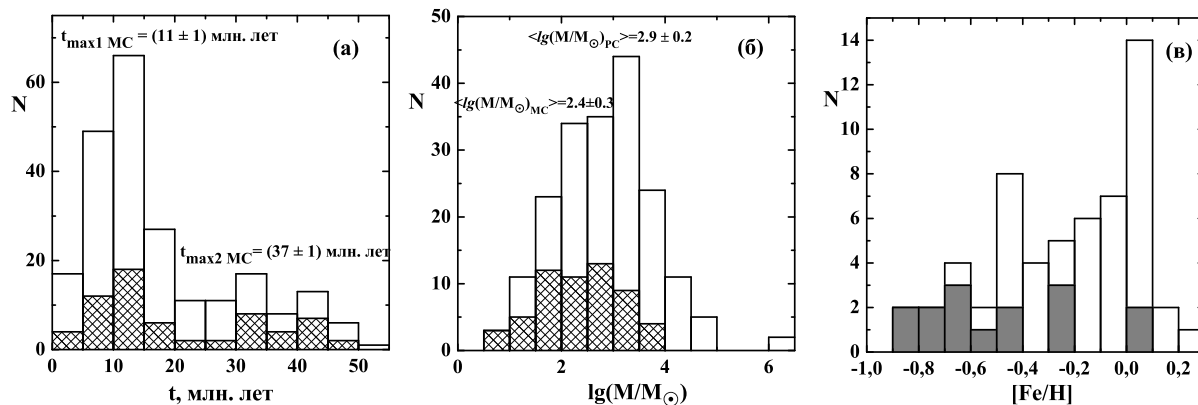
чески незначимо отличаются друг от друга, но имеются и различия. В частности, скопления Местной системы очень уверенно демонстрируют двухвершинное распределение по возрастам с довольно узким доминирующим пиком на  $t = 11 \pm 1$  млн. лет, включающим две трети скоплений, и далеко отстоящим более низким пиком на  $t = 37 \pm 1$  млн. лет (см. рис. 5 а). При этом (как можно увидеть из того же рисунка) распределение всех скоплений по возрасту демонстрирует резкое падение численности к 20 млн. лет, а дальше снижение продолжается намного медленнее. Средняя масса скоплений Местной системы также оказалась за пределами ошибок ее определения меньше, чем средняя по всем молодым скоплениям (см. рис. 5 б). Причем металличности у всех (кроме одного) скоплений Местной системы оказались столь же высокими, как у цефеид.

Другой статистически значимой деталью является кардинальное различие распределений по металличности скоплений комплекса Персея и всех остальных молодых скоплений (см. рис. 5 в). Эти скопления оказались самыми малометаллическими среди молодых скоплений, а их орбиты — практически плоскими и круговыми.

В группе Персея есть и шесть быстрых скоплений (металличность определена только для одного, и она солнечная), причем они распределены в основном по периферии комплекса (см. звездочки на рис. 4 б), тогда как семь из двенадцати малометаллических скоплений образуют плотное ядро в середине группировки. Пять быстрых скоплений наблюдается и в комплексе Киля, причем три из них лежат вблизи его границы. В комплексах Лебедя и Стрельца скоплений с высокими вытянутыми орбитами нет совсем, а в Местной системе всего два, тогда как остальные полтора десятка быстрых молодых скоплений рассеяны по всему полю диаграммы. Такое хаотическое распределение быстрых скоплений свидетельствует, что причиной их образования вряд ли явились исключительно спиральные волны плотности.

## Выводы

Итак, мы видим, что население молодых рассеянных скоплений является неоднородным. В частности, уже с самого раннего возраста некоторые из них демонстрируют очень большие пространственные скорости и высокие вытянутые орбиты (см. рис. 1 а). Это однозначно указывает на нерелаксационную природу таких скоростей. Кроме того, часть молодых скоплений



**Рис. 5:** (а) — распределения всех молодых рассеянных скоплений и только скоплений Местной системы (заштрихованные гистограммы) по возрасту и (б) — по массе; (в) — функции металличности всех молодых скоплений и только скоплений комплекса Персея (серая гистограмма)

обладает низкой металличностью, нехарактерной для звезд поля тонкого диска (см. рис. 3а), хотя орбиты таких скоплений оказались плоскими и почти круговыми. Столь низкая металличность логичнее всего объясняется выпадением на галактический диск вещества с иной историей химической эволюции и преимущественным образованием из такого вещества именно рассеянных скоплений, а не звезд поля. Это выпадение (скорее всего, из разрушаемых карликовых галактик-спутников) произошло не так давно, поскольку межзвездное вещество не успело достаточно перемешаться до вспышки в нем звездообразования. Кроме того, и молодые скопления, и цефеиды поля демонстрируют неоднородность химического состава, когда в одном месте сосуществуют однотипные объекты с разным содержанием тяжелых элементов (см. рис. 4). Наблюдается и крупномасштабная неоднородность объектов по химическому составу, когда скопления и цефеиды обнаруживают противоположные по знакам азимутальные градиенты металличности, которые по абсолютной величине сравнимы с примерно равными по величине отрицательными радиальными градиентами металличности, демонстрируемыми обоими типами объектов. Причем у молодых скоплений оба градиента обусловлены исключительно существованием малометалличного комплекса Персея, тогда как у цефеид поля — постепенным увеличением относительной численности богатых металлами звезд в направлениях вращения и центра Галактики. Заметим, что оба типа объектов хорошо прорисовывают спиральные ветви, что свидетельствует о существовании глобального механизма, запускающего звездообразование, — спиральных волн плотности. Наблюдаемое некоторое смещение скоплений к внутреннему краю рукавов, а цефеид — к внешнему связано, скорее всего, с несколько большим средним возрастом цефеид и волновой природой спиральной структуры. Таким образом, описанные свойства свидетельствуют о различии условий в межзвездной среде, требующихся для образования рассеянных скоплений и звезд поля.

Для расширения наших представлений о степени неоднородности межзвездного вещества, истории его химической эволюции и происхождении рассеянных звездных скоплений необходимы данные о содержаниях в атмосферах звезд молодых скоплений химических элементов, синтезированных в различных процессах. К сожалению, в настоящий момент детальный химический состав определен всего для шести десятков рассеянных скоплений, причем только для одного молодого скопления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lepine J.R.D., Cruz P., Scarano S. Jr., Barros D.A., Dias W.S., Pompéia L., Andrievsky S.M., Carraro G., Famaey B. Overlapping abundance gradients and azimuthal gradients related to the spiral structure of the Galaxy // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2011. Vol. 417. Issue 1. P. 698–708.
2. Гожа М.Л., Боркова Т.В., Марсаков В.А. Неоднородность населения рассеянных звездных скоплений в Галактике // *Письма в Астрон. журн.* 2012. Т. 38. № 8. С. 571–583.



3. Berdnikov L.N., Rastorguev A.S., Dambis A.K., Glushkova E.V. A catalogue of data on Galactic Cepheids. 2003. URL: <http://www.sai.msu.su/groups/cluster/CEP/RADVEL/>
4. Andrievsky S.M., Kovtyukh V.V., Luck R.E., Lepine J.R.D., Bersier D., Maciel W.J., Barbuy B., Klochkova V.G., Panchuk V.E., Karpischek R.U. Using Cepheids to determine the galactic abundance gradient. I. The solar neighbourhood // *Astron. Astrophys.* 2002. Vol. 381. № 1. P. 32–50.
5. Andrievsky S.M., Bersier D., Kovtyukh V.V., Luck R.E., Maciel W.J., Lepine J.R.D., Beletsky Yu.V. Using Cepheids to determine the galactic abundance gradient. II. Towards the galactic center // *Astron. Astrophys.* 2002. Vol. 384. № 1. P. 140–144.
6. Andrievsky S.M., Kovtyukh V.V., Luck R.E., Lepine J.R.D., Maciel W.J., Beletsky Yu.V. Using Cepheids to determine the galactic abundance gradient. III. First results for the outer disc // *Astron. Astrophys.* 2002. Vol. 392. № 2. P. 491–499.
7. Andrievsky S.M., Luck R.E., Martin P., Lepine J.R.D. The Galactic abundance gradient from Cepheids. V. Transition zone between 10 and 11 kpc // *Astron. Astrophys.* 2004. Vol. 413. № 1. P. 159–172.
8. Luck R.E., Gieren W.P., Andrievsky S.M., Kovtyukh V.V., Fouqué P., Pont F., Kienzle F. The galactic abundance gradient from Cepheids. IV. New results for the outer disc // *Astron. Astrophys.* 2003. Vol. 401. № 3. P. 939–949.
9. Kovtyukh V.V., Wallerstein G., Andrievsky S.M. Galactic Cepheids. I. Elemental abundances and their implementation for stellar and galactic evolution // *Publ. Astron. Soc. Pacific.* 2005. Vol. 117. Issue 837. P. 1173–1181.
10. Гожа М.Л., Коваль В.В., Марсаков В.А. Два населения рассеянных звездных скоплений в Галактике // *Письма в Астрон. журн.* 2012. Т. 38. № 8. С. 584–596.
11. Chiappini C., Matteucci F., Gratton R.G. The chemical evolution of the Galaxy: the two-infall model // *Astrophys. J.* 1997. Vol. 477. № 2. P. 765–780.
12. Vande Putte D., Garnier T.P., Ferreras I., Mignani R.P., Cropper M. A kinematic study of open clusters: implications for their origin // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2010. Vol. 407. Issue 4. P. 2109–2121.
13. Ефремов Ю.Н. О спиральной структуре галактики Млечный Путь // *Астрон. журн.* 2011. Т. 88. № 2. С. 127–142.
14. Иванов Г.Р. Градиент возраста рассеянных скоплений поперек спиральных рукавов в Галактике // *Письма в Астрон. журн.* 1983. Т. 9. № 4. С. 200–205.

Поступила в редакцию 24.12.2012

Гожа Марина Львовна, старший преподаватель, Южный федеральный университет, 344006, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105.  
E-mail: gozha\_marina@mail.ru

Марсаков Владимир Андреевич, д. ф.-м. н., профессор, Южный федеральный университет, 344006, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105.  
E-mail: marsakov@mail.ru

*M. L. Gozha, V. A. Marsakov*

**Young open star clusters: spatial distribution of metallicity in the vicinity of the Sun**

*Keywords:* open star clusters, field Cepheids, star complexes, chemical composition, the Galaxy (the Milky Way).

Mathematical Subject Classifications: 85-01

We have fulfilled the comparative analysis of spatial distributions of young ( $< 50$  million years) open star clusters and field Cepheids of different metallicity. Both types of objects demonstrated significant heterogeneity of metallicity distributions, indicating weak mixing of interstellar matter at the time of their formation. Moreover, a significant difference of these distributions in open clusters and field stars suggested the difference of conditions required for the formation of these types of objects.

## REFERENCES

1. Lepine J.R.D., Cruz P., Scarano S. Jr., Barros D.A., Dias W.S., Pompéia L., Andrievsky S.M., Carraro G., Famaey B. Overlapping abundance gradients and azimuthal gradients related to the spiral structure of the Galaxy, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2011, vol. 417, issue 1, pp. 698–708.
2. Gozha M.L., Borkova T.V., Marsakov V.A. Heterogeneity of the population of open star clusters in the Galaxy, *Astronomy Letters*, 2012, vol. 38, issue 8, pp. 506–518.
3. Berdnikov L.N., Rastorguev A.S., Dambis A.K., Glushkova E.V. A catalogue of data on Galactic Cepheids. 2003. <http://www.sai.msu.su/groups/cluster/CEP/RADVEL/>
4. Andrievsky S.M., Kovtyukh V.V., Luck R.E., Lepine J.R.D., Bersier D., Maciel W.J., Barbuy B., Klochkova V.G., Panchuk V.E., Karpischek R.U. Using Cepheids to determine the galactic abundance gradient. I. The solar neighbourhood, *Astron. Astrophys.*, 2002, vol. 381, no. 1, pp. 32–50.
5. Andrievsky S.M., Bersier D., Kovtyukh V.V., Luck R.E., Maciel W.J., Lepine J.R.D., Beletsky Yu.V. Using Cepheids to determine the galactic abundance gradient. II. Towards the galactic center, *Astron. Astrophys.*, 2002, vol. 384, no. 1, pp. 140–144.
6. Andrievsky S.M., Kovtyukh V.V., Luck R.E., Lepine J.R.D., Maciel W.J., Beletsky Yu.V. Using Cepheids to determine the galactic abundance gradient. III. First results for the outer disc, *Astron. Astrophys.*, 2002, vol. 392, no. 2, pp. 491–499.
7. Andrievsky S.M., Luck R.E., Martin P., Lepine J.R.D. The Galactic abundance gradient from Cepheids. V. Transition zone between 10 and 11 kpc, *Astron. Astrophys.*, 2004, vol. 413, no. 1, pp. 159–172.
8. Luck R.E., Gieren W.P., Andrievsky S.M., Kovtyukh V.V., Fouqué P., Pont F., Kienzle F. The galactic abundance gradient from Cepheids. IV. New results for the outer disc, *Astron. Astrophys.*, 2003, vol. 401, no. 3, pp. 939–949.
9. Kovtyukh V.V., Wallerstein G., Andrievsky S.M. Galactic Cepheids. I. Elemental abundances and their implementation for stellar and galactic evolution, *Publ. Astron. Soc. Pacific.*, 2005, vol. 117, issue 837, pp. 1173–1181.
10. Gozha M.L., Koval' V.V., Marsakov V.A. Two populations of open star clusters in the Galaxy, *Astronomy Letters*, 2012, vol. 38, issue 8, pp. 519–530.
11. Chiappini C., Matteucci F., Gratton R.G. The chemical evolution of the Galaxy: the two-infall model, *Astrophys. J.*, 1997, vol. 477, no. 2, pp. 765–780.
12. Vande Putte D., Garnier T.P., Ferreras I., Mignani R.P., Cropper M. A kinematic study of open clusters: implications for their origin, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2010, vol. 407, issue 4, pp. 2109–2121.
13. Efremov Yu.N. On the spiral structure of the Milky Way Galaxy, *Astronomy Reports*, 2011, vol. 55, no. 2, pp. 108–122.
14. Ivanov G.R. Age gradient of open clusters across the spiral arms in the Milky Way Galaxy, *Pis'ma v Astronomicheskii Zhurnal* (Astronomy Letters), 1983, vol. 9, no. 4, pp. 200–205.

Received 24.12.2012

Gozha Marina L'vovna, Senior Lecturer, Southern Federal University, ul. Bolshaya Sadovaya, 105, Rostov-on-Don, 344006, Russia.

E-mail: gozha\_marina@mail.ru

Marsakov Vladimir Andreevich, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Southern Federal University, ul. Bolshaya Sadovaya, 105, Rostov-on-Don, 344006, Russia.

E-mail: marsakov@mail.ru