

## Лекция 8. Наша Галактика — Млечный Путь

Наша **Галактика** – «пересеченная» спиральная космическая система типа SBb или SBc, массой около  $5 \cdot 10^{11} M_{\odot}$  ( $10^{42}$  кг), диаметром до 100 000 св. лет, состоящая из 150–200 млрд звезд, 10 000 галактических молекулярных облаков и туманностей, черных дыр, белых и коричневых карликов, планетных тел и других космических объектов. 95 % массы видимого вещества Галактики сосредоточено в звездах, 5 % – в межзвездном диффузном газе. Возраст Галактики около 13,5 млрд лет.

Мы изучаем свою Галактику изнутри, что затрудняет определение ее формы, структуры и некоторых физических характеристик. Нашим наблюдениям доступно лишь около 1 % звезд Галактики. Поэтому другие, соседние галактики исследованы гораздо подробнее, нежели наша Галактика. С каждым годом ученые пополняют и уточняют данные о нашей Галактике: так, всего 10 лет назад считалось, что она относится к нормальным спиральным галактикам, а Солнечная система находится гораздо дальше от ее центра.

Основная часть образующих Галактику звезд наблюдается с Земли как опоясывающая все небо белесая, слабосветящаяся полоса неправильных очертаний – **Млечный Путь**, в котором сливается сияние миллиардов далеких звезд. На его фоне в созвездиях Лебедя, Змееносца, Щита, Стрельца невооруженным глазом видны темные, поглощающие звездный свет космические газопылевые облака. В этом направлении, в районе созвездий Стрельца, Щита, Скорпиона Млечный Путь становится наиболее широким и ярким. Там, в созвездии Стрельца находится центральная часть – ядро Галактики диаметром около 2000 св. лет. Эти данные свидетельствует о том, что наша Галактика не круглая (эллиптическая) и не неправильная по форме, а сильно сплюснутая звездная система. В ее диске сосредоточено почти 90 % звезд, туманностей и других космических тел.

О чем нам говорит форма Галактики? Могла ли она образоваться из протогалактического облака неправильных очертаний? (*Нет, вначале облако было круглым или почти круглым*). Под действием каких сил оно сжималось? (*гравитации, тяготения*). Равномерно ли оно сжималось (*нет, быстрее всего сжималась центральная часть облака*). Значит, там образовались (*звезды, черная дыра*).

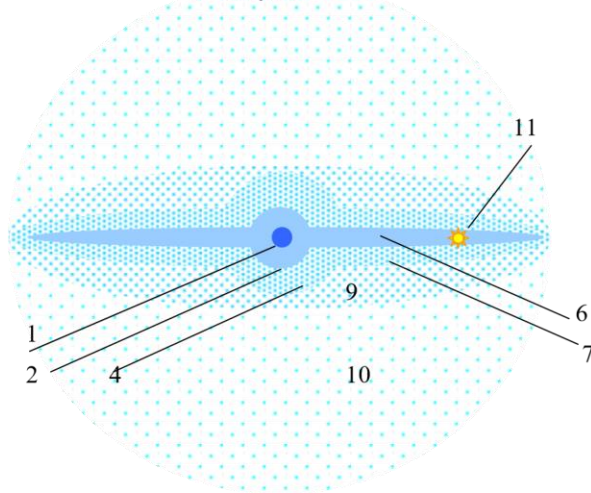
Если облако вначале было сферическим, а затем в ходе сжатия «сплюснулось», то какие еще силы, помимо гравитации, воздействовали на эволюцию облака в процессе сжатия? (*сила давления сжимающегося газа, центробежная сила*). Значит, наша Галактика сейчас должна ... (*вращаться*). Будет ли она вращаться как единое целое, как твердое тело (*нет*). Быстрее всего будут вращаться ... (*центральные части, ядро*), а медленнее всего... (*окраины галактики, периферия*). При резком сжатии центральной части облака в веществе вокруг него распространялась... (*взрывная, ударная волна*). Будет ли она распространяться равномерно во все стороны или станет отклоняться под действием центробежной силы? (*Поскольку облако вращалось, то ударная волна будет отклоняться, закручиваться*). Где будут образовываться звезды в первую очередь? (*там, где плотность вещества выше – т.е. в центральной части облака и на гребне сжимающей вещество ударной волны*). Значит, какую форму должна иметь наша Галактика? (*спиральную*).

Рассмотрим строение Галактики:

В середине ядра Галактики есть сгущение – кern. В нем скрываются скопление голубых сверхгигантов из 50000 звезд и гигантская черная дыра массой около 4,6 миллионов масс Солнца. В ядре сосредоточено около трети всех звезд и половина туманностей Галактики. Оно скрыто от нашего зрения мощными темными газопылевыми облаками: на расстоянии от 4 до 8 тысяч парсек от галактического центра находится плотное скопление ГМО массой до 3 млрд масс Солнца – «молекулярное кольцо» Галактики. В их отсутствие ядро Галактики было бы самым ярким после Солнца и Луны небесным светилом.

Ядро пересекает звездная полоса (перемычка) – бар длиной до 10 000 св. лет, из концов которого начинают закручиваться спиральные ветви-рукава: ветвь Стрельца, ветвь Персея и ветвь Ориона. Они состоят из молодых, белых и голубых звезд и туманностей, охваченных процессами звездообразования.

Галактика: вид «сбоку»:



Галактика: вид «сверху»:

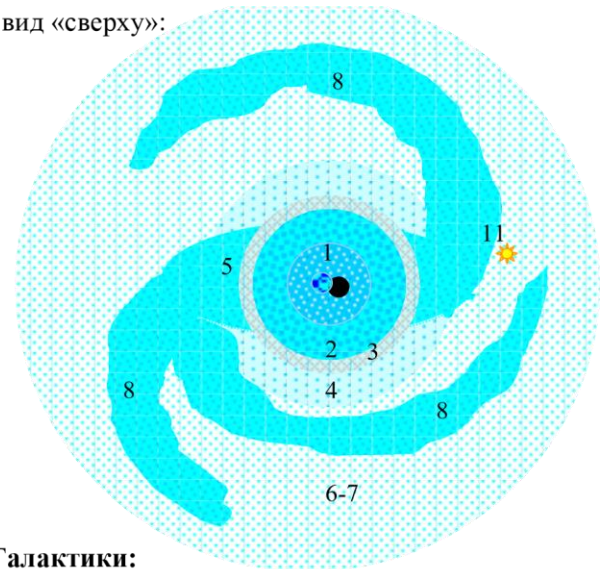


Рис. 96. Строение Галактики:

- 1 — керн;
- 2 — ядро Галактики;
- 3 — зоны концентрации туманностей и ГМО вокруг ядра;
- 4 — балдж («вздутие»): сферическое население центра Галактики;
- 5 — бар – галактическая "перемычка";
- 6 — плоская подсистема (звезды классов О, В, А и звездные ассоциации);
- 7 — диск Галактики (звезды главной последовательности);
- 8 — спиральные рукава (диффузные газопылевые туманности, молодые звезды классов О, В, А, F);
- 9 — промежуточная составляющая (старые звезды, долгопериодические переменные);
- 10 — сферическая составляющая подсистема – (старые звезды, шаровые скопления, белые карлики);
- 11 — солнечная система.

Солнечная система находится в плоскости Галактики близ рукава Ориона в 26000-27000 св. лет от центра Галактики. Солнце перемещается относительно ближайших звезд со скоростью 20 км/с в направлении созвездия Геркулеса и вместе с ними вращается вокруг центра Галактики со скоростью 250 км/с в направлении созвездий Лебедя и Цефея. Точка небесной сферы, в направлении которой движется Солнечная система, называется апексом.

Период обращения Солнечной системы вокруг центра Галактики составляет 195-220 млн лет. Средняя продолжительность этого «галактического года» ( $T_G$ ) равна 213 млн лет. С момента возникновения

Земли прошел 21 галактический год, 5 млн лет назад Земля «отметила» начало нового, 22-го года.

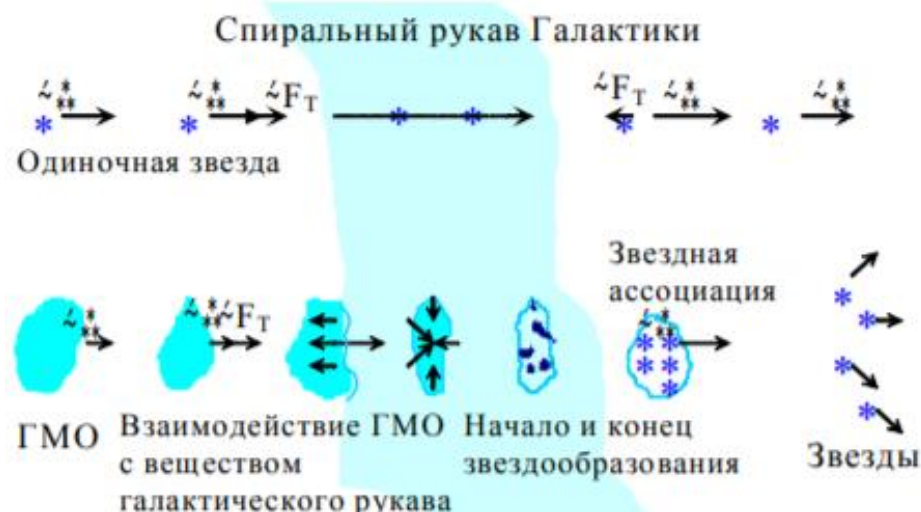
Скорость обращения галактических рукавов ниже скорости движения отдельных звезд на том же расстоянии от центра Галактики. Поэтому все звезды, туманности и другие космические объекты на своем пути вокруг центра Галактики несколько раз в галактический год проходят сквозь ее спиральные рукава.

Концентрация космической среды в спиральных рукавах в десятки и сотни раз выше, нежели в окружающем пространстве (до  $10^{-21}$  кг/м<sup>3</sup>). Поэтому они вблизи своих границ притягивают вещество, сообщая ему дополнительное ускорение: при приближении к ним – положительное, при удалении – отрицательное.

Звезды и другие массивные, плотные и сравнительно небольшие по размерам объекты проходят сквозь рукава, почти не взаимодействуя с их веществом.

Так, Солнечная система на протяжении галактического года 4 раза проходит сквозь галактические рукава. Промежутки времени между ними названы галактическими «сезонами» («временами года»): галактической весной, летом, осенью

#### Спиральный рукав Галактики



#### Прохождение ГМО и звезд сквозь спиральные рукава Галактики

и зимой. Их продолжительность разная: от 30 до 85 млн лет.

Наибольшее периодическое воздействие космических процессов на земную мантию, кору и магнитное поле Земли происходит на границе соседствующих галактических лет: в канун «Нового года» и на границах между «сезонами», при прохождении Солнечной системы сквозь галактические спиральные рукава. Во время «галактической зимы»

происходит глобальное похолодание, общее поднятие материков и усиление сейсмической и вулканической активности; в ходе «галактического лета» – глобальное потепление, опускание суши и увеличение площади океанов; второй и четвертый циклы носят промежуточный характер. Смена циклов сопровождается изменением характеристик магнитного поля планеты, климата, обновлением животного и растительного мира.

А что будет происходить при прохождении сквозь спиральный рукав ГМО и туманностей? *(они будут «сплющиваться», уплотняться, разогреваться)*. Возникновение ударной волны, распространяющейся внутри газового облака, сжимающей его, нарушающей условия равновесия, ведет к... *(появлению плотных туманностей, газопылевых протозвездных сгущений, возникновению звезд)*. При рождении каждой новой звезды в облаке распространяется ударная волна, сжимающая газ, способствующая возникновению новых звезд. Процесс звездообразования будет продолжаться, пока на появление звезд не будет израсходована большая часть вещества ГМО.

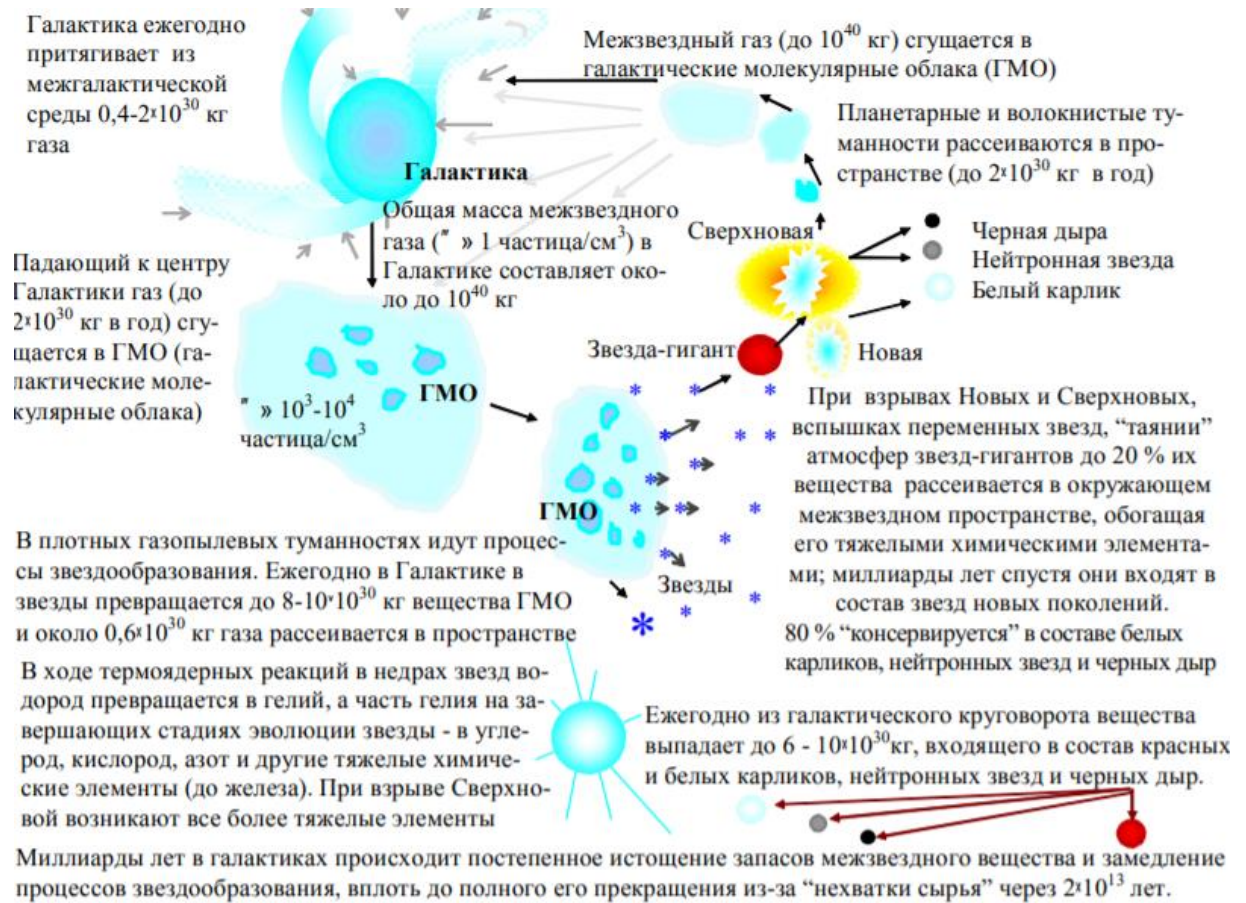
Таким образом, в спиральный рукав Галактики влетает... *(ГМО, туманность)*, внутри рукава из вещества ГМО (туманности) образуются... *(звезды)*, а из рукава вылетает уже... *(группа звезд, скопление)*, которое окутывают остатки былой туманности.

Так образуются группы из десятков, реже – сотен и тысяч молодых звезд – **звездные ассоциации** размерами от 100 до 500 св. лет возрастом до нескольких десятков миллионов лет. **ОВ-ассоциации** содержат большое число юных горячих массивных голубых, голубовато-белых и бело-голубых звезд. **Т-ассоциации** состоят из белых, бело-желтых и желтых солнцеподобных звезд. Часть звездных ассоциаций, имеющих большие размеры и низкую пространственную плотность звезд, рассеивается в пространстве отдельными звездами; из более плотных ассоциаций с течением времени образуются не имеющие правильных очертаний гравитационно-связанные **рассеянные звездные скопления** размерами в десятки св. лет, состоящие из десятков и сотен звезд главной последовательности. Многие молодые звездные ассоциации и рассеянные звездные скопления объединяются в **звездные комплексы** размерами 500-1000 пк возрастом до 100 млн лет.

Эволюция древнейших звездных скоплений и ассоциаций привела к образованию **шаровых звездных скоплений** – имеющих правильную

сферическую форму гравитационно-связанных систем размерами до 300 св. лет, состоящих из десятков тысяч звезд возрастом 11–13,5 млрд лет.

В нашей Галактике свыше 1000 рассеянных и свыше 100 шаровых звездных скоплений.



Рождение звезд в Галактике на протяжении миллиардов лет уменьшает концентрацию межзвездного газа и замедляет темпы звездообразования вплоть до полного прекращения из-за «нехватки сырья» на формирование звезд последующих поколений. В прошлом темп звездообразования был значительно выше. Сейчас во всей Галактике ежегодно в звезды превращается межзвездный газ массой от  $4 M_{\odot}$  до  $10 M_{\odot}$ . Он должен возобновляться, иначе полностью исчерпался бы в первые 1–2 млрд лет жизни Галактики. Основным «поставщиком» межзвездного газа являются звезды, особенно на последних стадиях своей эволюции: «испаряющиеся» голубые и красные гиганты и сверхгиганты, вспышки Новых и Сверхновых звезд порождают в год около  $1 M_{\odot}$  межзвездного газа. Вероятно, Галактика притягивает газ из окружающего ее пространства (до  $1,2 - 2 M_{\odot}$  в год). Поэтому количество межзвездного газа в Галактике уменьшается очень медленно. Зато заметно изменяется его химический состав. В звездах I поколения возрастом 12–13,5 млрд лет концентрация тяжелых элементов

составляет около 0,1 %. Звезды II поколения возрастом 5–7 млрд лет содержат до 2 % тяжелых элементов. В молодых звездах III поколения, рождающихся в наши дни, содержится уже 3–4 % тяжелых элементов.

У нашей Галактики есть 16 спутников – мелких галактик, обращающиеся вокруг нее под действием сил тяготения, как Луна вокруг Земли. Самые крупные из них – неправильные галактики Большое Магелланово облако (массой

$6 \cdot 10^9 M_{\odot}$ ) на расстояниях 50 000 пк и Малое Магелланово облако ( $1,5 \cdot 10^9 M_{\odot}$ ) чуть подальше, в 60 00 пк.

Что ждет нашу Галактику в будущем?

Через 300 млн лет ее «молекулярное кольцо», образованное газом, стекающим с окраин к центру Галактики, распадется на гигантские молекулярные облака.

Они «упадут» в ядро Галактики и там начнется бурное звездообразование.

Через 3 млрд лет с нашей Галактикой столкнется Большое Магелланово облако. Поскольку его «падение» затянется на сотни миллионов лет, а среднее расстояние между звездами Галактики – десятки световых лет, то эта «космическая катастрофа» никак не отразится на Солнечной системе. Несколько миллиардов лет назад подобная катастрофа произошла с карликовой галактикой: в итоге большинство ее звезд рассеялось в Галактике, а центральное плотное ядро наблюдается как крупнейшее шаровое звездное скопление  $\omega$  Центавра.

Ближайшая спиральная галактика M31 – «Туманность Андромеды» массой  $10^{11} - 10^{12} M_{\odot}$  – находится сейчас на расстоянии 750 000 пк от нашей Галактики, но постепенно сближается с ней. Через 6 млрд лет они сблизятся до 20 000 – 400 000 кпк и, возможно, сольются.

Взаимное сближение всех галактик Местной группы может привести к тому, что через  $10^{11}$ - $10^{12}$  лет они сольются в одну Сверхгалактику.