

# Астрономия

53-101

## Схема 50. Развитие представлений о строении Вселенной

### Основные идеи и достижения

- Идея о гелиоцентрической системе
- Теория Солнца и Луны система
- Геоцентрическая теория
- Определение радиуса Земли и Солнца
- Определения главных астрономических постоянных
- Гелиоцентрическая система
- Идея бесконечности Вселенной
- Открытие пятен на Солнце, фаз Венеры, гор на Луне, 4 спутников Юпитера
- Законы движения планет
- Законы небесной механики
- Звездно-космогоническая теория развития космической материи
- Определение расстояния до звезд
- Гипотеза о возникновении солнечной системы

### Авторы

Аристарх Самосский ( III в. до н.э.)  
Гиппарх (II в. до н.э.)  
К. Птолемей (90-168 гг.)  
Бируни(973-1048гг.)  
  
Улугбек (1394-1449 гг.)  
  
Н. Коперник (1473-1543 гг.)  
Д. Бруно (1548-1600 гг.)  
  
Г. Галилей (1564-1642 гг.)  
И. Кеплер (1571-1630 гг.)  
И. Ньютон (1642-1727 гг.)  
  
У. Гершель (1738-1822 гг.)  
Ф.В. Бессель (1784-1846 гг.)  
  
И. Кант (1724-1804 гг.)

- Идея о внутриатомной природе источников звездной энергии
- Теория звездной природы галактик
- Открытие зависимости между абсолютной звездной величиной и спектральным классом звёзд
- Модель расширяющейся Вселенной
- Теория горячей Вселенной
- Открытие квазаров
- Открытие пульсаров

- Д.Х. Джине (1877-1946 гг.)
- Э.П. Хаббл (1889-1953 гг.)
- Э. Герцшпрунг (1888-1925 гг.)
- А. Фридман (1873-1967 гг.)
- Г. Гамов (1904-1968 гг.)
- М. Шмидт, Т. Мэтьюз, Э. Сэндидж
- Э. Хьюиш (род. в 1924 г.)

## Схема 51. Современные космологические теории эволюции Вселенной (основные теории)

### Основные теории эволюции Вселенной

Теории стационарного состояния Вселенной

Общим для них является представление о Стационарной Вселенной.

*Стационарность* означает:

- Вселенная не претерпевает эволюции
- изменяться могут отдельные космические объекты, но не мир в целом.

Теории нестационарного состояния Вселенной

Общим для них является представление о нестационарном изотропном и однородном

характере ее моделей.

*Нестационарность* означает:

- Вселенная и ее пространство расширяются с течением времени;
- либо Вселенная сжимается;

*Пространство и время:*  
абсолютны (т.е. не зависят от  
материальных  
объектов и процессов),  
метрически бесконечны,

однородны и изотропны

- либо во Вселенной чередуются циклы сжатия и расширения.

*Изотропность* означает:

- свойства Вселенной одинаковы во всех ее направлениях.

*Однородность* означает:

- свойства Вселенной одинаковы во всех ее точках

# Схема 52. Современные космологические модели Вселенной

## (основные модели Вселенной)

### Основные модели Вселенной

Модель «постоянного состояния»		Модель «горячей» Вселенной
<p>Модель «постоянного состояния», была выдвинута в 1948 г. Германном Бонди, Томасом Гоулдом, Фредом Хойлом. Она описывала постоянно расширяющуюся Вселенную, не имеющую ни начала, ни конца. Название модели говорит, что плотность вещества в ней имеет постоянную величину. В данной модели расширение системы при одновременном сохранении плотности вещества обеспечивается за счет непрерывного поступления нового вещества.</p>		<p>Модель «горячей» Вселенной, была выдвинута в 1948 г. Георгием Гамовым. Она описывает расширяющуюся Вселенную с начального состояния (так называемой сингулярной точки): бесконечная плотность массы, бесконечная кривизна пространства и взрывное, замедляющееся со временем расширение при высокой температуре. Подтверждением данной теории считалось открытое в 1964 г. микроволновое фоновое излучение. Оно рассматривалось как остаточное явление ранней горячей стадии в развитии Вселенной. Однако по</p>

Сформулировать процесс образования вещества, не нарушая законы сохранения массы и энергии, можно математически

другим исследованиям (Ф. Хойл, В.С. Реддиш и др.) такое излучение представляет собой переработанное излучение, поступающее главным образом от звезд

## Схема 53. Современные космологические модели Вселенной (стандартная модель эволюции Вселенной)

### Основные этапы космической эволюции:

- **Начальное состояние Вселенной:** первоначальное сингулярное, т.е. сверхплотное состояние вещества

93

-33

Вселенной составляло  $10^{26}$  г/см<sup>3</sup>, а ее первоначальный размер составлял  $10^{-33}$  см. В сингулярном состоянии Вселенная представляла собой микрообъект ничтожно малых масштабов.

- **Этап Большого взрыва:** от первоначального сингулярного состояния Вселенная перешла к расширению в результате Большого взрыва (около 20 млрд. лет назад). В результате Большого взрыва образовалась не только материя, но и само пространство - время. «Снаружи» не было ничего, даже пустого пространства, куда мог бы

расширяться Большой взрыв.

- **Этап первичного ядерного синтеза:** образование нейтральных атомов из свободных электронов и

новорожденных атомов.

- **Этап формирования галактики:** возникновение и эволюция звезд различных масс, в которых путем различного вида ядерных реакций создавались в разных пропорциях легкие, средние и тяжелые элементы.

- **Подтверждение данной теории:**

расширение Вселенной - разбегающиеся галактики (красное смещение);

реликтовое излучение фотонов и нейтрино, образовавшихся в ранней горячей стадии расширения Вселенной



**Схема 54. Современные космологические модели Вселенной  
(альтернативные космологические теории)**

<b>Модели, включающие Большой взрыв</b>	<b>K</b>	<b>Пространство</b>	<b>Протяженность пространства</b>	<b>Характер эволюции</b>
Эйнштейна - де Ситтера	0	Плоское	Открытое и бесконечное	Расширяется вечно
Фридмана - Леметра	-1	Гиперболическое	Открытое и бесконечное	Расширяется вечно
Фридмана - Леметра	+1	Сферическое	Закрытое и конечное	Расширение сменяется сжатием
Леметра	+1	Сферическое	Закрытое и конечное	Расширяется вечно, имеется квазистатическая фаза

<b>Модели, исключающие Большой взрыв</b>				
Эддингтона - Леметра	+1	Сферическое	Закрытое и конечное	Сначала статистическ ая, затем расширяется вечно
Стационарная модель	0	Плоское	Открытое и бесконечное	Стационарна, но не статична

<sup>1</sup> Примечание: К - постоянная кривизны (+1, -1 или 0).

## Схема 55. Космическая шкала времени

От первоначального сингулярного состояния Вселенная перешла к расширению в результате Большого взрыва

Космическое время	Эпоха	Температура (К)	Характерные процессы	Время от сегодняшнего момента
1	2	3	4	5
0	Сингулярность		Большой взрыв	20 млрд. лет назад
-43 10 сек	Планка	32 10	Рождение элементарных частиц. Во Вселенной доминирует излучение	
-33 10 сек	Барионов	28 10	Установление числа барионов, возникновение асимметрии между материей и антиматерией	
4 10 сек	Андронов	14 10	Аннигиляция протон - антипротонных пар	

-3	Лептонов	12	Аннигиляция электронно-позитронных пар	
10 сек		10		
100 сек	Синтеза ядер	109	Становление первоначального химического состава Вселенной (H-70%, He-30%)	
10000 лет	Вещества		Во Вселенной начинает доминировать вещество	
8 10 лет	Прозрачной Вселенной	3500	Отделение излучения от вещества	19,7
1-2 млрд. лет			Начало образования галактик	19-18
3			Галактики начинают образовывать скопления	17
4			Сжатие нашей Протогалактики	16
4,1			Образование звезд	15,9
15,2			Образование межзвездного облака, давшего начало Солнечной системе	4,8
15,4		2,7	Образование планет	

## Схема 56. Космическая шкала времени (продолжение)

1	2	3	4	5
16,1	Археозойская		Образование самых древних земных пород	3,9
17			Зарождение микроорганизмов	3
18	Протерозойская		Возникновение атмосферы, богатой кислородом	2
19	Рифей		Зарождение макроскопических форм жизни	1
19,4	Венд		Самые ранние окаменелости	600млн. лет
19,420	Палеозой		Иглокожие, трилобиты,	580
19,425	Ранний кембрий		брахиоподы.	575
19,49	Поздний кембрий		Фораминиферы, моллюски.	510
19,575	Ранний силур		Челюстноротые Бесчелюстные	450-425 425
19,580	Поздний силур		Первые растения на суше	420
19,610	Ранний девон		Рыбы, папоротники, бескрылые насекомые	390

19,630	Поздний девон		Голосеменные. Крылатые	370
19,690	Поздний		Насекомые. Зверообразные	310
19,735	карбон Ранняя		Ящеры Динозавры Птицы.	265
19,755	пермь Мезозой		Покрытосеменные Приматы	245
19,850	Ранний триас		Злаки Грызуны	150
19,880	Поздняя юра			120
19,939	Ранний мел			61
19,944	Кайнозой			56
19,955	Палеоцен			45
	Эоцен			
19,998	Плейстоцен		Человек	2

## Схема 57. Галактики

Галактики		
Крупные системы, состоящие из звезд, газа и пыли		
Сверхскопление галактик	Скопление галактик	Группа галактик
<p>Диаметр 40 мегапарсек, число галактик 10000.</p> <p>Центр местного сверхскопления находится в направлении созвездия Девы на расстоянии 12 мегапарсек. Из 50 известных сверхскоплений ближайшие находятся в созвездиях Льва (расстояние 87 мегапарсек) и Геркулеса (расстояние 100 мегапарсек)</p>	<p>Диаметр 5 мегапарсек, число галактик 100-500 (скопление в созвездии Девы 2500). Ближайшие скопления галактик находятся в созвездиях Пегаса и Рыбы (расстояние 65 мегапарсек)</p>	<p>Диаметр 1 мегапарсек, число галактик 5-30.</p> <p>Местную группу галактик (диаметр 2 мега-парсека) образуют 2 гипергалактики, внутри которых находятся гигантские галактики: Галактика и туманность Андромеды, окруженные 27 карликовыми галактиками. 4 ближайшие группы находятся на расстоянии 2-4 мегапарсека</p>
<p><i>Вселенная - это сотни миллионов галактик, каждая из которых содержит миллиарды звезд. Галактики разделены друг от друга миллионами световых лет космического пространства. Все эти системы вращаются вокруг своей оси с периодами в сотни миллионов лет. Такова Большая Вселенная</i></p>		

## Схема 58. Структура галактик

Галактики		
Спиральные	Неправильные	Эллиптические
<p>Наша Галактика (Млечный Путь) - типичный представитель спиральных галактик. Ее центральная часть имеет вид выпуклости в центре спирали. Два спиральных рукава отходят от центра, образуя плоский звездный диск. Спутник Млечного Пути, туманность Андромеды, - одна из самых массивных среди известных спиральных галактик. Ее масса равна 400 млрд. масс Солнца (не включая темную материю). Минимальная масса спиральной галактики - 1 млрд. солнечных масс</p>	<p>Галактики, имеющие массу менее 1 млрд. солнечных масс, не в состоянии сохранить правильный диск и устойчивые спиральные рукава. Их «растрепанный» вид дал основание назвать их «неправильными галактиками». Самые малые из неправильных галактик не намного больше, чем скопления звезд и газа, встречающиеся в рукавах спиральных галактик</p>	<p>Эллиптические галактики - шаровые скопления звезд, сферические или эллиптические по форме. В них содержится незначительное количество газа и пыли, поэтому в таких галактиках отсутствуют области, где могли бы зародиться звезды и нет молодых звезд. Рождение звезд в таких галактиках происходит одновременно с образованием самих галактик. Размеры их различны от самых больших и массивных, состоящих из миллиона миллионов (<math>10^{12}</math>) звезд, до самых слабых скоплений, содержащих менее миллиона звезд</p>



## Схема 59. Классификация галактик

Наименование	Тип	Масса в массах Солнца
Яркие сверхгигантские галактики	эллиптические	$10^{13}$
Сверхгигантские галактики	эллиптические и спиральные	$10^{12}$ - $10^{11}$
Гигантские и карликовые галактики	эллиптические, спиральные и неправильные	$10$ - $10^8$
Карликовые галактики и пигмеи	эллиптические	$10^7$ - $10^6$

Млечный Путь входит в группу, включающую около двадцати галактик, которую называют Местной. Помимо нашей Галактики в нее входят туманность Андромеды - гигантская спиральная галактика (М 31, расстояние до нее 670 килопарсек или 1,5 млн. световых лет, масса  $3 \cdot 10$  массы Солнца), Малое Магелланово Облако - неправильная галактика, Большое Магелланово Облако - нечто промежуточное между спиральной и неправильной галактиками (расстояние до них соответственно 63 и 52 килопарсека, их масса соответственно  $2 \cdot 10^9$  и  $1 \cdot 10^{10}$  массы Солнца), и ряд малых неправильных и эллиптических галактик. Диаметр нашей Местной группы галактик 5 млн, световых лет.

Активные галактики

# Активные галактики

Первый тип - «взрывающиеся» галактики

-спиральные или неправильные галактики, в которых большая часть межзвездного вещества сразу перешла в звезды. С 1983 г. были открыты тысячи взрывающихся галактик, причем тепловое излучение от некоторых из них в сотню раз превосходит световое

Второй тип - еще более активные галактики в центре которых имеется мощный источник энергии - активное ядро, являющееся мощным источником световых, радио- и рентгеновских волн. Это небольшая область - не больше Солнечной системы, выделяет столько же энергии сколько миллион миллионов ( $10^{12}$ )

Солнц

Сейфертовские галактики (К. Сейферт) - спиральные галактики с крошечной яркой точкой свечения в центре. В центре таких галактик содержатся газы, движущиеся с высокими скоростями

У эллиптических галактик, имеющих активные ядра, но содержащих мало газа - горючим является звездный газ.

Процесс получения последнего следующий: гравитационное притяжение черной дыры может разрывать звезды, орбиты которых слишком близко

Квazarы - тип галактик. Размер ядра квазара в поперечнике равен размеру Солнечной системы, а излучение его более чем в тысячу раз превосходит излучение обычных галактик. Единственным источником такой концентрации энергии является мощное гравитационное поле вокруг черной дыры. При падении газа на черную дыру до 40% его массы может перейти в энергию. У спиральной галактики вполне хватает газа для того, чтобы «прокормить» черную дыру в центре квазара

## Схема 61. Космический круговорот вещества в галактике



## Схема 62. Модель Галактики и Метагалактики

### ГАЛАКТИКА

(Млечный Путь - звездная система, содержащая до  $10^{11}$  звезд, к которой принадлежит Солнечная система)

Проксима  
Центавра  
0,014 м

Центр  
Галак  
тики  
10 см

Солнц  
е

### МЕТАГАЛАКТИКА

(изученная часть Вселенной со всеми находящимися в ней галактиками и другими объектами)

Туман  
ность  
Андро  
меды  
6 м

Скоплен  
ие  
галактик  
в Деве  
120 м  
Радио

галакт  
ика  
Лебед  
ь - А

2,5 км

Радиогалактик  
а 3С-295  
25 км

Масштаб: земная орбита = внутренней орбите атома водорода в классической модели Бора (радиус этой орбиты равен  $0,53 \cdot 10^{-8}$  см)

Галактика в этом масштабе:

- расстояние до ближайшей звезды Проксима Центавра будет 0,014 мм
- расстояние до центра Галактики около 10 см  
размеры нашей звездной системы будут около 35 см.
- диаметр Солнца будет 0,0046 А (ангстрем - единица длины, равная  $10^{-8}$  см)

Реальные размеры Галактики: диаметр - 120 тыс. световых лет, толщина 10 тыс. световых лет

Метагалактика в этом масштабе: •  
расстояние до туманности Андромеды будет 6 м (реальное ее удаление 1,5 млн. световых лет); •  
расстояние до центральной части скопления галактик в Деве, куда входит и наша местная система галактик будет 120 м, причем такого же порядка будет размер самого скопления (реальное удаление 50 млн. световых лет); •  
расстояние до радиогалактики Лебедь - А будет 2,5 км; •  
расстояние до радиогалактики ЗС-295 будет 25 км ... (реальное ее удаление 5 млрд, световых лет).  
Скорость удаления радиогалактики Лебедь - А около 17 тыс. км/сек, радиогалактики ЗС-295 около 138 тыс. км/сек

Реальные размеры Метагалактики около 20 млрд, световых лет

## Схема 63. Местная система галактик



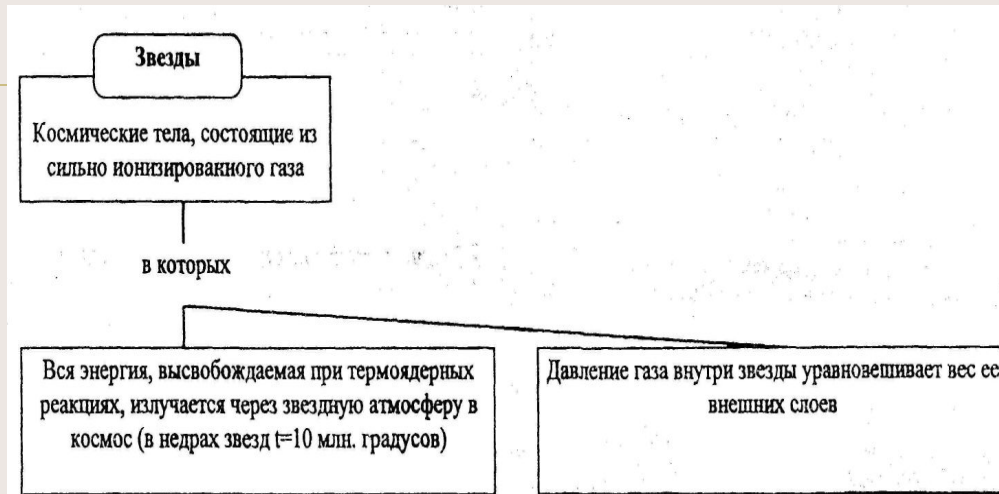
В Местной системе галактик выделяют две главные группы со сверхгигантами в каждой. Это наша Галактика (Млечный Путь) с ее спутниками - Магеллановыми Облаками и Андромеда (М 31) с ее несколькими эллиптическими спутниками. На две сверхгигантские системы приходится одна умеренная по размерам спираль (М 33 в Треугольнике), две компактные карликовые эллиптические галактики (NGC 205 и 221), две довольно разреженные (NGC 147 и 185), шесть сфероидальных крайне разреженных (в Печи, Скульпторе, Лев I, Лев II, в Малой Медведице, Драконе), неправильные галактики (Магеллановы Облака, NGC 6822, IC 1613, система Вольфа - Лундмарка, три системы Хольмберга и три карлика в Секстане, еще мало изученные). Итак, в Местной системе две гигантские спирали, одна средняя спираль и 17 - 20 карликов, преимущественно эллиптических и

## Схема 65. Звездная система Млечный Путь - Галактика (общая характеристика)

Диаметр	120000 световых лет
Толщина	6500 световых лет
Масса	$1,4 \cdot 10^{11}$ массы Солнца
Масса газа и пыли от массы всех звезд	5%
Расстояние спиральных рукавов от центра	30000 - 40000 световых лет
Скорость вращения:	
• на расстоянии 3000 св. лет от центра	200км/с
• на расстоянии 6000 св. лет от центра	183 км/с
• на расстоянии 30000 св. лет от центра	250км/с
• на расстоянии 100000 св. лет от центра	150км/с
Скорость освобождения:	
• для центра Галактики	
• над Солнцем для края	700км/с
• Галактики	360км/с 240км/с

## Схема 68. Звездная форма бытия космической материи

Звезды «Звездная субстанция» составляет 97 % массы нашей Галактики



### Примечание:

1. Граница между массами звезд и планет равна 0,02 массы Солнца, т.е. при массе меньше этой **границы**, термоядерной реакции не происходит (масса звезды Пласкетта = 90 массам Солнца)
2. Простейшие звездные системы - кратные системы, состоящие из двух и более звезд;
  - «рассеянные» системы, состоящие из несколько сотен отдельных звезд;
  - «шаровые» системы, состоящие из многих сотен тысяч звезд.



## Схема 69. Виды звезд



## Схема 70. Виды звезд (продолжение)

### Звезды

#### Красные карлики

Звезды, диаметр которых в 2-3 раза меньше диаметра Солнца, их средняя плотность в 4-5 раз больше плотности воды и втрое больше плотности Солнца

#### Красные гиганты

Звезды большой светимости: диаметр их в сотни раз больше диаметра Солнца; плотность в тысячи раз меньше плотности воздуха

#### Белые карлики

Электронные постзвезды: масса такого типа звезды порядка массы Солнца, а радиус - 0,01 радиуса Солнца; плотность Ют/см<sup>3</sup>. Светимость 10<sup>-4</sup> светимости Солнца

#### Черные дыры

Звезды, сжатые до величины гравитационного радиуса (для Земли величина гравитационного радиуса равна 1 см, для Солнца - 3 км). В них вещество находится в состоянии сингулярности (плотность выше 10<sup>74</sup> г/см<sup>3</sup>). Черная дыра имеет и другие названия: «коллапсар», «флуктуар», «отон», «застывшая звезда», «гравитационная

#### Нейтронные

Звезды, состоящие из огромного сгустка нейтронов, силы гравитации разрушили в них сложные ядра и вещество снова стало состоять из отдельных элементарных частиц. Масса их близка к массе Солнца; радиус 1/50000 от солнечного (10-30 км); плотность до 100 млн.т/см<sup>3</sup>

#### Пульсары

Пульсирующие космические источники радио-, оптического, рентгеновского и гамма-излучений

У радиопульсаров (быстро вращающихся нейтронных звезд) периоды импульсов - 0,03-4 сек; у рентгеновских пульсаров (двойных звезд, где к нейтронной звезде перетекает вещество от второй, обычной звезды) периоды составляют несколько секунд и более

#### Квazarы

Квазизвездные источники радиоизлучения; космические объекты чрезвычайно малых угловых размеров. Отдаленность от Солнца несколько тысяч мегалареек. Это образования окраин Вселенной. Они излучают в десятки раз больше энергии, чем самые мощные галактики. Масса ядра 10<sup>8</sup>-10<sup>9</sup> масс Солнца; размеры 10<sup>16</sup>-10<sup>17</sup> см

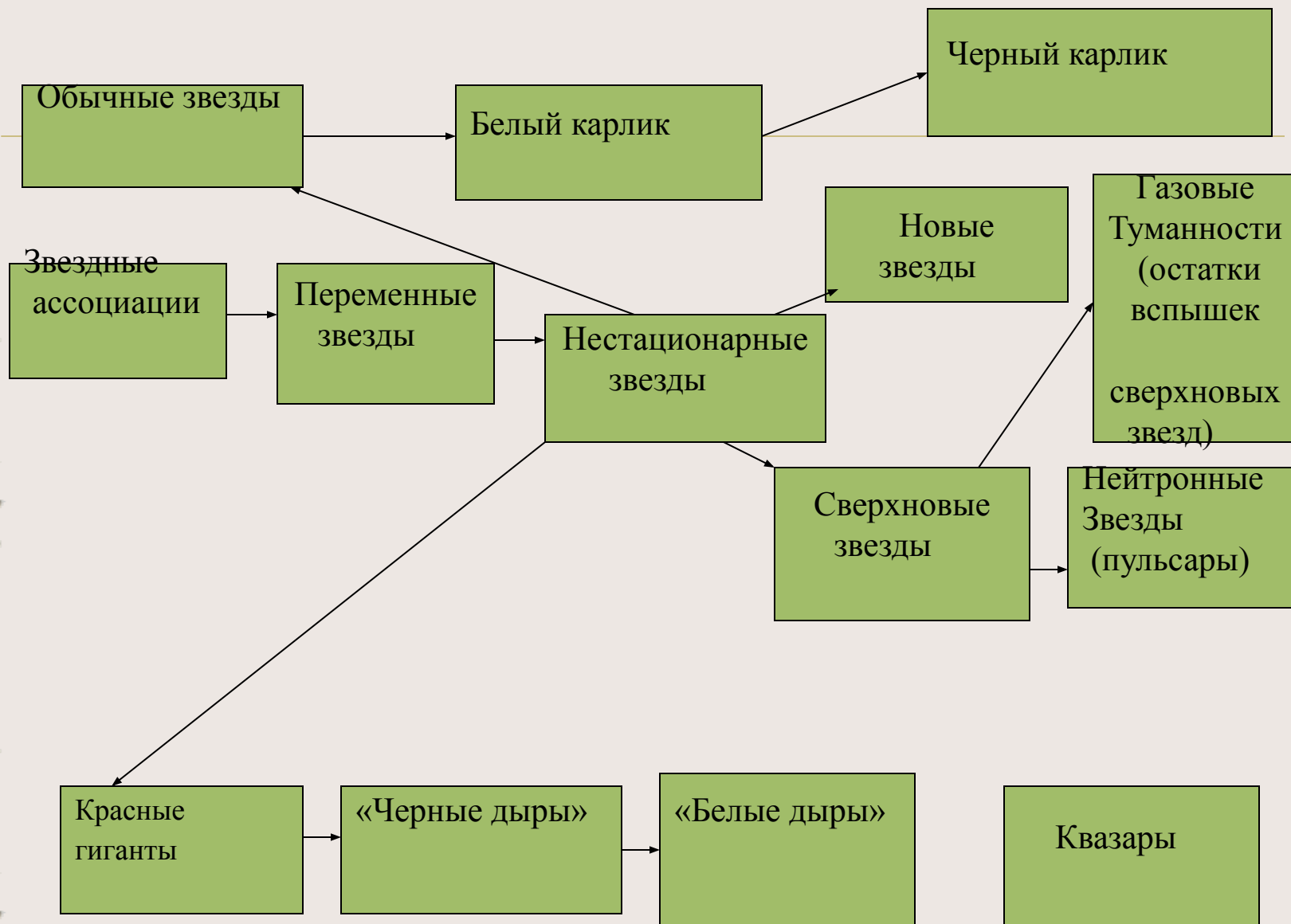
## Схема 71. Общая характеристика звезд

### Звезды (сверхгиганты - I, гиганты - III, карлики - V)

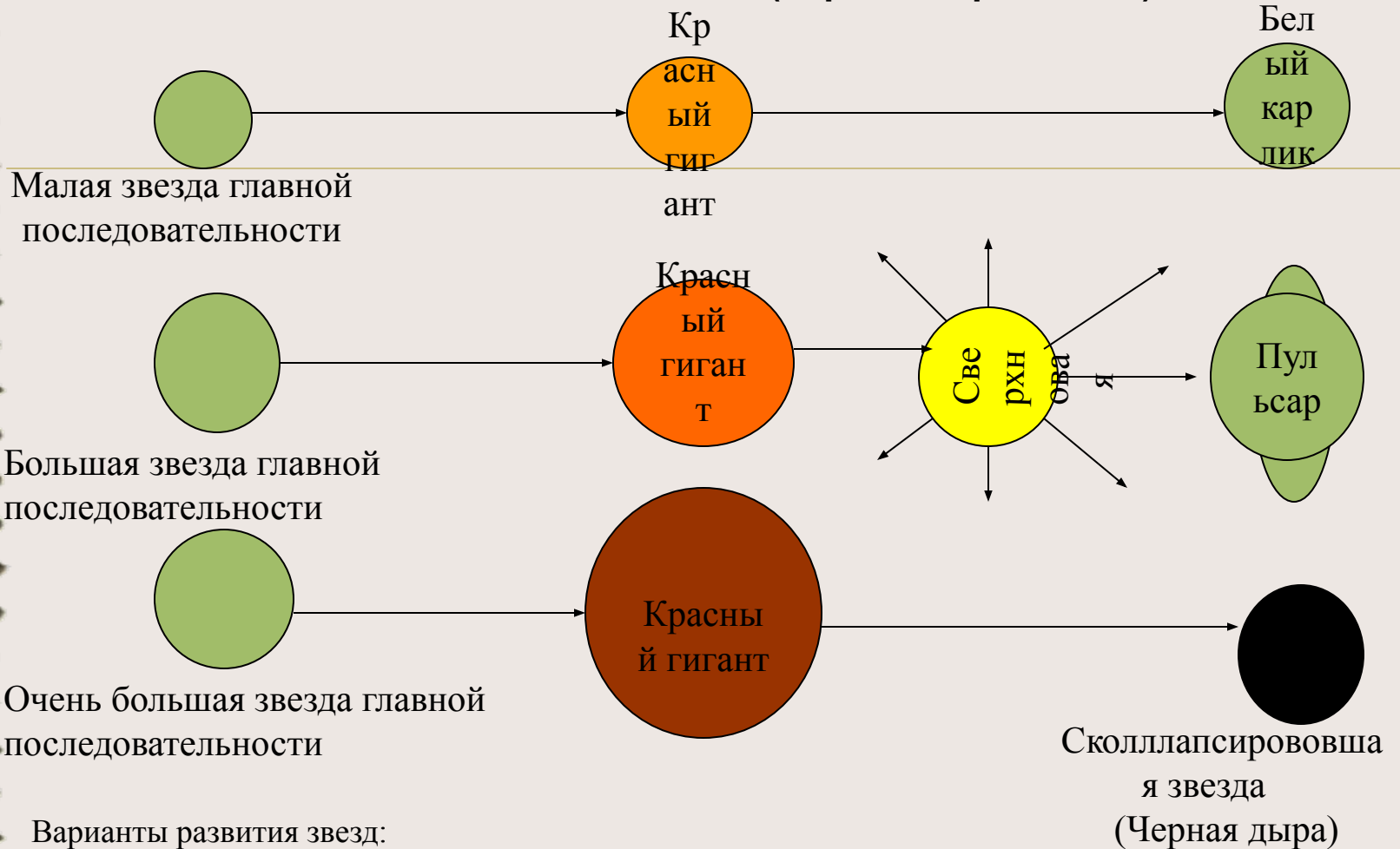
Цвет	Спектральный класс*	Эффективная температура (К)			Масса в массах Солнца			Радиус в радиусах Солнца			Светимость в единицах светимости Солнца		
		I	III	V	I	III	V	I	III	V	I	III	V
Голубой	O5			40000	150	40				18		500000	
Голубоватобелый	B0	30000		28000	50	17,5		20	15	7,4	250000	20000	
	B5	24000		15500	25	6,5		30	10	3,8	60000	800	
Белый	A0	12000		9900	15	3,2		40	6	2,5	20000	80	
	A5	9200		8500	13	2,1		50		1,7	10000	20	
Желтобелый	F0	7000		7400	12	1,7		60		1,35	8000	6	
	F5	6300		6580	11		1,3	80	4	1,2	6300	2,5	
Желтый	G0	5700	5600	6030	10	2,5	1,1	100	6	1,05	6300	30	1,3
	G5	4850	5000	5520	11	3	0,9	125	10	0,93	6300	50	0,8
Оранжевый	K0	4100	4500	4900	12	4	0,8	200	15	0,85	8000	80	0,4K5
	K5	3500	3800	4130	13	5	0,7	400	25	0,74	15000	200	0,15
Красный	M0		3200	3480	15	6	0,5	500	100	0,63	30000	400	0,06
	M5		2500	2800			0,2		250	0,30	50000	1000	0,008
	M8		2400				0,1		500	0,12			0,0008

\* Последовательность спектров звезд обозначается буквами: O, B, A, F, G, K, M - от самых горячих к очень холодным.

## Схема 72. Общая эволюция звезд



## Схема 73. Эволюция звезд (варианты развития)



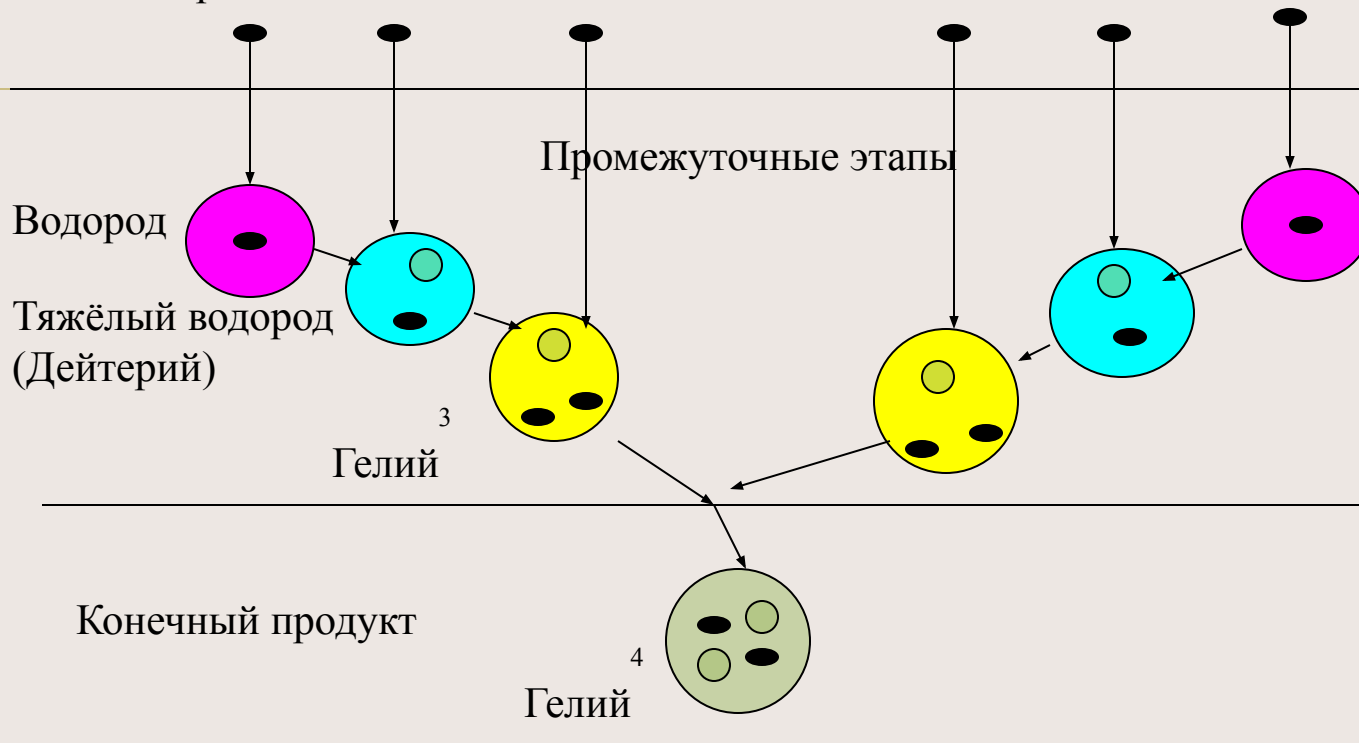
Варианты развития звезд:

- I. Звезды массой от 1 до 1,2 массы Солнца эволюционируют к белому карлику, который остывая, превращается в черного карлика
- II. Звезды с массой 2,0 массы Солнца эволюционируют к нейтронной звезде: последняя, если сможет захватить межзвездный па или вещество двойной звезды, превращается в черную дыру.
- III. Звезда с массой более 2,0 массы Солнца эволюционирует к черной дыре через коллапс звезды.

## Схема 74. Внутризвездные процессы

### Процесс преобразования водорода в гелий в звезде:

Атомы водорода



Солнце, как звезда главной последовательности, представляет собой сферическую массу раскаленной материи диаметром 1392000 км. Это кипящий котел, в котором при 13 млн. градусов по Цельсию водород, составляющий большую часть Солнца, теряет электроны и его ядра сталкиваются и сливаются воедино в цепочке ядерных реакций, дающих в результате гелий. Солнце, как звезда главной последовательности, находится в самой середине своего жизненного пути; примерно через 5,5 млрд. лет оно израсходует запас водорода и прекратит существование.

## Схема 75. Гипотезы об образовании Солнечной системы

Основная идея гипотезы	Год	Автор
Вихревое движение - единственная устойчивая форма движения, из первичных и вторичных вихрей образовались Солнце и планеты со спутниками	1644	Р. Декарт
Гигантская комета столкнулась с Солнцем и вырвала из него вещество из которого образовались планеты	1745	Ж.Л.Л. Бюффон
Конденсировалось вращающееся облако межзвездного газа	1755	И. И. Кант
Объяснение предыдущей гипотезы: облако стягивалось и каждый раз, когда центробежная сила оказывалась достаточно большой, от облака отделялось газовое кольцо, из которого образовывалась планета	1796	П.С. Лаплас
Солнце прошло близко от звезды и из него вырвалось вещество	1878	А. Бикертон
Солнце прошло близко от звезды и вещество выплеснулось из приливной волны	1901	Т.К. Чемберлин
В магнитном поле Солнца из ионов, выброшенных Солнцем, образовались газовые кольца	1912	О. Биркеланд
Солнце столкнулось со звездой, после столкновения звезда распалась остались Солнце и длинный газовый хвост, из которого образовались планеты	1913	С. А. Аррениус
Звезда задела Солнце и образовался длинный хвост	1916	Х. Джеффрис Дж.
Звезда прошла близко от Солнца, вещество вырвалось из приливной волны и образовало длинные хвосты	1917	Х. Джине

## Схема 76. Гипотезы об образовании Солнечной системы (продолжение)

Основная идея гипотезы	Год	Автор
Из частиц, выброшенных Солнцем, образовался газовый диск Солнце было двойной звездой, второй компонент был разрушен третьей звездой	1930	Х.П. Берлаге
Солнце было тройной звездой, система неустойчивой, два компонента отделились и оставили часть своего вещества	1935	Г.Н. Рассел
Солнце встретилось с газовым облаком, атомы газа ионизировались и начали двигаться в магнитном поле	1936	Дж. Литлтон
Солнце встретилось с газовым облаком и захватило его, в результате соударений частиц образовались планеты	1942	Х.О. Альфвен
Из вихрей во внешних слоях сжимающегося протосолнца образовались планеты и их спутники	1943	О.Ю. Шмидт
Солнце было двойной звездой, второй компонент которой вспыхнул сверхновой звездой, выбросил газовое облако и покинул систему	1944	К. Вейцеккер
Протосолнце захватило газовое облако, у которого был достаточно большой момент количества движения	1944	Ф. Хойл
Планеты образовались в турбулентных верхних слоях протосолнца	1947	Ф.Л. Уиппл
Планеты образовались в газовом облаке, окружавшем Протосолнце, в результате гравитационных возмущений	1948	Д. Тер Хар Дж.
	1949	П. Койпер

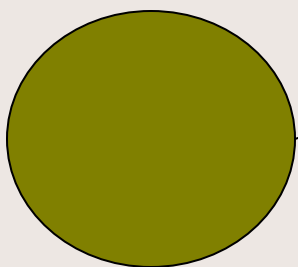
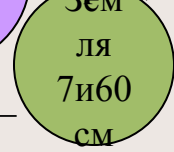
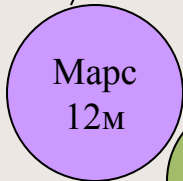
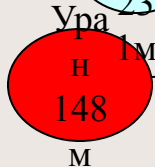
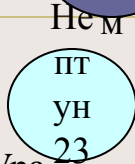


# Схема 77. Модель Солнечной системы

Размеры Солнечной системы равны 500-100 астрономическим единицам (около 10 млрд. км). Эта величина в 1 млн. раз превосходит диаметр Земли

Самый долгий период обращения - 250 лет

Масштаб схемы: диаметр Солнца - 7 см



Световой год - 300 тыс. км/сек (10000 млрд. км)

Реальное расстояние до

Расстояние от Солнца до центра Галактики 14300000 км (реальное расстояние около 30 тыс. световых лет)

ближайшей Галактики в созвездии Андромеды (1,5 млн. световых лет)

Диаметр Земли - 0,5 мм  
Диаметр Луны - 0,1 мм  
Орбита Луны - 4 см

Самый короткий период обращения - 88 сут

Размеры Галактики 60 млн. км

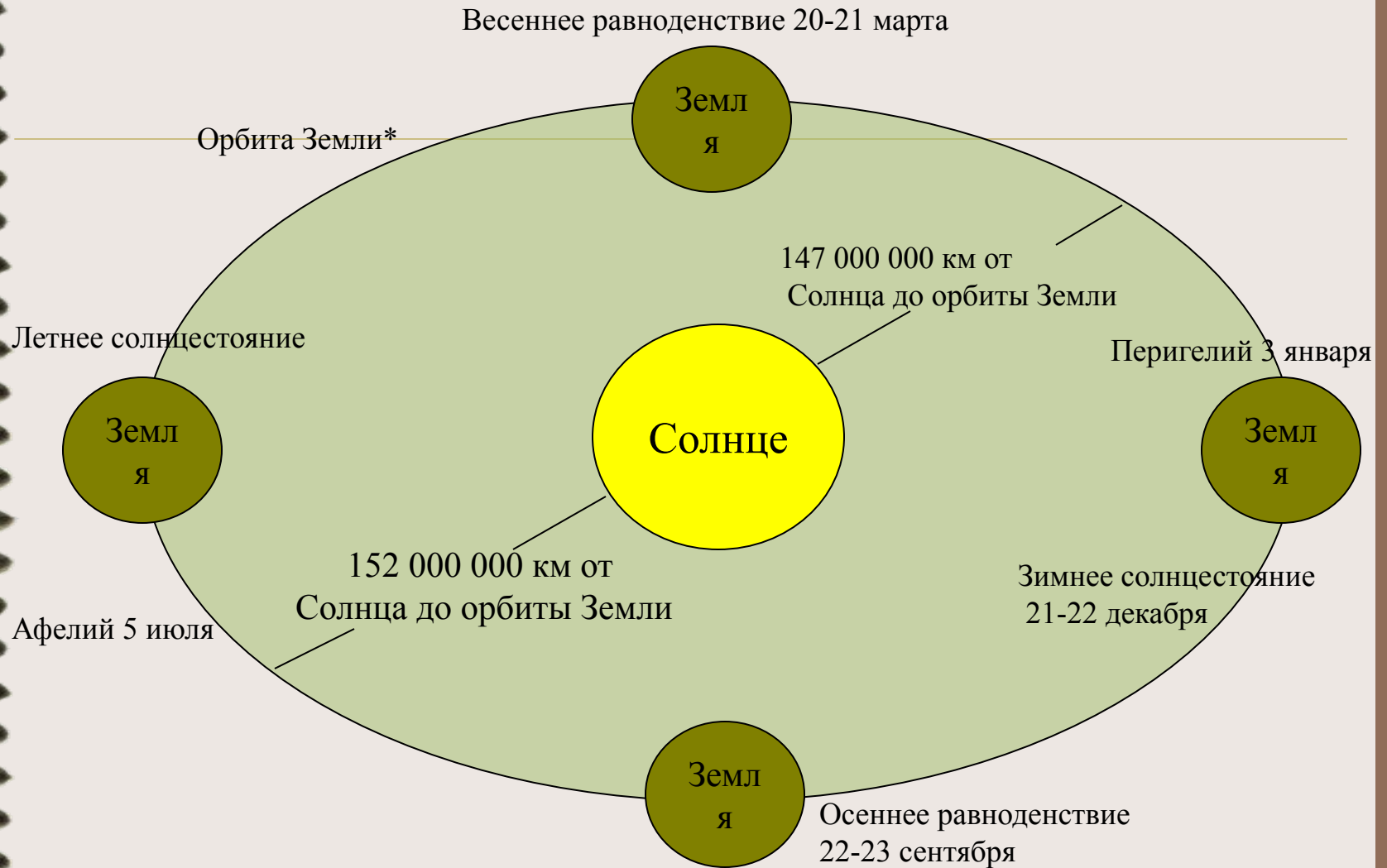
(в данном масштабе)



## Схема 78. Общая характеристика Солнца

Радиус	$6,9599 \cdot 10^8$ м
Объем	$1,4122 \cdot 10^{27}$ м <sup>3</sup>
Площадь поверхности	$6,087 \cdot 10^{18}$ м <sup>2</sup>
Масса	$1,989 \cdot 10^{30}$ кг
Скорость освобождения на поверхности	617,7 км/с
Линейная скорость вращения на экваторе	2,025 км/с
Эффективная температура поверхности	5770 К
Скорость движения относительно ближайших звезд	19,5 км/с (движется в направлении созвездия Геркулеса)
Расстояние до центра Галактики	28000 св. лет
Расстояние от плоскости Галактики	50 св. лет
Скорость обращения вокруг галактического центра	250 км/с
Период обращения вокруг галактического центра	200 млн. лет
Возраст	5 млрд, лет
Температура в центре	15 млн. К
Плотность в центре	$160 \text{ Мг/м}^3$
Давление в центре	$3,4 \cdot 10^{16}$ Па
Химический состав (по массам)	Н- 71%, He -26,5%, ост. - 2,5%
Уменьшение массы в результате излучения	4,3 млн. т/с

## Схема 80. Годовое движение Земли вокруг Солнца



- Орбита Земли эллиптическая. Ближайшая точка орбиты называется перигелием, а наиболее далекая - афелием.

## Схема 87. Атмосфера Земли

Экосфера –	внешний, наиболее разреженный слой атмосферы от верхней границы термопаузы и выше, характеризующийся постоянством температуры с высотой
Термопауза – Термосфера -	промежуточный слой между термосферой и экзосферой слой верхней атмосферы (в среднем от 80 до 300-800 км), расположенный между верхней границей мезосферы (мезопаузой) и термопаузой. В термосфере происходит рост температуры до 1500° С
Ионосфера -	слой верхней атмосферы, расположенный на высоте от 50-80 км до нескольких тысяч километров и характеризующийся высоким содержанием молекулярных и атомных ионов и свободных электронов
Мезосфера -	средний слой атмосферы, лежащий над стратосферой на высотах от 50 до 80-85 км. Температура на нижней границе - 0° С, на верхней до - 90° С
Стратопауза –	пограничный слой между стратосферой и мезосферой на высоте порядка 50-55 км
Стратосфера —	слой атмосферы между тропосферой и мезосферой (на выс. от 8-16 до 45-55 км). Температура на нижней границе от - 40 до - 80 С, на верхней границе она близка к 0° С
Тропопауза –	переходный слой от тропосферы к стратосфере толщиной от нескольких сотен метров до 2-3 км
Тропосфера -	простирается до высоты 8-10 км в полярных широтах, до 10-12 км в умеренных и до 16-18 км в тропических. Содержит около 80% атмосферного воздуха и почти весь водяной пар. Температура воздуха понижается с высотой на 6 С на каждые 1000 м

## Схема 88. Атмосфера Земли (моделирование состава атмосферы)

Моделирование состава атмосферы выявило сильную зависимость ее эволюции от расстояния между Землей и Солнцем:

1. Если бы Земля оказалась ближе к Солнцу, то при повышенной массе атмосферы и значительном парниковом эффекте за счет накопления термодинамически активных газов (метан, углекислый газ и т.п.) мог бы создаться «разгоняющийся» в сторону разогревания тип атмосферы (пример планета Венера: быстрое накопление углекислого газа привело к сильному парниковому эффекту, это вызвало прекращение конденсации водяного пара в атмосфере, дождей и испарению первичного океана; в результате сильный разогрев поверхности, безводная суша и тяжелая углекислая атмосфера).
2. Если бы Земля находилась чуть дальше от Солнца, то на ранних стадиях формирования атмосферы и гидросферы проявился бы эффект «разгоняющегося» похолодания. При меньшем потоке солнечного тепла в сравнительно тонкой атмосфере водяной пар замерзал бы и выпадал в виде снега: в результате планета бы оледенела (температура на поверхности упала бы до  $-90^{\circ}\text{C}$ ). Предполагается, что таким путем развивался Марс с его тонкой атмосферой и шапками оледенений на полюсах.

*Примечание:* Зона, в которой на такой планете, как Земля, вода может существовать сразу в трех состояниях - жидком, твердом и газообразном, составляет очень узкую полосу вокруг Солнца. Ширина ее равна всего 0,06 расстояния Земли от Солнца, а граница полосы лежит в пределах 0,95 и 1,01 этого расстояния, т.е. смещение орбиты всего на 1% может погрузить Землю в вечную спячку под толстым слоем льда, а смещение на 5% - вызвать смертоносный для биосферы разогрев утяжеляющейся углекислой атмосферы.

## Схема 89. Концепции развития Земли

В XIX веке в геологии сформировались две концепции развития Земли

### «Теория катастроф»

Развитие осуществляется  
посредством скачков,  
катастроф  
(Жорж Кювье –  
«теория катастроф»)

### Эволюционная теория

Развитие осуществляется  
посредством  
небольших изменений,  
осуществляющихся в одном  
и том же направлении.  
Суммируясь эти изменения  
приводят к значительным  
результатам  
(Чарльз Лайель –  
«принцип униформизма»)

## Схема 90. Геологическая история Земли (концепции движения материков)

### I Первая гипотеза мобилизма (А. Вагнер, 1912)

В Карбоне (геологический период) существовал единый массив суши - Пангея. Пангея раскололась на Лавразию и Гондвану. 135 млн. лет назад Африка отделилась от Южной Америки, а 85 млн. лет назад Северная Америка - от Европы; 40 млн. лет назад Индийский материк столкнулся с Азией и появились Тибет и Гималаи. Основание:

- сходство очертаний материков, как частей расколовшегося когда-то единого праматерика Пангеи;
- эмпирическое обнаружение в конце 50-х годов расширения дна океана; сходство геологического строения, верхнепалеозойской флоры и фауны приатлантических континентов (особенно Африки и Южной Америки)

### II. Вторая гипотеза мобилизма (новая глобальная тектоника)

Литосфера разбита на крупные гагаты, которые перемещаются по астеносфере (слой пониженной вязкости в верхней мантии Земли; вероятно, в ней происходит перетекание вещества, которое вызывает вертикальное и горизонтальное движение участков блоков литосферы) в горизонтальном направлении. Близ срединно-океанических хребтов литосферные плиты наращиваются за счет вещества, поднимающегося из недр, и расходятся в стороны. В глубоководных желобах одна плита подвигается под другую и поглощается мантией. Там, где одна плита сталкивается с другой плитой, образуются складчатые участки блоков литосферы

## Схема 91. Геологическая история Земли (концепция эволюции океана и атмосферы)

Модель эволюции океана и атмосферы<sup>1</sup>:

- Океан и атмосфера - продукт дегазации вулканических лав, выплавлявшихся из верхней мантии Земли и формировавших земную кору
- При плавлении мантия разделялась на легкоплавкую и тугоплавкую фракции
- Первая представлена в основном базальтами с растворенными в них газами и водой. Как более легкая, она поднималась к поверхности и изливалась через жерла вулканов и трещины разломов, выбрасывая газы и пары воды, т.е. океан и первичная атмосфера образовались через вулканические жерла

Основания:

- Расчеты и эксперименты показали, что в расплавленном базальте (при  $t = 1000^\circ \text{C}$  и давлении равном давлению на глубине 17-35 км под поверхностью Земли) наличие 7- 8% воды и 1% газов
- За всю историю Земли вулканы выбросили  $2,86^{25}$  г вещества, которое должно было выделить не менее  $2 \cdot 10^{24}$  г воды (сейчас в океане -  $1,37 \cdot 10^{23}$  г) и  $2,5 \cdot 10^{23}$  г газов (сейчас масса атмосферы -  $5,3 \cdot 10^{21}$  г), т.е. материала с избытком хватило на сушу, океан и атмосферу



## Схема 92. Геологическая история Земли (трансгрессия и регрессия океана)

Общепланетарные явления - трансгрессия (наступление) и регрессия (отступление) океана, в результате которых меняется конфигурация океана и суши, глубина океанов и соотношение размеров суши и моря

### Регрессия океана

Площадь суши на Земле возрастает и наша планета становится ярче в связи с тем, что суша обладает значительно большей отражательной способностью (большим альбедо).  
А это приводит к понижению температуры

### Трансгрессия океана

Площадь суши на Земле сокращается в результате затопления водами океана (до 40% по сравнению с современной). Планета тускнеет, так как уменьшается ее альбедо; поверхность разросшегося океана поглощает больше солнечных лучей, что приводит к общему повышению температуры

Причинами крупнейших трансгрессий и регрессий океана являются:

- процессы в недрах Земли, вызывающие движение литосферных плит и изменения конфигурации, размеров и глубины океана
- процессами наступления и отступления ледниковых покровов

# Схема 93. Геологическая история Земли (ледниковая теория - гляциализм<sup>1</sup>)

## Концепции гляциализма

### Дрифтовая теория

Теория, согласно которой валуны, встречающиеся в четвертичных отложениях северных районов Евразии и Северной Америки, были занесены туда айсбергами гипотетического моря, покрывавшего огромные пространства в высоких широтах (выдвинута в I-й половине XIX в. Ч. Лайелем)

### Теория материковых оледенений

Теория, согласно которой большинство фактов, лежащих в основе дрифтовой теории, объясняется геологической деятельностью ледниковых покровов прошлого (выдвинута в сер. XIX в. Л. Агассисом, У. Баклендом и др.)

### Моногляциализм

Теория однократности покровного оледенения в четвертичном (антропогенном) периоде

### Полигляциализм

Теория многократности и покровных оледенений в Четвертичном периоде. Опирается на свидетельства чередования теплых и холодных климатов в умеренных широтах Земли

<sup>1</sup> Гляциализм - система научных представлений о древних оледенениях Земли.

## Схема 94. Геологическая история Земли (ледниковые эпохи)

Абсолютный возраст, млн лет назад	Эра	Период (система)	Эпоха оледенения	Время от сегодняшнего момента							
3000-2000	Археозойская Протерозойская	Не расчленена	Гуронская эпоха оледенения Гнейссесская эпоха оледенения Стертская эпоха оледенения Варангская эпоха оледенения	2,34-1,95 млрд. лет назад							
2000-570											
1000	Палеозойская	Рифей	Ордовикская эпоха оледенения Гондванская эпоха оледенения	950-900 млн. лет назад							
625-600		Венд		810-715 млн. лет назад							
580-260		Кембрий Ордовик Силур Девон Карбон Пермь			680-570 млн. лет назад						
580-480						460-410 млн. лет назад					
480-420							340-240 млн. лет назад				
420-400											
400-320											
320-270											
270-225											
225-70											
225-185	Триас Юра Мел										
185-140											
140-70			Кайнозойская								
70-0				Кайнозойская эпоха оледенения	начало - 40 млн. лет назад						
70-25					Палеоген Неоген Аитропоген	За последние 3 млн. лет было 18 полных ледниковых циклов За последний 1 млн. лет было 7 полных ледниковых циклов Последний ледниковый период - валдайский (Россия), вюрмский (Европа), висконсинский (США) - начался 120 тыс. лет назад					
25-1											
1-0											

# Схема 97. Геологическая история Земли (концепции возникновения ледниковых эпох<sup>1</sup>)



<sup>1</sup> Ледниковая эпоха (ледниковье, гляциал)- отрезок времени в геологической истории Земли, характеризующийся сильным похолоданием климата и развитием обширных материковых ледников. Ледниковые эпохи разделялись эпохами почти полного исчезновения льдов - межледниковьями (интергляциалами).

# Схема 98. Геологическая история Земли (теории колебаний оледенений Земли)

## Теории колебаний оледенений Земли

### Астрономическая

Полушария Земли в результате изменения элементов ее движения получают разное количество солнечной радиации, что отражается на глобальной температуре. Таких элементов три:

- колебания земной оси; она описывает в пространстве круг за время приблизительно 25 тыс. лет;
- изменение наклона земной оси по отношению к плоскости орбиты (эклиптики) Земли; изменения достигают  $3^\circ$ ;
- периодичность их - 41 тыс. лет;
- изменение формы орбиты; каждые 100 тыс. лет она изменяется от круговой до эллиптической. Периодичность элементов движения соответствует трем циклам изменения климатической системы Земли. Периодичность резких изменений - 100 тыс. лет; менее выраженных -- 42 тыс. лет; небольших - 24 тыс. лет.
- Изменение положения земной поверхности по отношению к Солнцу оказывает влияние на развитие оледенений (выдвинута в 20-х годах XX в. М. Миланковичем)

### Функциональная

системы. Функциональной модели системы атмосфера - океан - оледенение свойственны автоколебания. Колебания возникают между

двумя большими инерционными звеньями системы — оледенением и океаном, которые выступают как осцилляторы. Инерционные свойства океана обусловлены большой теплоемкостью и значительной массой океана, а оледенения - малой скоростью массообмена (таяния и накопления льда).

Эти два звена объединены функциональными связями, которые осуществляются благодаря переносу тепла и влаги в атмосфере. Возбудителем колебаний является северное полушарие. Данная модель воспроизводит картину колебаний ледниковых покровов, что согласуется с палеоклиматическими

данными (авторы - В. Я. Сергин и С. Л.