

УДК 524.3/4—32

Изучение структурных и динамических характеристик рассеянных звездных скоплений (РЗС).**II. Проявление нестационарности**

В. М. Данилов, А. Ф. Селезнев

Проведен анализ полученных ранее с помощью подсчетов звезд характеристик РЗС. Динамические параметры наблюдаемых скоплений сравниваются с данными численных экспериментов по моделированию нестационарных неизолированных РЗС. Рассмотрены возможные причины и характер эволюции РЗС. Доля скоплений выборки, заметная нестационарность которых в регулярном поле может быть обусловлена действием внешнего силового поля Галактики или малым возрастом скопления, составляет $q \geq 27-31\%$. Массивные газопылевые облака в окрестностях скоплений увеличивают эту долю до 90—100 %.

STUDY OF STRUCTURAL AND DYNAMICAL CHARACTERISTICS OF OPEN CLUSTERS (OCI). II. THE EFFECTS OF NON-STATIONARITY, by Danilov V. M., Seleznev A. F.—OCI characteristics obtained by star counts are analysed. Dynamical parameters of observed clusters are compared with the results of numerical experiments on modelling of non-stationary, non-isolated OCI. Possible causes and character of evolution for star clusters are considered. The external gravitational field of the Galaxy or effects of small age of the clusters may cause visible non-stationarity in the regular field for 27—31 % of the observed clusters. The presence of massive clouds of dust and gas in the clusters' neighbourhood increases this fraction to 90—100 %.

Введение. Изучение структурных и динамических характеристик звездных скоплений (ЗС) представляет большой интерес и дает основу для понимания протекающих в них физических процессов [6, 7, 13, 17, 20, 22, 32, 34, 35, 38]. В настоящее время накоплен значительный материал о структурных, динамических и фотометрических параметрах шаровых скоплений (ШС) Галактики [14, 42 и др.]. В работах [42, 14] приведены данные для 101 и 128 скоплений соответственно. Этот материал неоднократно привлекался для выявления зависимостей между параметрами, для объяснения динамических особенностей скоплений, выявления путей их эволюции. Следует отметить, что выводы, сделанные при изучении ШС, имеют важное значение и для понимания динамики РЗС, поскольку многие динамические процессы и механизмы в ШС и РЗС имеют общий характер (например, влияние внешних силовых полей, релаксация под действием звездных сближений, формирование структуры гало — ядро скоплений и т. д.). В работе [32] проанализирована вся совокупность параметров ШС методом главных компонентов. При этом выделены три группы коррелирующих величин: абсолютные величины M_V и параметры концентрации c ; приливные радиусы r_t и галактоцентрические расстояния; показатели цвета ($B - V$), металличность $[Fe/H]$ и типы горизонтальной ветви ШС. В [17] на основании изучения структурных параметров и интегральных звездных величин ШС, сделан вывод о существовании динамических различий между двумя физическими группами ШС. В [35] исследованы распределения яркости в девяти ШС; в четырех из них также распределение согласуется с профилем яркости, соответствующим фазе эволюции после коллапса ядра скопления.

Интересен анализ новых наблюдательных данных, полученных в последнее время, о структуре ЗС Магеллановых Облаков [36, 37, 39]. П. Н. Холопов, изучив распределение плотности звезд в нескольких шаровых и рассеянных скоплениях, сделал вывод о наличии в них общих черт: они имеют плотное ядро и протяженную корону [22]. При исследовании структуры нескольких скоплений он отметил «ступеньки» в распределениях плотности звезд [21]. Согласно [6], это может свидетельствовать о нестационарности таких скоплений по отношению к регулярным полям и силам. Наличие «сту-

пенек» или «волн плотности» (они выявлены при изучении структуры шарового скопления М 3 методом фотоэлектрического сканирования объекта узкой щелью) подтверждается в [28]. Аналогичное явление, по-видимому, отмечается и в рассеянном скоплении NGC 2420, профиль пространственной плотности которого построен в [2]. Согласно [7], близкий характер распределений видимых плотностей двух групп звезд различной массы в достаточно широких окрестностях старых рассеянных звездных скоплений М 67 и NGC 188 [1, 23] может свидетельствовать об их возможной нестационарности в регулярном поле.

Важной причиной нестационарности ЗС может быть их неизолированность. Из литературы известны наблюдательные свидетельства влияния на звездные скопления различных факторов:

1. В некоторых работах показано, что звездообразование в ЗС может происходить не одновременно, а за время порядка 10^8 лет [3, 18, 19]. Многие наблюдаемые скопления имеют возраст $t \leq 10^8$ лет. В таких ЗС продолжающееся звездообразование может поддерживать нестационарность скопления в отношении регулярных сил. Аргументы в пользу значительной продолжительности процесса звездообразования в скоплениях приведены в [16]. В [38] сделан вывод о различии расстояний звезд разного возраста от центра скопления.

2. В работе [34] на основании подсчетов звезд в трех ШС показано, что предельный радиус скопления не зависит от звездной величины (и от массы) звезд, по которым он определяется. Это свидетельствует об эффективности приливного обрезания корон скоплений под действием гравитационного поля Галактики в периоды прохождения ЗС через перигалактий. Процесс разрушения ШС под действием внутренней релаксации и приливных сил Галактики рассмотрен в [20]. Показано, что эффективно разрушаются ШС массой $M \leq 10^5 M_{\odot}$. Автор [20] объясняет этим некоторые особенности функции масс ШС, их распределение в центральной части Галактики, а также зависимость их степени концентрации от массы. В [32] также сделан вывод о том, что размеры ШС, по-видимому, определяются приливным взаимодействием скоплений с полем Галактики. Согласно [8], потеря части звезд из скоплений в периоды их прохождения через перигалактий приводит к развитию нестационарности ЗС в регулярном поле.

3. Значительный вклад в поддержание нестационарности скопления может вносить эволюция звезд — членов скопления (например, потеря массы звездами на стадии красных гигантов; этот процесс учитывался в [5, 26, 27 и др.]).

4. Одной из причин нестационарности РЗС может быть возмущающее действие облаков газа и пыли различной массы. В [29] опубликован достаточно полный каталог молекулярных облаков (МО), наблюдавшихся в линиях излучения молекулы СО и связанных с областями ионизованного водорода. Приведенные в каталоге координаты, лучевые скорости и расстояния облаков позволяют с учетом результатов [30, 31, 44] оценить возмущающее действие МО на РЗС.

Задача выявления нестационарности в наблюдаемых РЗС рассмотрена в [13], где на основании подсчетов звезд в 22 скоплениях сделан вывод о том, что около 40 % объектов можно считать достаточно далекими от стационарности в регулярном поле.

В [12] приведены результаты подсчетов звезд в 50 РЗС. На основании этих подсчетов получены структурные и динамические параметры скоплений: предельные радиусы скоплений R ; числа звезд в скоплениях N_c до предельной видимой величины $B = 16^m$; параметры модели Кинга для распределения поверхностной плотности числа звезд в скоплениях k и r_l/r_c (здесь r_c — радиус ядра скопления, $r_l = R$); средние массы звезд \bar{m}_* РЗС до предельной видимой величины $B = 16^m$; нижние оценки масс РЗС $M_c = \bar{m}_* N_c$. Эти величины использовались в [12] для определения нижних оценок приливных радиусов скоплений R_l в поле сил Галактики и времени релаксации скоплений τ . По данным каталога [29] в работе [12] определены нижние и верхние оценки пространственной концентрации n молекулярных облаков вблизи РЗС. Полученные параметры скоплений приведены в [12].

Цель данной работы — анализ представленных в [12] характеристик, а также изучение возможных причин и характера эволюции рассмотренных звездных скоплений.

Сравнение распределений РЗС по числу звезд и полной массе. На рис. 1 показано распределение РЗС с расстояниями от Солнца $r \in [0.96, 1.58 \text{ кпк}]$ по числу звезд (кривая 1). В распределение включены также скопления NGC 1582 и Ве 8, расположенные соответственно на расстояниях 1.30 и 1.49 кпк от Солнца по шкале средних фотомет-

рических расстояний [4]. Для сравнения на рисунке дано распределение РЗС по полной массе согласно [33] (кривая 2). При построении кривой 1 использовались РЗС, возраст которых $t < 10^9$ лет. Это вызвано тем, что в работе [33] массы РЗС соответствуют моментам формирования скоплений. Варьируя масштаб графика (кривая 2) по оси абсцисс, можно добиться наилучшего совпадения кривых 1 и 2. В показанном на рис. 1 случае распределения 1 и 2 можно считать согласующимися (по критерию χ^2 Пирсона вероятность того, что различие между этими кривыми случайно, равна 64%). Это дает возможность оценить среднюю полную массу скопления из нашей выборки $M_c = 424.5 M_\odot$ и среднюю массу звезды $\bar{m}_* = 2.74 M_\odot$, что позволяет по числу звезд N_c

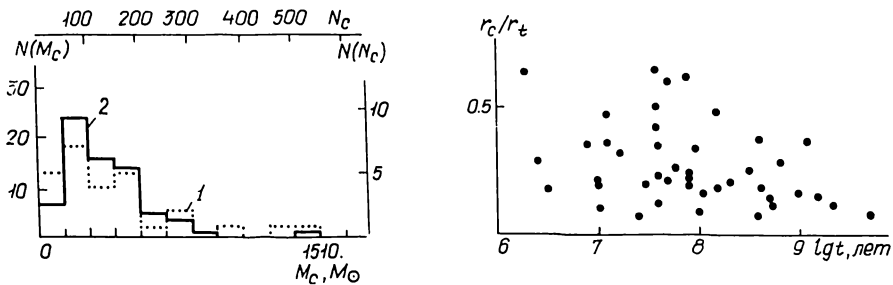


Рис. 1. Распределение скоплений: 1 — по числу звезд; 2 — по массе (по данным [33])

Рис. 2. Зависимость r_c/r_t от $\lg t$

приблизительно оценить и полные массы отдельных РЗС нашей выборки. Сравнивая это значение \bar{m}_* со значениями, полученными другими методами для конкретных РЗС из таблицы [12], видим, что оценки не сильно различаются между собой, следовательно, полученные нами нижние оценки масс РЗС в среднем близки к их полным массам.

Зависимость структурных параметров РЗС от возраста скоплений. На рис. 2 приведен график зависимости отношения параметров r_c/r_t от $\lg t$ (согласно данным таблицы из работы [12]). На рисунке можно отметить увеличение (в среднем) отношения r_t/r_c с возрастом РЗС. При этом внешние корональные области РЗС с увеличением $\lg t$ содержат все большую долю звезд скопления. Последнее может быть объяснено быстрым разрушением РЗС со сравнительно малыми отношениями r_t/r_c в поле сил Галактики, а также эволюцией квазистационарных скоплений, сопровождаемой уплотнением ядра и расширением гало вследствие звездных сближений [24, 25], либо за счет взаимодействия звезд с изменяющимся средним силовым полем нестационарной системы (см., например, [41]).

Оценка динамического состояния скоплений выборки. В данной работе получены оценки времени разрушения РЗС за счет взаимодействия с проходящими газопылевыми облаками различной массы в рамках импульсного приближения, рассмотренного в [44]. Время разрушения скопления под действием облаков и силового поля Галактики, согласно [30, 44], составляет

$$t_d = \frac{\gamma_0}{18\pi G} \frac{V \rho_c}{\rho_a R_n \rho_{in}} \left[1 - \left(\frac{E_S}{E_0} \right)^3 \right], \quad \gamma_0 \approx 0.5, \quad (1)$$

где $\rho_c = M_c / (4\pi R^3/3)$ — средняя плотность массы в скоплении; R_n и V — средние радиус и скорость облаков относительно РЗС; ρ_a и ρ_{in} — пространственная и внутренняя плотности облаков вблизи скопления; $\rho_a = n M_n$; $\rho_{in} = M_n / (4\pi R_n^3/3)$. Множителем в квадратных скобках формулы (1) учитывается влияние на скопление сил притяжения Галактики. Здесь E_S — полная энергия РЗС в поле сил Галактики к моменту его распада [31]: $E_S = -3GM_c^2 / (5R_l)$; E_0 — энергия скопления на момент наблюдения, согласно теореме вириала она оценивалась нами по формуле следующего вида:

$$E_0 = -0.5\Omega_0 = -0.5Gm_*^2 N_c (N_c - 1) / (2\bar{r}) \approx -(GM_c^2/4) \langle 1/r \rangle.$$

При оценках времени жизни скоплений ($T = t + t_d$) мы использовали следующие значения параметров облаков (см. [31]):

$$M_n = 200 M_\odot; \quad R_n = 5.8 \text{ пк}; \quad n = 4 \cdot 10^{-5} \text{ пк}^{-3}; \quad V = 7 \text{ км/с}. \quad (2)$$

На рис. 3 приведена диаграмма $(r_t/R_t, \lg t)$. Изображающие РЗС точки заполняют область между двумя штриховыми линиями. Отсутствие точек над верхней линией обусловлено быстрым разрушением соответствующих этой области РЗС под действием проходящих облаков газа и пыли различной массы. Оценка времени распада t_d РЗС в поле сил Галактики под действием облаков массой $M=200 M_\odot$ позволяет выделить на рис. 3 области с разным временем жизни РЗС. Вблизи верхней и нижней штриховых линий расположены точки, отвечающие скоплениям соответственно с наименьшим и наибольшим временем жизни T .

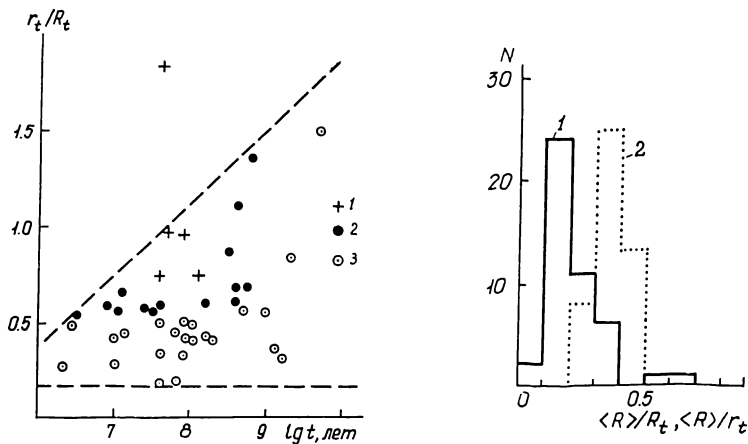


Рис. 3. Диаграмма $(r_t/R_t, \lg t)$ для РЗС с разным временем жизни T : 1 — $\lg T < 8.6$; 2 — $\lg T \in [8.6, 9.0)$; 3 — $\lg T \geq 9.0$

Рис. 4. Распределение скоплений по параметрам: 1 — $\langle R \rangle / R_t$; 2 — $\langle R \rangle / r_t$

Отсутствие в нашей выборке плотных РЗС, соответствующих области под нижней штриховой линией на плоскости $r_t/R_t - \lg t$ (рис. 3) при $\lg t \leq 7-8$, легко объясняется следующим. РЗС формируются в ядрах гигантских молекулярных облаков (ГМО) (см., например, [40]). В момент интенсивного разрушения ГМО (за счет энергии излучения образовавшихся ярких звезд скопления) величина r_t/R_t в РЗС должна быть порядка 0.05—0.1 для того, чтобы сформировались гравитационно связанные скопления [9]. Потеря массы ГМО из окрестностей РЗС приводит к быстрому расширению скопления (в нестационарном режиме, за время пересечения $t_{cr} \leq 10^7$ лет) до значений $r_t/R_t \approx 0.5$ и к дальнейшей стабилизации РЗС за время 10^7-10^8 лет при $r_t/R_t \approx 0.28-0.3$ (см. формулу (3) из [9]). Верхний предел плотности наблюдаемых скоплений возрастом $t > 10^8$ лет должен быть обусловлен разрушающим действием иррегулярных сил в таких РЗС (см. рис. 5 из [45]). Таким образом, отсутствие РЗС, соответствующих на диаграмме $(r_t/R_t, \lg t)$ области под нижней штриховой линией, вполне может быть объяснено либо быстрым расширением молодых РЗС в период разрушения исходного облака, либо распадом старых плотных РЗС вследствие диссипации звезд под действием звездных сближений.

Изображающие РЗС точки на рис. 3 почти равномерно заполняют область между двумя штриховыми линиями, что в молодых РЗС ($t \leq 10^7$ лет) может быть объяснено различием начальных условий формирования скоплений. В случае РЗС с $\lg t \sim 7.5-9.5$ разброс точек вдоль оси r_t/R_t может быть обусловлен двумя причинами: 1. Некоторые из рассмотренных РЗС (24 % выборки) проектируются на неоднородный звездный фон, и крупномасштабные флуктуации фона снижают возможность прослеживания корон скоплений на больших расстояниях от центров РЗС (см. также [11]); 2. Одной из причин разброса вдоль оси r_t/R_t (рис. 3) может быть нестационарность РЗС и неоднократный «стабилизирующий» сброс части звезд из внешних областей скопления в поле Галактики. Подобная ситуация рассмотрена в численных экспериментах (см. модели 3, 4 из [8]). В этой работе моделируется динамика РЗС, состоящего из 50 звезд одинаковой массы и движущегося по круговым, либо «ящичным» орбитам в поле сил Галактики, потенциал которой задан согласно [15] со значениями параметров, соответ-

ствующими принятым в [12]. Такой сброс, возможно, обусловлен как прохождением РЗС через перигалактий [8], так и результатом сближения РЗС с межзвездным газопылевым облаком. Во время такого сброса звезд в нестационарном режиме происходит расширение внешних частей скопления, теряются звезды с наибольшими (положительными) энергиями, полная энергия РЗС становится меньше, скопление сжимается под критической поверхностью с последующей релаксацией и образованием новой структуры гало — ядро [8].

Для случая круговых орбит РЗС (с использованием приведенных в [8] распределений пространственной плотности звезд в моделях 1—4) мы определили значения $\langle R \rangle / R_t$ ($\langle R \rangle$ — средний радиус РЗС, полученный по звездам, находящимся под критической поверхностью приливного радиуса $r = R_t$ в момент времени t). Значения $\langle R \rangle / R_t$ для нескольких моментов времени даны в таблице. Время быстрой релаксации $\tau_{v.R.}$ [41] в рассмотренных моделях 1, 2, 3, 4 соответственно равно 5.5, 15.4, 35.8, 52.1 млн. лет.

Значения $\langle R \rangle / R_t$ для моделей РЗС

$t / \tau_{v.R.}$	Модель			
	1	2	3	4
0.88	0.10	0.24	0.27	0.48
1.76	0.16	0.15	0.44	0.48
2.64	—	0.20	—	—

Значения параметра $\langle R \rangle / R_t$ изменяются со временем вследствие коллективных радиальных движений части звезд РЗС. При этом происходят колебания (по r) критической поверхности R_t . Дальнейшее прослеживание изменений $\langle R \rangle / R_t$ со временем в рамках моделей [8] нецелесообразно, так как в [8] использовались сглаживания силовых функций в правых частях уравнений движения звезд (соответствующий анализ см. [8]). Модели 1, 2 близки к стационарности в регулярном

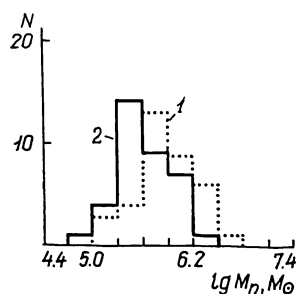
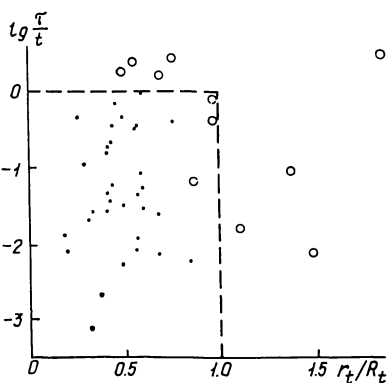


Рис. 5. Диаграмма $(\lg(\tau/t), r_i/R_t)$. Кружками обозначены нестационарные объекты

Рис. 6. Вероятное распределение облаков газа и пыли по массе для нижней (1) и верхней (2) оценки концентрации облаков вблизи скоплений

поле при $t \geq \tau_{v.R.}$ и соответствуют наиболее плотным из рассмотренных РЗС. Модели 3, 4 дают представление о нестационарных РЗС с импульсными сбросами части звезд из корон скоплений в поле Галактики.

На рис. 4 показаны распределения рассмотренных РЗС по величинам $\langle R \rangle / R_t$ и $\langle R \rangle / r_i$, где $\langle R \rangle$ — средний радиус скопления в интервале $r \in [0, R_t]$. Согласно данным нашей таблицы и расчетам моделей 3, 4 из работы [8], скопления с $\langle R \rangle / R_t > 0.27$ можно считать нестационарными вследствие действия внешнего поля Галактики на движение звезд в РЗС. При «стабилизирующих» потерях звезд в таких скоплениях за время пересечения $t_{cr} \leq 10^7$ лет теряется 24—42 % общей массы скопления [8].

На рис. 5 представлена диаграмма $(\lg(\tau/t), r_i/R_t)$ для 43 скоплений. Штриховой линией от РЗС общей выборки отделены объекты, не достигшие стационарности вследствие малого возраста ($t < \tau$) либо вследствие значительной протяженности внешних корональных областей ($r_i > R_t$). С учетом условия $\langle R \rangle / R_t > 0.27$ на рис. 5 кружками обозначены нестационарные объекты, общее число которых составляет 27 % выборки. Среди нестационарных объектов в 25 % случаев внешние границы корон не достигнуты

при подсчетах звезд вследствие крупномасштабных флуктуаций плотности звезд фона и в 17 % случаев — вследствие малого размера поля используемых астронегативов. На рисунке по расположению отмеченных кружками объектов видно, что скопления с $r_t/R_t \geq 0.8$, т. е. более чем на 50 % заполняющие объем, ограниченный критической поверхностью $r=R_t$, можно считать нестационарными объектами вследствие действия внешнего поля Галактики на движение звезд в РЗС.

Учет ошибок индивидуальных параметров скоплений выборки (отклонение 1σ для величины $\langle R \rangle/R_t$) приводит к тому, что доля скоплений с заметными проявлениями нестационарности в регулярном поле составляет $27\% \leq q \leq 31\%$. Отметим, что полученная нами доля нестационарных РЗС меньше соответствующей оценки 40 % из работы [13]. Среди РЗС, доступных для наблюдений в Астрономической обсерватории Уральского университета на камере SBG в интервале расстояний r от 1 до 1.5 кпк, остались необработанными по используемой методике в основном объекты с протяженными коронами, угловые размеры которых сравнимы с размером поля используемых астронегативов. В настоящее время статистическая обработка негативов с такими РЗС затруднена, так как используемый метод требует анализа больших звездных полей в окрестностях РЗС. По-видимому, доля РЗС, нестационарность которых может быть обеспечена действием поля сил Галактики, $q \geq 27-31\%$.

Приведем список скоплений, в которых проявления нестационарности по отношению к регулярному полю могут быть значительными: NGC 103, 188, 581, 1027, 1893, 2126, 2194, 2244, 2324, 2423, 2437, 6830, 6866, IC 1805.

Влияние массивных газопылевых облаков на динамику РЗС. В [10] на примере 34 кратных РЗС показано, что устойчивость таких систем к распаду на промежутках времени $\Delta t \approx 5 \cdot 10^8$ лет, сравнимых с их возрастом, может быть обеспечена наличием ГМО или групп МО общей массой $10^5-10^6 M_\odot$, движущихся совместно с РЗС (на расстоянии 200—450 пк с относительной скоростью 2.5 км/с) в поле сил Галактики. Отметим, что некоторые РЗС нашей выборки входят в кратные системы [10].

В качестве индикаторов наличия массивных скоплений газа и пыли в окрестностях рассмотренных нами РЗС использованы данные о радиоизлучении межзвездной молекулы CO [29]. Предположив, что предельные размеры скоплений r_t определяются в основном взаимодействием РЗС и газопылевых облаков, мы получили оценки масс облаков (приравниванием между собой сил притяжения пробной звезды к РЗС и к облаку соответственно)

$$M_n = M_c (r_{nc}/r_t)^2, \quad (3)$$

где M_n — масса облака; M_c — масса скопления; r_{nc} — характерное расстояние от скопления до облака, $r_{nc} \approx n^{-1/3}$; n — концентрация облаков вблизи скопления.

На рис. 6 показано вероятное распределение облаков газа и пыли по их массам для минимального (кривая 1) и максимального (кривая 2) значений концентраций облаков n_{co} в окрестностях рассмотренных РЗС (см. данные таблицы из [12]). При построении гистограмм (рис. 6) исключались РЗС с $\lg t > 8.5$ и $|z| > 100$ пк (z — расстояние от плоскости Галактики). Отметим, что на рис. 6 дано распределение облаков, которые эффективно влияют на размеры РЗС, а не общее распределение газопылевых облаков по массам в окрестностях рассмотренных скоплений. При этом среднее значение массы облака $M \approx (4-8) \cdot 10^5 M_\odot$, что согласуется с оценкой массы гигантских молекулярных облаков $M_{ГМО} \approx 5 \cdot 10^5 M_\odot$ [43]. Задача о движении РЗС в поле массивного облака газа и пыли близка по смыслу к задаче о движении РЗС в поле тяготения Галактики. Полагая, что приливный радиус R_t скопления в поле облака равен или близок к r_t , используем в качестве первого приближения данные таблицы и распределение РЗС по $\langle R \rangle/r_t$ для оценки доли скоплений q , нестационарность которых может быть обусловлена наличием облаков газа и пыли в окрестностях РЗС. Для скоплений с $\langle R \rangle/r_t > 0.27$ находим, что q составляет от 90 до 100 % (с учетом ошибок индивидуальных параметров скоплений $\langle R \rangle/r_t$). Таким образом, большая часть рассмотренных нами РЗС в окрестностях массивных газопылевых облаков должна находиться в нестационарном состоянии по отношению к регулярным полям и силам.

Выводы. 1. Подсчет звезд в окрестностях РЗС, расположенных в достаточно узком интервале расстояний от Солнца $r \in [1, 1.5]$ кпк, позволяет получить распределение скоплений по числам звезд, близкое к распределению РЗС по их полным массам [33].

Сравнение таких распределений дает приблизительную оценку полных масс РЗС, в которых проведены подсчеты звезд.

2. С увеличением возраста РЗС уменьшается дисперсия величин r_c/r_t , а доля звезд в короне и отношение r_i/r_c в среднем возрастают, что обусловлено как распадом РЗС с малыми r_i/r_c в поле Галактики, так и развитием структуры гало — ядро в скоплениях вследствие звездных сближений либо за счет взаимодействия звезд с изменяющимся средним силовым полем в нестационарных РЗС.

3. Доля РЗС, значительная нестационарность которых может быть обеспечена регулярным полем Галактики составляет 27—31 %. В таких скоплениях могут происходить неоднократно «стабилизирующие» сбросы звезд в поле Галактики вследствие эволюции структуры гало — ядро РЗС в условиях прохождений РЗС через перигалактик или за счет их прохождений вблизи межзвездных облаков различной массы. Доля скоплений, нестационарность которых может быть обеспечена действием массивных газопылевых облаков из окрестностей РЗС, составляет 90—100 %.

4. Оценка средних масс газопылевых облаков $[(4-8) \cdot 10^5 M_\odot]$ по данным о предельных радиусах скоплений r_t и о концентрациях радионисточников СО в окрестностях РЗС согласуется с данными некоторых авторов о массах ГМО (см., например, [43]), а также с данными [10] о массах облаков, необходимых для удержания ряда наблюдаемых кратных РЗС от распада в поле сил Галактики на промежутках времени $5 \cdot 10^8$ лет, сравнимых с возрастом таких РЗС.

1. *Артюхина Н. М., Холопов П. Н.* Распределение звездной плотности в скоплении М 67 // *Астрон. журн.*— 1961.— 38, вып. 6.— С. 1039—1054.
2. *Арчмавицки В. М.* О строении и функции светимости скопления NGC 2420 // *Сообщ. АН ГССР.*— 1979.— 93, № 2.— С. 333—336.
3. *Бархатова К. А., Захарова П. Е., Шашкина Л. П.* Исследование рассеянного звездного скопления NGC 6811 // *Астрон. журн.*— 1978.— 55, вып. 1.— С. 56—61.
4. *Бархатова К. А., Пыльская О. П.* Морфологические особенности рассеянных звездных скоплений // *Звездные агрегаты.*— Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1980.— С. 8—26.
5. *Данилов В. М.* О сегрегации звезд переменных масс в нестационарных звездных скоплениях // *Физика Солнца и звезд.*— Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1982.— С. 93—115.
6. *Данилов В. М.* О динамике нестационарных звездных скоплений // *Сообщ. Спец. астрофиз. обсерватории АН СССР.*— 1983.— Вып. 37.— С. 58—65.
7. *Данилов В. М.* Динамические обособленные группы звезд в нестационарных звездных скоплениях // *Методы астрономо-геодезических исследований.*— Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1984.— С. 94—117.
8. *Данилов В. М.* О динамике распада нестационарных рассеянных звездных скоплений // *Астрон. журн.*— 1985.— 62, вып. 4.— С. 704—710.
9. *Данилов В. М.* О формировании связанных РЗС в Галактике // *Астрон. циркуляр.*— 1985.— № 1389.— С. 1—4.
10. *Данилов В. М., Бишенов Г. В.* Об оценке динамических характеристик кратных РЗС // *Там же.*— № 1397.— С. 1—3.
11. *Данилов В. М., Мацкин Н. В., Пыльская О. П.* Метод оценки размеров и реальности рассеянных звездных скоплений // *Астрон. журн.*— 1985.— 62, вып. 6.— С. 1065—1072.
12. *Данилов В. М., Селезнев А. Ф., Гурто Е. Ю., Лапина Е. А.* Изучение структурных и динамических характеристик рассеянных звездных скоплений (РЗС). I. Результаты звездных подсчетов в 50 РЗС // *Кинематика и физика небес. тел.*— 1987.— 3, № 6.— С. 77—83.
13. *Данилов В. М., Селезнев А. Ф., Орехова Л. К. и др.* Интегральные характеристики 22 рассеянных звездных скоплений, полученные из звездных подсчетов // *Астрон. циркуляр.*— 1985.— № 1365.— С. 1—4.
14. *Кукаркин Б. В., Киреева Н. Н.* Структурные параметры и интегральные величины шаровых звездных скоплений // *Астрон. журн.*— 1979.— 56, вып. 3.— С. 465—474.
15. *Кутузов С. А., Осипков Л. П.* Методы расчета галактических орбит звездных скоплений // *Движения искусственных и естественных небесных тел.*— Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1981.— С. 46—62.
16. *Пискунов А. Э.* Функция звездообразования в рассеянных скоплениях // *Науч. информ. Астрон. совет АН СССР.*— 1977.— 37.— С. 47—62.
17. *Рассторгуев А. С.* Динамические различия между двумя группами шаровых скоплений // *Астрон. циркуляр.*— 1979.— № 1053.— С. 3—6.
18. *Свечников М. А., Захарова П. Е.* О зависимости полной массы звезды в единичном объеме от времени их эволюции // *Астрофизика.*— 1973.— 9, вып. 1.— С. 143—146.
19. *Свечников М. А., Захарова П. Е.* Об оценке возраста скопления α Per // *Там же.*— С. 147—150.

20. *Сурдин В. Г.* Приливное разрушение шаровых скоплений в Галактике // *Астрон. журн.*— 1979.— 56, вып. 6.— С. 1149—1157.
21. *Холопов П. Н.* Строение звездных скоплений и массы входящих в них звезд // *Там же.*— 1968.— 45, вып. 6.— С. 1235—1245.
22. *Холопов П. Н.* Звездные скопления.— М.: Наука, 1981.— 480 с.
23. *Шаров А. С.* Видимая и пространственная структура звездного скопления NGC 188 // *Астрон. журн.*— 1964.— 41, вып. 2.— С. 387—395.
24. *Aarseth S. J.* Computer simulations of star cluster dynamics // *Vistas Astron.*— 1973.— 15.— P. 13—37.
25. *Aarseth S. J.* Dynamical evolution of simulated star clusters. I. Isolated models // *Astron. and Astrophys.*— 1974.— 35, N 2.— P. 237—250.
26. *Angeletti L., Giannone P.* Dynamical evolution of clusters with stellar mass loss // *Ibid.*— 1977.— 58, N 3.— P. 363—372.
27. *Angeletti L., Giannone P.* Dynamical evolution of cluster models with a continuous stellar mass loss // *Ibid.*— 1980.— 85, N 1/2.— P. 113—118.
28. *Bendinelli O., Parmeggiani G., Lorenzutta S.* Photoelectric scanning of globular clusters. 1. The inner structure of M 3 // *Mem. Soc. Astron. Ital.*— 1977.— 48, N 1.— P. 67—76.
29. *Blitz L., Fich M., Stark A. A.* Catalogue of CO radial velocities toward galactic H II regions // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*— 1982.— 49, N 2.— P. 183—206.
30. *Bouvier P.* Tidal actions on small star clusters // *Astron. and Astrophys.*— 1971.— 14, N 3.— P. 341—350.
31. *Brouwer P., Janin G.* Disruption of star clusters through passing interstellar clouds investigated by numerical experiments // *Ibid.*— 1970.— 9, N 3.— P. 461—465.
32. *Brosche P., Lentes F.-T.* The manifold of globular clusters // *Ibid.*— 1984.— 139, N 2.— P. 474—476.
33. *Bruch A., Sanders W. L.* The absolute masses of 72 galactic clusters and 12 OB associations // *Ibid.*— 1983.— 121, N 2.— P. 237—240.
34. *Da Costa G. S.* The structure and stellar content of globular clusters. 2. Star counts and main sequence luminosity functions for 47 Tuc, NGC 6397, and NGC 6752 // *Astron. J.*— 1982.— 87, N 7.— P. 990—1011.
35. *Djorgovski S., King I. R.* Surface photometry in cores of globular clusters // *Astrophys. J.*— 1984.— 277, N 2.— P. L49—L52.
36. *Geyer E. H., Hänel A.* Sit-vidicon surface photometry of globular clusters in the Magellanic Clouds // *Struct. and Evol. Magellanic Clouds: Symp. N 108, Tübingen, 5—8 Sept., 1983.*— Dordrecht etc., 1984.— P. 29—30.
37. *Geyer E. H., Hopp U., Kiehl M., Witzigmann S.* A comparison of the star density distribution of «red» and «blue» globular clusters of the Large Magellanic Cloud // *Astron. and Astrophys.*— 1979.— 77, N 1/2.— P. 61—65.
38. *Götz W.* Some considerations concerning the evolution in extremely young clusters // *Stellar physics and evolution: 6 Subcommission Symp.: The role of star clusters in cosmogony and in the study of galactic structure, Budapest, 12—14 Sept., 1977.*— Budapest: Roland Eötvös Univ., 1978.— P. 79—85.
39. *Kontizas M., Kontizas E.* Masses and relaxation times of star clusters in the SMC // *Struct. and Evol. Magellanic Clouds: Symp. N 108, Tübingen, 5—8 Sept., 1983.*— Dordrecht etc., 1984.— P. 25—26.
40. *Lada C. J., Margulis M., Dearborn D.* The formation and early dynamical evolution of bound stellar systems // *Astrophys. J.*— 1984.— 285, N 1.— P. 141—152.
41. *Lynden-Bell D.* Statistical mechanics of violent relaxation in stellar systems // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*— 1967.— 136, N 1.— P. 101—121.
42. *Peterson C. J., King I. R.* The structure of star clusters. VI. Observed radii and structural parameters in globular clusters // *Astron. J.*— 1975.— 80, N 6.— P. 427—436.
43. *Shuter W., Szabo A.* Properties of giant molecular clouds in the galactic molecular ring // *Reg. Recent Star Form. Proc. Symp. Neutr. Clouds Near H II Regions — Dyn. and Photochem., Penticton, 24—26 June, 1981.*— Dordrecht etc., 1982.— P. 245—247.
44. *Spitzer L., Jr.* Disruption of galactic clusters // *Astrophys. J.*— 1958.— 127, N 1.— P. 17—27.
45. *Wielen R.* On the lifetimes of galactic clusters // *Astrophys. and Space Sci.*— 1971.— 13, N 2.— P. 300—308.