

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Национальный Университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека

Факультет Физика

РЕФЕРАТ

Тема: Проблема шаровых скопления

Выполнил: Саидназарова И.

Принял: доц.Таджибаев И.У.

Тошкент 2013

План:

1. Введение
2. Физика шаровых скопление.
3. Химический состав и распределение металличности.
4. Связь пространственного распределения и кинематики
5. Возраст.
6. Проблема шаровых скопление

ГАЛО

Гало Галактики представляет собой сфероидальную слабо вращающуюся подсистему, с сильной концентрацией массы к центру. Наиболее характерны представители населения гало - это шаровые скопления субкарлики, звезды типа RR Лиры с большим дефицитом металлов. Гало сформировалось на самых ранних стадиях эволюции Галактики, населения гало — это старейшие поколения нашей звездной системы. Они несут на себе следы тех условий, которые были в самом начале эволюционного пути Галактики 15 — 18-10⁹ лет назад. Поэтому, когда мы пытаемся понять, как возникла Галактика, какой она была в "молодости", мы обращаемся к свойствам населений гало.

Но не только по этой причине гало привлекает к себе пристальное внимание астрономов. Сфероидальная составляющая Галактики задала в последнее десятилетие целый ряд загадок, решение которых имеет принципиальное значение для понимания фундаментальных свойств звездных систем. Это, в первую очередь загадка *короны* или *внешнего гало*: мы не видим, как оказывается, огромного количества массы во внешней области Галактики и не знаем из чего состоит эта масса. Мы не видим большей части массы и во внутренней области гало, $\bar{Y} < 10$ кпк. В обоих случаях на существование больших масс вещества указывает динамика системы, но само оно непосредственно не наблюдается. Таким образом, возникает вопрос о формах материи, в которых находится, возможно, большая часть вещества во Вселенной.

В настоящей главе мы рассмотрим свойства звездных населений гало и историю формирования этой подсистемы Галактику. Проблемы, связанные с распределением и природой массы в гало и короне, с динамикой этих компонент Галактики будут затронуты в главе IV.

Шаровые скопления

Шаровые скопления - это довольно сложные, самостоятельные звездные системы, изучение которых интересно само по себе. Многие вопросы строения и свойств этих систем подробно рассмотрены в книге Холопова (1981). Нам же эти объекты в первую очередь будут интересовать как представители старейшего населения Галактики, с точки зрения строения и эволюции Галактики в целом.

В Галактике известно более 130 шаровых скоплений, а их полное число должно быть порядка 500 (Шаров, 1976). Для шаровых скоплений в настоящее время определено большое количество разных параметров, наиболее полная сводка которых дана у Алькайно (1979). Приведем некоторые важные характеристики скоплений. ШС встречаются на больших расстояниях от центра Галактики, пять из них лежат дальше Большого Магелланового Облака (50 кпк). Но в целом для пространственного распределения ШС характерна резкая концентрация к центру;—это нетрудно видеть на рис.10.

Подавляющая часть скоплений имеет абсолютные величины M_V от -5^m до -10^m , среднее значение $(M_V) = -7^m,4$; распределение по M_V приблизительно нормальное, с дисперсией $a_{M_V} = 1,1$. Их светимости L_V варьируются от $7 \cdot 10^3 < \odot$ - (рис. 11) у самых слабых скоплений NGC 6325 и NGC 6535 до $11,8 \cdot 10^5 < \odot$ у самого яркого скопления ω Cen. При отношении масса—светимость $M/L = 1,5$ этому соответствует диапазон масс от 10^4 до $\sim 10^6 M_{\odot}$

Диаметры ШС лежат в интервале от 5 пк до 70 пк (только у двух скоплений: NGC 2419 и Pa1 3, находящихся далеко от центра Галактики, диаметр превышает 100 пк). Но у скоплений, лежащих на низких галактических широтах ($b < 10^\circ$), диаметры, скорее всего, занижены (Алькайно, 1979). Поэтому реальный разброс этой величины у ШС Галактики должен быть меньше. Среднее значение диаметра скоплений с

$b > 10^\circ$ равно $\langle D \rangle = 30$ пк.

Для шаровых скоплений характерен также сравнительно небольшой разброс средней плотности ρ . В каталоге Алькайно (1979) из 63 скоплений с $b > 10^\circ$ 51 объект имеет плотности $1 \text{ M}\odot/\text{пк}^3 \leq \rho \leq 20 \text{ M}\odot/\text{пк}^3$, т.е. для подавляющего большинства ШС плотность варьируется не более чем в 20 раз.

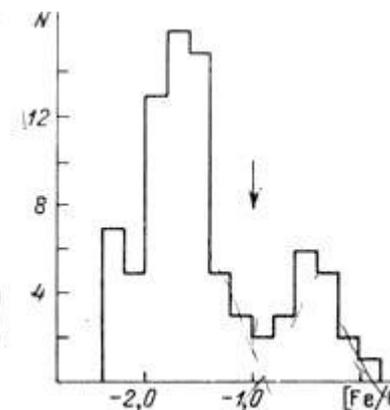
Химический состав и распределение метал личности

Химический состав шаровых скоплений коррелирует с характеристиками их пространственного распределения, с кинематикой и с возрастом. Анализ этих связей позволяет сделать важные выводы о характере деления Галактики на подсистемы, о характере динамической эволюции Галактики, об истории звездообразования на ранней стадии эволюции, о природе происхождения самих ШС. Поэтому исследование химического состава ШС сказалось в последние годы в центре всей проблематики этих объектов.

У шаровых скоплений задача определения химического состава из детального спектроскопического анализа сильно осложняется их большой удаленностью, затрудняющей получение достаточно качественных спектрограмм. Тем не менее в последние годы здесь были достигнуты большие успехи, и сейчас величины $[Fe/H]_{Sp}$, полученные по красным гигантам, имеются для многих скоплений (см., Коэн, 1980, Страйжис, 1982 а, б и ссылки в этих работах).

Рассмотрим распределение металличности шаровых скоплений. Оно обладает важной особенностью: наблюдается значительный дефицит скоплений с металличностью близкой к $[Fe/H]_{Sp} = -1,0$: распределение имеет в этой области провал (рис. 13). На эту структурную деталь впервые обратили внимание Марсаков и

Сучков (1976), которые использовали данные Кукаркина (1974). Позже провал был обнаружен рядом других авторов, на основе уже более однородных и надежных данных. Так, Батлер и др. (1978), по результатам определения металличности звезд типа RR Лиры в скоплениях, нашли, что распределение металличности ШС "...



оказывается бимодальным", причем эта бимодальность обусловлена провалом в окрестности $[Fe/H] = -1,0$. Харрис и Кантерна (1979) по своим данным обнаруживают вообще "полное отсутствие скоплений (из общего числа 78) в интервале металличности — $1,2 \leq [Fe/H] \leq -0,9$. В этом же интервале значений $[Fe/H]$ провал в распределении металличности существует и у звезд поля гало.

Значение $[Fe/H] = -1,0$ выделяется еще одним важным свойством; при переходе через эту границу скачком меняются характеристики пространственного распределения ШС (см. ниже).

Положение структурных деталей в распределении скоплений по металличности зависит, очевидно, от калибровки индексов содержания тяжелых элементов к величине $[Fe/H]_{Sp}$. В последние годы здесь возникла следующая проблема. Коэн (1980) и Пилачовски, и др. (1980) нашли, что у скоплений M71 и 47 Тис содержание железа равно $[Fe/H]_{Sp} = -1,2$, что соответственно на порядок и на 0,7 dex меньше принимавшихся ранее значений. Эти два хорошо изученных скопления практически полностью определяют калибровочные зависимости для $[Fe/H]_{ph}$, в более "металличной" области шкалы $[Fe/H]_{Sp}$, поэтому указанный результат может означать необходимость изменения этого участка шкалы. Такое изменение, например, по данным Зинна (1980б), приводит к тому, что в области $[Fe/H] > -1,0$ вообще не остается ни одного скопления, а провал перемещается в окрестность точки $[Fe/H] \approx -1,4$. Однако сейчас нет полной уверенности в необходимости столь радикального изменения шкалы металличности (Зинн, 1980 б). Дело в том, что большое значение дефицита металлов у скоплений 47 Тис и M71 противоречит малой величине ультрафиолетового избытка, наблюдаемого у них. Специальные исследования этого вопроса (см., например, Белл и Густафссон, 1982) пока не дали удовлетворительного

решения возникшей проблемы. А она чрезвычайно важна, поскольку с ней связаны вопросы возраста шаровых скоплений, времени формирования гало и другие эволюционные проблемы.

Вернемся с учетом сделанных замечаний о металличности ШС к структуре распределения скоплений по величине $[Fe/H]$. На рис.12 изображена диаграмма двух индексов металличности, O_{39} и S , причем S переведено в $[Fe/H]$ по данным, дающим большой дефицит металлов у скоплений 47 Tuc и M 71. На этой диаграмме хорошо выделяются три отдельные группы ШС. Самая металичная из них отделяется все тем же значением $[Fe/H] \approx -1,2$ от группы ШС с меньшим содержанием металлов (по "старой" калибровке это было бы значение $[Fe/H] = -1,0$). Кроме того, индекс 5 (шкала $[Fe/H]$) отчетливо выделяет еще и группу экстремально бедных металлами скоплений.

Интересна связь распределения металличности со структурой горизонтальной ветви скоплений. На рис. 12 видно, что в области $[Fe/H] > -1,2$ находятся только скопления с "голубой горизонтальной ветвью" (параметр "цвета" ветви $D \leq 3$; см. Страйжис, 1982 б). В области $[Fe/H] < -1,7$ находятся только скопления с "красной" горизонтальной ветвью ($D > 3$), а промежуточная группа представляет собой смесь скоплений с "голубой" и "красной" ветвями. Это наглядно показывает доминирующее влияние металличности на морфологию горизонтальной ветви (при заметно различающихся значениях $[Fe/H]$ по типу структуры ветвей ШС образуют непересекающиеся группы), и ограниченность действия "второго параметра". Впрочем, если "второй параметр" — возраст, то при наличии корреляции между возрастом и металличностью это заключение может быть не верным.

Связь пространственного распределения и кинематики

Еще Мейол (1946) обратил внимание, что скопления спектрального класса С видны преимущественно в направлении на центр Галактики. Зависимость характера распределения ШС в пространстве от их спектрального класса рассматривалась затем неоднократно (Шаров, 1976).

Бааде (1958) пришел к выводу, что ШС образуют в Галактике две дискретные подсистемы; такое же заключение сделал Шаров (1976). Выделяющиеся по признаку металличности три группы ШС из каталога Кукаркина (1974) обладают совершенно разными пространственно-кинематическими характеристиками. Это хорошо видно из таблицы 4.

Тщательный статистический анализ подтверждает разделение всех ШС на неперекрывающиеся группы. Такое исследование провели, например, Кастеллани и Мельчиори (1981), и резюмировали его следующим образом: "Единственное заключение, которое мы можем сделать, состоит в том, что мы имеем убедительные свидетельства в пользу существования в гало Галактики, по-крайней мере в первом приближении, двух отчетливых населений шаровых скоплений, которые отличаются друг от друга химическим составом и пространственным распределением". Согласно этой работе, скопления разделяются спектральным классом GO—P8, что соответствует $[Fe/H] \approx 1,0$.

На рис. 14 и 15 дано распределение ШС по Y и $|z|$ в зависимости от их спектрального класса и металличности. Наиболее характерная особенность этих рисунков — наличие скачка в распределении при переходе через класс P8,5 (рис. 14) и через $[Fe/H] = -1,0$ (рис. 15). В области выше P8,5, или выше $-1,0$ по $[Fe/H]$ (напомним, что деление

Таблица 4. Пространственные и кинематические характеристики шаровых скоплений разной металличности (Марсаков, Сучков, 1977)

	[Fe/H] < -1,0	-1,0 < [Fe/H] < -0,5	[Fe/H] > -0,5
Or км/с	147	126	85
ΣR кпк	23,1	7,5	7,0
Σz кпк	16,7	2,7	1,4
<[x]>, кпк	6,9	4,0	5,1
<[y]>, кпк	5,4	2,3	1,7
<[z]>, кпк	8,7	2,1	1,3

Примечания: Or — дисперсия лучевых скоростей ШС, ΣR — дисперсия расстояний ШС от центра Галактики, Σz - дисперсия расстояний ШС от плоскости Галактики, <[x]>, <[y]>, <[z]> — средние значения модулей расстояний ШС от центра Галактики по соответствующим координатам (ось x направлена от центра к Солнцу, ось z — перпендикулярна плоскости Галактики).

спектральных классов ШС точкой P8,5 хорошо соответствует делению металличности точкой [Fe/H] = -1,0) z-координата скоплений не превышает значения 4 кпк, а R- координата — 8 кпк. Ниже этих точек сразу же появляется большое количество скоплений на расстояниях до 15 — 20 кпк и дальше, как по z-, так и по R-координате. Важно подчеркнуть, что этот переход скорее скачкообразный, чем постепенный, а внутри обеих групп скоплений явного систематического изменения |z| и R с металличностью или спектральным подклассом не наблюдается (зависимость такого рода не исключена в богатой металлами группе ШС, в которой по данным Кукаркина (1974) самые металличные скопления находятся ближе всего к центру).

Как отмечено выше, существенно различается и кинематика этих групп.

Дисперсия лучевых скоростей σ_r у малометаллических ШС порядка

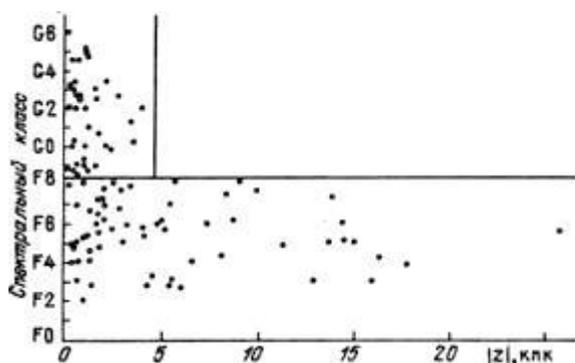


Рис. 14. Шаровые скопления: диаграмма спектральный класс — высота над плоскостью Галактики (Шаров, 1976).

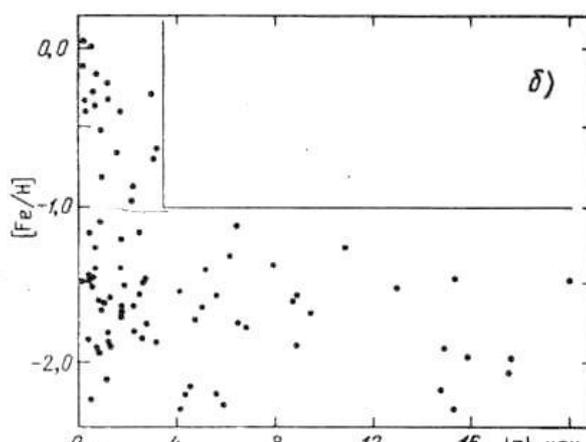
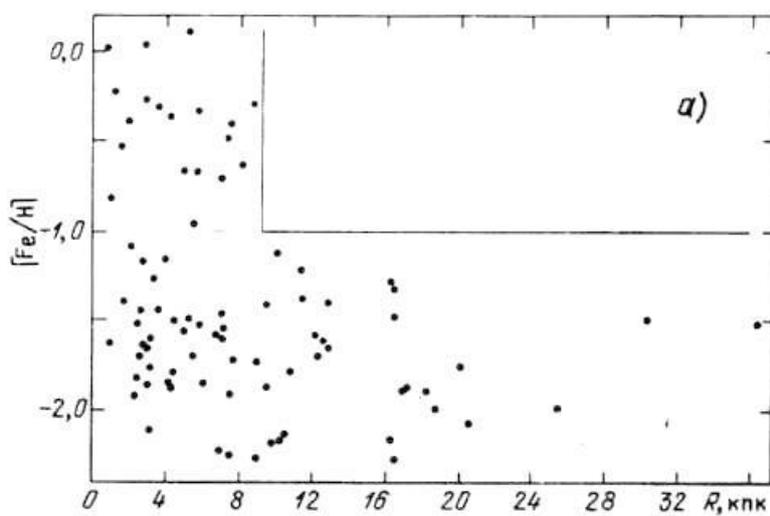


Рис. 15. а) Связь между металличностью и R-координатой шаровых скоплений (по данным Зинна, 1980а). б) Связь между металличностью и z-координатой шаровых скоплений (по данным Зинна, 1980а).

150 км/с, а для скоплений с $[Fe/H] > -1,0$ она составляет 100 — 110 км/с. Е.Д.Павловская определила величину σ_r для разных спектральных групп ШС с учетом вращения подсистемы этих объектов. У скоплений P8,5 — G6 дисперсия оказалась порядка 80 км/с, а для ШС более ранних, чем P8,5 эта величина близка к 115 км/с (см. Шаров, 1976).

В литературе большое внимание уделяется вопросу о градиенте химического состава гало по R и по z-координате. Из рис. 14 и 15 следует, что такой градиент существует, и обязан он двум группам ШС разной металличности с резко отличающимися пространственными характеристиками. На больших расстояниях встречаются только малометаллические скопления, а на меньших — смесь богатой и бедной металлами групп ШС. Поэтому усредненная металличность скоплений в области $R < 9$ кпк, $z < 4$ кпк будет выше, чем у периферийных — отсюда и общий градиент. Во внешней же области градиент, по-видимому, отсутствует (см. Зинн, 1980б). Аналогичная картина обнаруживается и для звезд поля гало (рис. 16); у них также существует градиент металличности, обусловленный существованием двух групп звезд разной металличности ($[Fe/H] \leq -1,0$) с резко различающимися характеристиками орбит (см. § 4).

Интересно, что такая же структура пространственного распределения химсостава установлена для эллиптической галактики M 87: в ней как шаровые скопления, так и звезды поля показывают рост голубизны, т.е. уменьшение металличности на интервале от 6 кпк до 30 кпк, а от 30 кпк до 58 кпк изменения показателя цвета незначительны (Харрис и др.,

1978).

Таким образом, шаровые скопления Галактики достаточно отчетливо разделяются на две подсистемы. Судя по химсоставу и пространственному распределению, первая образована самыми старыми объектами (экстремальная подсистема гало), вторая — объектами, возраст которых должен быть заметно меньше (промежуточная подсистема, гало). Параметры подсистем разделены естественными границами, приведенными в таблице 5.

Возраст

Приблизительно для десятка хорошо изученных скоплений неоднократно определялись их возрасты t путем сопоставления наблюдаемых диаграмм цвет-светимость с теоретическими изохронами (Сайо, 1977; Демарк и Мак-Клюр, 1977; Карни, 1980). Возрасты ШС, согласно этим исследованиям, заключены в интервале от $16 - 19 \cdot 10^9$ лет для самых старых, малометаллических скоплений (например, М 92) до $10 - 11 \cdot 10^9$ лет для самых молодых, богатых металлами ШС (М 71, 47 Тус; для М 71 Карни нашел даже $6 \cdot 10^9$ лет при $[Fe/H] = -0,2$).

Эти результаты давали основание считать, что явно обнаруживается зависимость содержания тяжелых элементов от возраста. Однако ситуация оказалась намного сложнее. Дело в том, что определяемый возраст непосредственно зависит от принимаемой величины обилия тяжелых элементов Z , причем таким образом, что завышение обилия ведет к уменьшению возраста. Так, завысив Z на $0,4$ dex, мы занижим возраст на $2,5 \cdot 10^9$ лет (Демарк, 1980). Отсюда видно, что из-за случайных ошибок в определении $[Fe/H]$ обязательно возникает ложная корреляция возраст—металличность. Это так и оказалось в отмеченных выше работах. Подавляющая часть обнаруженной в них зависимости $t - [Fe/H]$ обусловлена двумя "молодыми" скоплениями: 47 Тус и М 71, для которых принималось $[Fe/H] = -0,5$ и $-0,2$ соответственно. Изменив,

согласно Пилачовски и др. (1980), эти значения на $-1,2$, мы получим для них возраст $15 - 17 \cdot 10^9$ лет, т.е. такой же, как и для других ("старых") скоплений. Будущие исследования должны дать окончательный ответ на этот вопрос.

Дополнительную неопределенность в проблему возраста ШС вносят плохо известные отношения СШ-элементов к металлам и гелия к водороду. Особенно большая проблема связана с содержанием CNO-элементов. Они дают основной вклад в весовую долю тяжелых элементов Z , причем почти половина его приходится на кислород. В то же время о величине Z в шаровых скоплениях судят по отношению $[Fe/H]$, поскольку из-за трудностей определения обилия CNO-элементов их содержание известно лишь для нескольких объектов. Обычно предполагают, что $[Fe/H]$ и вообще $[CNO/Fe]$ близко к нулю, т.е. пропорции этих элементов такие же как на Солнце. Тогда, пользуясь солнечным значением Z_{\odot} и известными для скоплений величинами $[Fe/H]$, можно найти Z . Но если указанное предположение неверно, то этот метод даст ошибочное значение Z . Сейчас ряд данных указывает на то, что при $[Fe/H] < -0,5$ кислород относительно избыточен, $[O/Fe] \approx +0,5$ (Снеден и др., 1979). Учет такого избытка кислорода уменьшает возраст скоплений приблизительно на $1 - 3 \cdot 10^9$ лет.

Страйжис (19826) определил возрасты 13 скоплений с учетом новых спектроскопических определений металличности для М 71 и 47 Tuc и с учетом относительного избытка кислорода в малометаллических скоплениях., Его результат обнаруживает некоторую корреляцию возраста и химсостава, но точность все еще недостаточна, чтобы говорить о ней уверенно. Интересный вывод можно сделать относительно различия в возрастах скоплений: оно не превышает $3 - 4 \cdot 10^9$ лет, и скорее всего заметно меньше этих цифр, поскольку случайная ошибка определения возраста не меньше $2 - 3 \cdot 10^9$ лет. Возрасты лежат в пределах $13 - 17 \cdot 10^9$ лет.

Аналогично Сэндидж (1982) определил возраст системы ШС в $17\text{-}10^9$ лет и сделал заключение о том, что разброс возрастов отдельных ШС составляет всего лишь $\sim 10\%$; даже богатые металлами скопления 47 Tuc и NGC 6838 не могут быть моложе бедных металлами скоплений более чем на 10% .

Новые исследования возрастов ШС имеют важное значение для понимания ранней эволюции Галактики. Они усиливают полученный ранее Мак-Клюром и Тварогом (1977) результат о большом разрыве между возрастными гало и диска ($t_{\text{disk}} \lesssim 8\text{-}10^9$ лет) и свидетельствуют о том, что на стадии формирования гало химическая эволюция протекала быстрее, чем на стадии формирования диска.

Происхождение шаровых скопления и экстремального населения гало

Известное совпадение массы типичного шарового скопления с критической массой Джинса на космологической стадии рекомбинации дало повод для предположения о догалактическом образовании ШС и последующем их сгущении в галактики (Пиблс и Дикке, 1968). Но существование в Галактике по крайней мере двух групп ШС с их свойствами позволяет сейчас исключить предположение о том, что все ШС имеют догалактическое происхождение. Действительно, тот факт, что богатые металлами ШС обнаруживаются только на малых расстояниях от центра и от плоскости Галактики, означает, что эти ШС сформировались на поздних стадиях коллапса протогалактики из уже обогащенного металлами вещества.

С малометаллической группой ШС ситуация менее определенная. Эта группа по химсоставу и ряду других свойств сходна с малометаллическими звездами поля. Поэтому, если считать, что

экстремальные звезды гало рождались в Галактике, то и эта группа ШС формировалась в ней. Такая же картина наблюдается у других галактик. Харрис и др. (1978) установили, что подсистема шаровых скоплений эллиптической галактики М 87 имеет радиальный градиент показателей цвета, который оказался идентичен градиенту, полученному из поверхностной фотометрии гало М 87. Отсюда делается вывод, что химическая история звезд гало и системы шаровых скоплений одинакова, поэтому теперь "трудно защищать модели, которые требуют образования шаровых скоплений до формирования галактики". Впрочем, у той же галактики М 87 и некоторых других эллиптических галактик в скоплении Девы обнаружены также и различия между шаровыми скоплениями и звездами гало: скопления имеют в среднем больший ультрафиолетовый избыток, т.е. имеют меньшее содержание металлов, и их поверхностная плотность падает слабее с увеличением расстояния от центра (Форт и др., 1981).

В нашей Галактике вид распределения металличности у звезд гало и у шаровых скоплений практически один и тот же (Сучков, 1981 а). Это говорит в пользу общности химической эволюции ШС и звезд гало. Однако исключить возможность догалактического происхождения и малометалличной группы ШС и старых звезд поля не просто. Одним из решающих аргументов против такой возможности был бы факт различия химсостава малометаллических скоплений (и звезд поля) у разных галактик. Его естественно приписать различию характера начального обогащения металлами в галактиках в зависимости от их свойств (например, от массы), и тогда можно было бы утверждать, что рассматриваемые скопления образуются из вещества протогалактики после этого начального обогащения. Указания на такие различия действительно существуют. Рейсин и др. (1978) получили для наиболее малометаллических скоплений галактики М 87 величину $[Fe/H] \approx -1,3$,

что намного больше, чем у бедных металлами скоплений нашей Галактики. И в среднем для скоплений (экстремального) гало М 87 они находят обилие металлов в пять раз большее чем в Галактике. Отсюда делается заключение, что "величина $[Fe/H]$ зависит от свойств самой галактики, а не является универсальным свойством шаровых скоплений". Рейсин и др. (1978) подтверждают тем самым точку зрения ван ден Берга (1969), который пришел к выводу о большем обилии металлов у периферийных скоплений М31 по сравнению с аналогичными скоплениями Галактики.

Итак, данные о химическом составе шаровых скоплений (экстремального) гало разных галактик указывают все же на то, что ШС рождаются в самой галактике

Подчеркнем теперь другой аспект вывода Рейсина и др. (1978), а именно: поскольку величина $[Fe/H]$ является свойством самой галактики, а не "универсальным свойством шаровых скоплений", то тяжелые элементы производятся не в скоплениях, а в общей протогалактической среде, из которой затем уже выделяются облака протоскоплений. Это в высшей степени важное обстоятельство, имеющее отношение к проблеме первичных источников тяжелых элементов (население III?), к образованию и эволюции шаровых скоплений, химической эволюции галактик в целом.

Из него, в частности, следует, что звезды скопления должны иметь практически одинаковое обилие металлов. Результаты очень многих работ подтверждают это. В частности, Сирл и Зинн (1978) установили этот факт сразу для 19 скоплений (экстремального) гало; Сюнцев (1980) показал, что в хорошо изученных скоплениях М 3, М 13, М 15, М 82 нет разброса в содержании Са, превышающего ошибку определения; Смит и Батлер (1978) установили то же самое для скопления М 4

Однако для нескольких скоплений установлен несомненный разброс

величины $[Fe/H]$, связанный, возможно, с крайне интересным обстоятельством. Наиболее известно в этом отношении скопление ω Сеп. Батлер, и др. (1978), определили в нем металличность около 40 звезд типа RR Лиры и показали, что они занимают очень широкий диапазон металличности. При этом они обратили внимание на бимодальность распределения звезд по $[Fe/H]$. Сучков (1981a) предположил, что бимодальность обусловлена тем, что ω Сеп образовалось при слипании двух шаровых скоплений (или прото-скоплений) с разным содержанием металлов. Это, в частности, объясняет и аномально большую массу ω Сеп. Независимо такое же предположение высказали Норрис и др. (1980) о скоплении NGC 6752. Они обнаружили бимодальность распределения интенсивности фиолетовой полосы циана гигантов того скопления, а также ряд других деталей, которые одновременно объясняются указанным предположением.

Важнейшую информацию о природе, о происхождении шаровых скоплений дает сравнение скоплений с ближайшими карликовыми сфероидальными галактиками (например, в созвездиях Скульптора, Печи, Дракона и др). Они имеют почти такие же массы, и иногда считают, что они являются объектами того же типа, что и ШС. На самом деле природа и происхождение шаровых скоплений и карликовых галактик, по-видимому, совершенно разная. Между ними имеются существенные различия, на которые уже неоднократно обращалось внимание. Например, при одинаковой массе светимость у галактик меньше, чем у ШС: $M_{gal} < M_{шс}$; в отличие от скоплений у всех карликовых галактик обнаруживается большой разброс металличности, достигающий 1,0 по $[Fe/H]$; они показывают ту же связь между $[Fe/H]$ и параболической скоростью, что и более массивные эллиптические галактики. Анализ этих свойств карликовых галактик и ШС приводит к выводу о том, что химический состав первых обусловлен производством химических элементов в них самих, тогда как "металличность шаровых скоплений, по-видимому, отражает только

металличность Галактики во время и в месте рождения этих скоплений"; кроме того, перед тем как карликовые галактики потеряли газ в процессе звездообразования, они были "в 100 раз более массивны и в 100 раз более компактны, чем в настоящее время" (Вигру и др., 1981)

Таким образом, если карликовые галактики формируются так же, как и другие галактики, и у них наблюдаются те же взаимосвязи между разными характеристиками, что и у других галактик, то шаровые скопления рождаются только в галактике, и их свойства определяются физическими условиями в данной галактике. Это относится не только к химическому составу ШС, но и к многим другим их характеристикам. Сучков и Щекинов (1981), например, показали, что наблюдаемую среднюю плотность скоплений можно однозначно связать с содержанием тяжелых элементов Z и с интенсивностью нагревающего излучения (или скоростью первичной ионизации ζ) в газовой протогалактике.

В соответствии с приведенным выше заключением можно также думать, что, в отличие от карликовых галактик, ШС сразу рождаются с малыми массами, близкими к современной, и процесс звездообразования очень быстро переводит газ протоскопления в звезды; в противном случае трудно понять почему все-таки у ШС нет собственного обогащения тяжелыми элементами.

И так, анализ данных наблюдений по ШСЗ и их системам показывает, что существует ряд проблем, которые требуют тщательного исследования. Отметим некоторые из них:

- до сих пор мы не знаем сколько в Галактике ШСЗ и, вообще, буквально все ли галактики содержат ШСЗ?
- ШСЗ движутся в Галактике, в основном, по вытянутым орбитам и не понятно – участвуют ли они в общем ее вращении?
- существует лишь несколько методов грубого определения возрастов

ШСЗ. Но до сих пор не ясно какой метод более точнее и каким образом можно оценить точно возраст ШСЗ?

- многие авторы считают, что большое количество СШСЗ имеют бимодальное распределение цвета (или металличности). Но следует отметить, что отдельные авторы ставят в сомнение факт о бимодальности распределения металличности, объясняя это неправильным выбором интервалов по металличности.

- с чем может быть связано наличие второго максимума в распределении металличности?

- как сформировались ШСЗ внутри протогалактик ранней Вселенной?

- какова последовательность этапов формирования СШСЗ эллиптических и спиральных галактик?

- каковыми были физические условия в протогалактиках до формирования протосистемы ШСЗ?

И так далее. Но, все это – разные, отрывочные вопросы анализа данных наблюдений.

Очевидно, сразу ответить на все эти вопросы очень трудно. Но мы постараемся изучить некоторые из них на основе созданной нами базы данных и отдельных расчетов характеристик ШСЗ и их систем.