

- **ИНЖЕНЕРНАЯ**
- **ГЕОЛОГИЯ**



# • Тема 1. Общие сведения о геологии

## • Лекция 1. Строение Земли. Геохронология

- 1. Предмет, цель и задачи геологии, связь с другими науками
- 2. Происхождение, форма и строение Земли. Внешние оболочки Земли
- 3. Тепловой режим Земли
- 4. Геохронология Земли
- 5. Геохронологическая и стратиграфическая шкала

### • 1. Предмет, цель и задачи геологии, связь с другими науками

• **ГЕОЛОГИЯ** – наука о Земле («гео» – по греч. Земля, «логос» – слово, учение).

• **В настоящее время геология – совокупность многих геологических дисциплин.**

• **Геология изучает состав, строение и историю развития Земли.**

• **Основным объектом изучения является наружная оболочка Земли или земная кора. Изучаются происходящие в земной коре процессы, а также условия образования минералов и горных пород.**

• **Геология тесно связана со многими естественными науками: химией, математикой, физикой, биологией и др.**

• **Задача – изучение Земли для поисков, разведки, добычи полезных ископаемых, строительства и других целей**

## •Основная литература

- Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология.- М.: Высшая школа, 2009.-575с.

## •Дополнительная литература

- Ананьев В.П., Потапов А.Д. Основы геологии, минералогии и петрографии.
- Пешковский Л.М., Перескокова Т.М. Инженерная геология. - М.: Высшая школа, 1982.-341с.
- Чернышев СИ., Чумаченко А.И., Ревелис И.Л. Задачи и упражнения по инженерной геологии. Учебное пособие.- М.: Высшая школа, 2004.-245с.
- Горшков Г.П., Якушева А.Ф. Общая геология. Год издания: начиная с 1957 до 1985 г.
- Жуков М.М., Славин В.И. и др. Основы геологии. М.: Недра 1971. – 544 с.

## • ОСНОВОПОЛОЖНИКИ ГЕОЛОГИИ

• **Авраам Готлиб Вернер** (1750 – 1817 гг.), профессор Фрайбергской горной академии в Германии. Создал новую классификацию минералов и, в частности, - десятибалльную шкалу для определения твердости минералов. Это, так называемая, Шкала Мооса. Начал дифференциацию минералогии, которая раньше была главной геологической наукой – наукой о полезных ископаемых.

• Из минералогии он выделил в самостоятельный раздел знаний:

• **геологию** (геогнозию),

• **кристаллографию,**

• **палеонтологию**

• **петрографию.**

• Вернер был сторонником школы непутизма.

• **Джеймс Геттон** (1726 - 1797). Создал 3-х томный труд «История Земли», в котором дал идею развития Земли под воздействием внутренних и внешних сил. Сторонник идеи плутонизма.

• **Чарльз Ляйель** (1797 – 1875), английский ученый в труде «Принципы в геологии» (1830г.) привел принцип актуализма: современные геологические процессы подобны процессам, происходившим в геологическом прошлом. Поэтому их объяснение можно найти при изучении современных процессов. В труде «Основы геологии» показал, что развитие Земли происходит в результате эволюции.

• **Жорж Кювье** (1769-1832), французский ученый заложил основы геохронологии по палеонтологическим находкам.

• Доказывал, что развитие Земли происходит в результате катастроф и продолжается в течение бесконечного периода времени. Основоположник теории «катастрофизма».

• **Ломоносов Михаил Васильевич** (1711-1765) . В труде «О слоях земных» высказал мысль о деятельности внешних и внутренних сил, создающих земные слои. Дал практические указания по поискам руд.

• **А.П. Карпинский** (1847-1936) основатель русской геологической школы. Создал обобщения по петрографии, палеонтологии, полезным ископаемым и др.

• **В.М. Севергин, Е.С. Федоров, А.Н. Заварицкий, А. Е. Ферсман, В.И. Вернадский.** С ними связано развитие геохимии, кристаллографии, биогеохимии и др.

• **И.В. Мушкетов.** С его именем связано развитие исторической и динамической геологии.

• **В.А. Обручев, А.Д. Архангельский, Д.В. Наливкин и др.** внесли также значительный вклад в развитие геологии.

• В конце XIX века стала формироваться гидрогеология и инженерная геология.

• **Федор Петрович Саваренский (1881-1946), М.М. Филатов (1878-1942), А.Ф. Лебедев (1882 – 1936), Е.М. Сергеев (1914-1997) и др.** сыграли значительную роль в их становлении.

# СТРУКТУРА ГЕОЛОГИИ

- Геология включает более 30 научных дисциплин (условно 7 направлений)
- 
- 
- 

## Минералого-геохимическое

- Минералогия,
- Кристаллография,
- Петрография
- Геохимия

## Геологическое

- Общая геология
- Региональная геология
- Стратиграфия
- Геологическое картирование
- Динамическая геология
- Геотектоника
- Геоморфология

## Историческая геология

- Палеонтология,
- Историческая геология

## Учение о полезных ископаемых

- Минералогия
- Методы поисков полезных ископаемых

## Геофизика

- Электроразведка
- Сейсморазведка
- Гравиразведка
- Каротаж

## Инженерная геология

- Грунтоведение
- Инженерная геодинамика
- Региональная инженерная геология

## Гидрогеология

- Мерзлотоведение

•

•

•

•

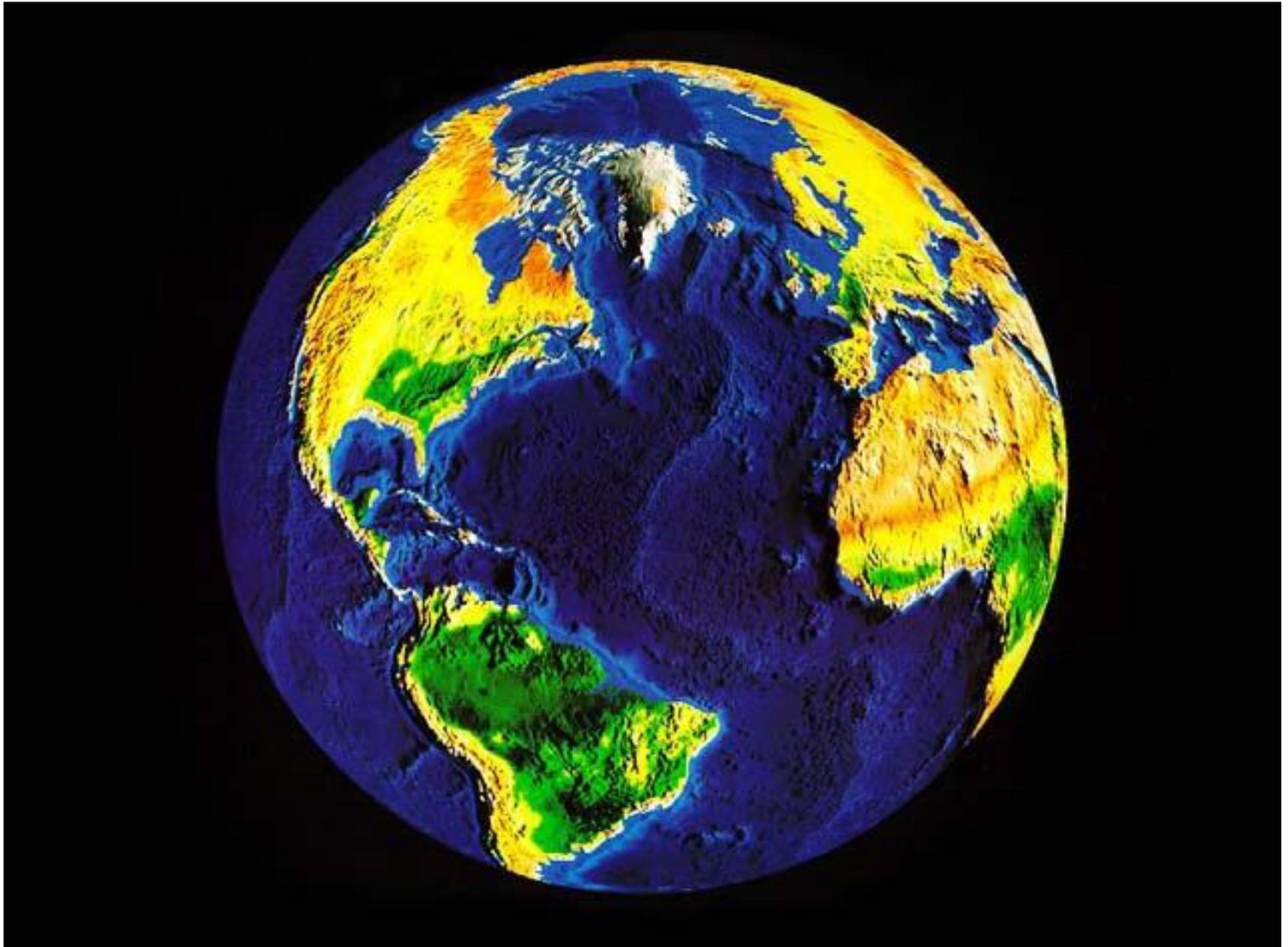
•

• **«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ является отраслью геологии, трактующей вопросы приложения геологии к инженерно-строительному делу», или**

• **«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ - отрасль геологии, изучающая геологические условия строительства и эксплуатации инженерных сооружений» (Академик Ф.П. Саваренский).**

• **Практическая задача** - обеспечить проектирование, строительство и эксплуатацию объекта необходимыми инженерно-геологическими данными.

•



## 2. Происхождение, форма и строение Земли

Наша планета Земля, наряду с другими 8-ю планетами входит в Солнечную систему, в центре которой находится Солнце. Кроме них в солнечной системе более 1000 малых планет и около 100 периодических комет

**Солнце** - газовый шар диаметром 1,4 млн. км, что в 109 раз больше диаметра Земли. От Земли до Солнца 150 млн. км. Земля движется вокруг Солнца со скоростью 30 тыс. км/сек.

### СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА



**Земля** имеет шарообразную форму, точнее форма Земли близка к трёхосному эллипсоиду вращения, средний радиус которого равен 6371,2 км.

Истинная или усреднённая форма Земли – **г е о и д**.

На поверхности Земли есть горы и впадины. Наибольшая глубина океанического дна - Марианская впадина ( $H=11022$  м). Самая высокая горная вершина Эверест имеет высоту  $H=8848$  м над уровнем моря.

Поверхность геоида совпадает с поверхностью океана.

Полярный радиус Земли – 6356,78 км,

Экваториальный радиус – 6378,16 км.

Разница – 21,38 км.

Площадь - 510 млн. км<sup>2</sup>,

Объем -  $1,083 \times 10^{12}$  км<sup>3</sup>.

Длина окружности - 40 тыс. км.

Средняя плотность вещества Земли  $\rho=5,5$  г/см<sup>3</sup>, для поверхностных пород  $\rho=2,7$  г/см<sup>3</sup> (кварц, полевой шпат  $\rho = 2,65$  г/см<sup>3</sup>), внутри планеты  $\rho=11-12$  г/см<sup>3</sup>.

Поверхность Земли на 70,8 % занята поверхностными водами, 29,2 % составляет суша.

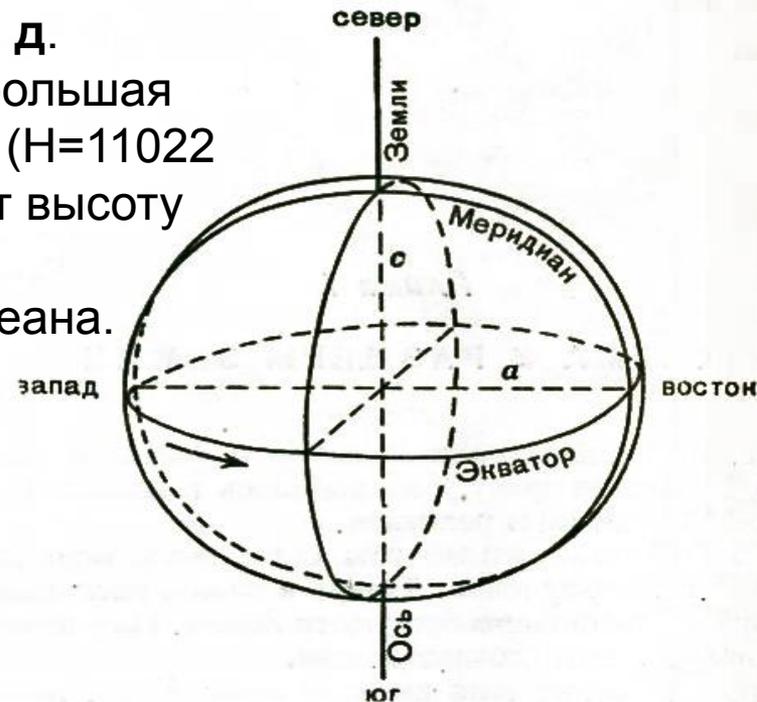
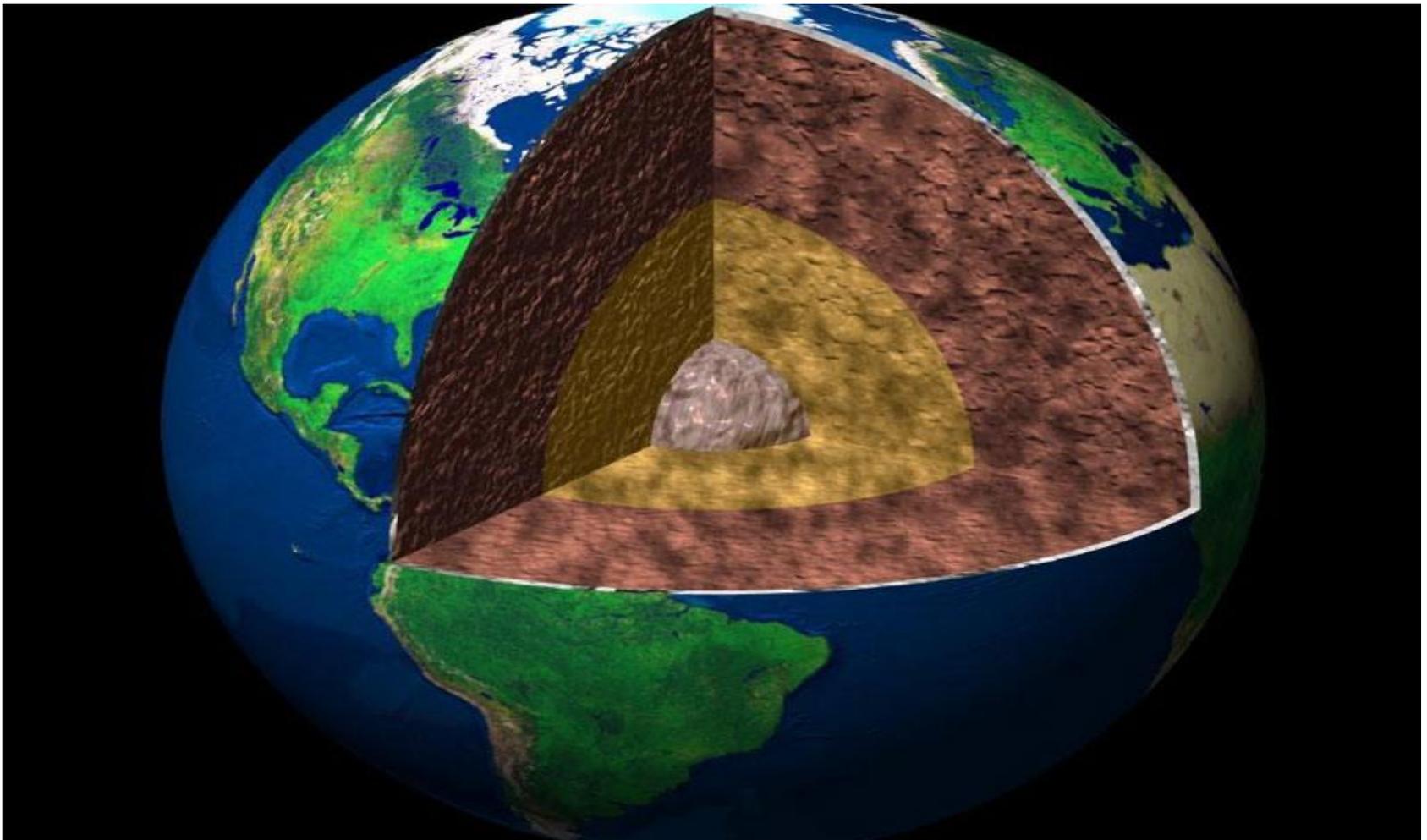


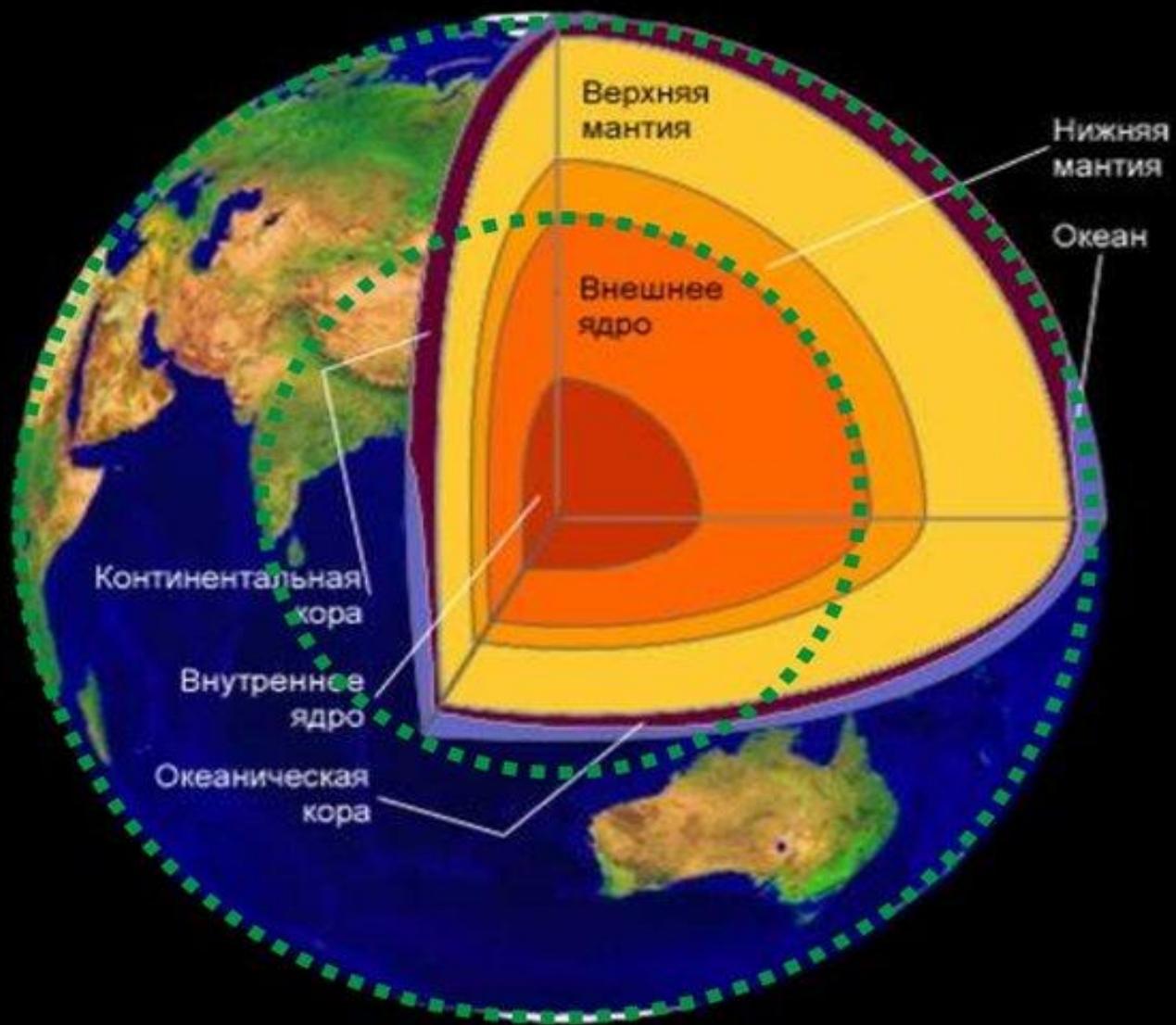
Рис. 1. Эллипсоид вращения:  
а—большая полуось; с—малая полуось



## 2.1. Внутреннее строение Земли

В строении Земли выделяют внутренние и внешние оболочки (геосферы). Внутренние оболочки: ядро, мантия, земная кора. Границы между ними условные.





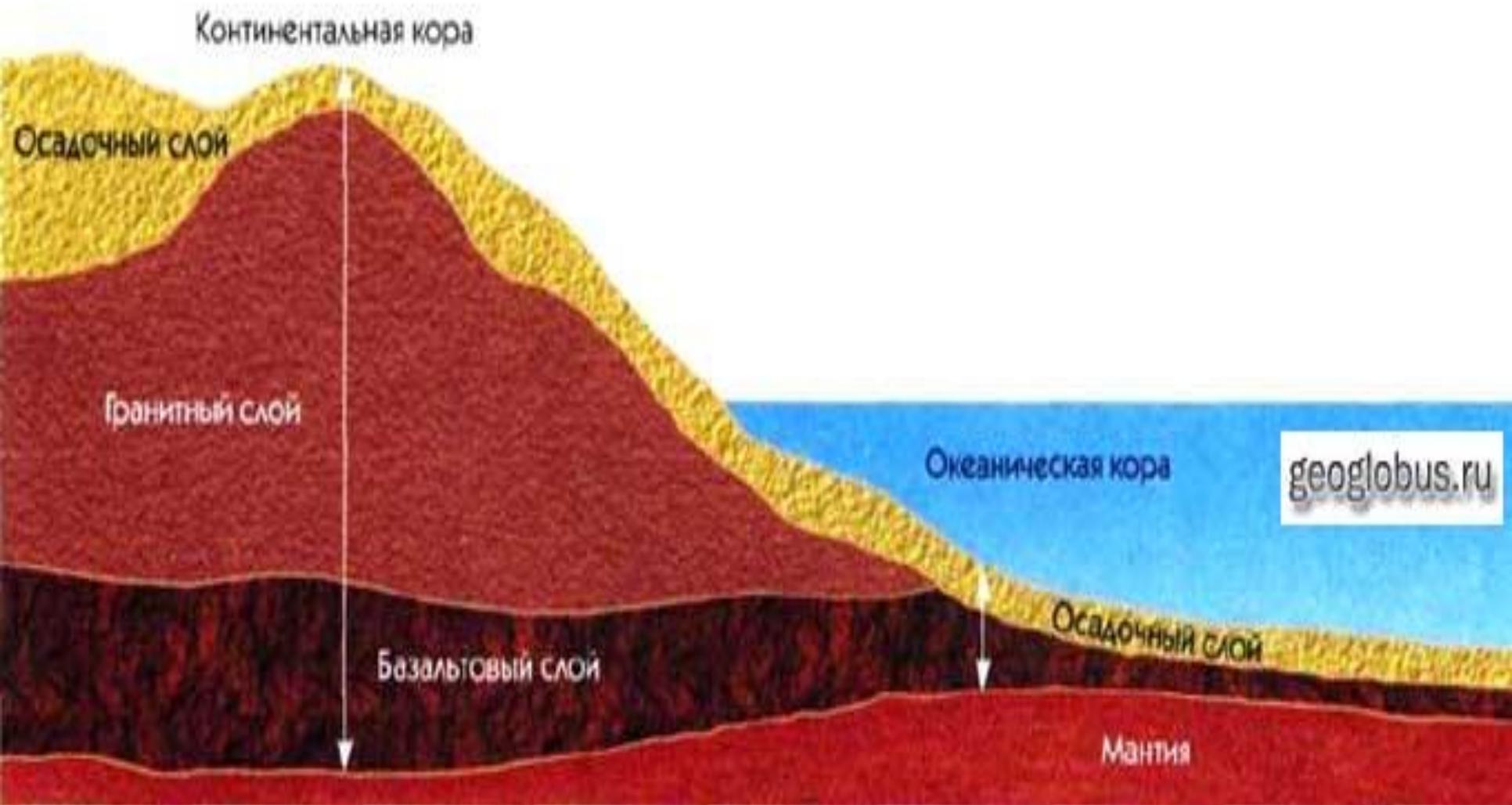


## • СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

- Земная кора - это верхний слой Земли, который имеет нижнюю границу, или подошву.
- Граница выделена по сейсмическим данным по слою Мохоровичича, где отмечено скачкообразное увеличение скоростей распространения упругих (сейсмических) волн до 8,2 км/сек.
- **Мощность от 20 до 80 км.**
- Выделяют два типа земной коры: **океаническую и континентальную кору.**
- **Океаническая кора**
- Образуется в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов за счет выделения базальтовых расплавов из астеносферного слоя Земли и излияния толеитовых базальтов на океаническое дно. Ежегодно из астеносферы поступает 12 км<sup>3</sup> базальтов.
- **Океаническая кора имеет трехслойное строение:**
- 1. Верхний слой. Осадочный материал (терригенные и карбонатные осадки, красные глубоководные глины), мощность от 0,5 до 15 км;
- 2. Средний слой - базальтовый. Подушечные лавы базальтов. Мощность - 1,5—2 км.
- 3. Нижний слой - базальтовый. Габбро. Вблизи срединных океанических хребтов подстиляется серпентинитами. Мощность - 4,7 до 5 км.
- Средняя плотность океанической коры (без осадков) равна 2,9 г/см<sup>3</sup>.

## • Континентальная кора

- Сложена тремя слоями:
- 1. верхний – осадочный (глинистые осадки и карбонатные породы), мощность от 0 на древних щитах до 15 км в краевых прогибах платформ;
- 2. средний - гранитный - кристаллические породы (докембрийские «гранитные» породы, часто регионального метаморфизованные);
- 3. нижний – базальты.
- Континентальная кора имеет разную мощность:
- Под островными дугами и участками с переходным типом коры мощность составляет от 20—25 км;
- под молодыми складчатыми поясами Земли (Анды или Альпийско-Гималайский пояс) – до 80 км;
- под древними платформами - 40 км. Важное отличие земной коры от других геосфер – наличие изотопов <sup>232</sup>U <sup>237</sup>Th <sup>40</sup>K
- **Химический состав земной коры, %**
- кислород — 46,8;
- кремний — 27,3;
- алюминий — 8,7;
- железо — 5,1;
- кальций — 3,6;
- натрий — 2,6;
- калий — 2,6; магний — 2,1;
- другие — 1,2.



Континентальная кора

Осадочный слой

Гранитный слой

Базальтовый слой

Океаническая кора

Осадочный слой

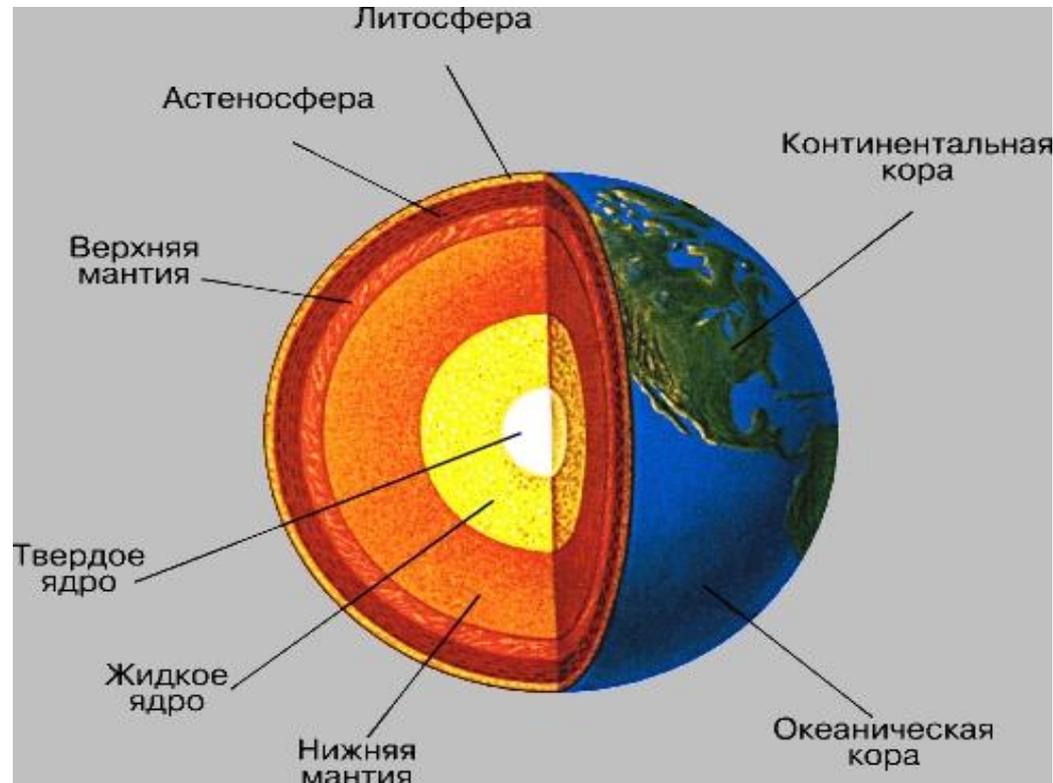
Мантия

geoglobus.ru

# ЛИТОСФЕРА

(«литос» - камень, «сфера» - шар)

- 
- 
- **Литосфера** — это твердая каменная оболочка Земли, состоящая из земной коры и верхней части мантии. Характерным признаком литосферы является то, что в нее входят породы в твердом кристаллическом состоянии.
- Под литосферой расположена пластичная оболочка мантии — **астеносфера**. Вещество частично расплавлено, и может пластично деформироваться, вплоть до способности течь даже под действием очень малых избыточных давлений.
- Литосферные плиты, которые слагают внешнюю оболочку Земли, образуются за счет остывания и полной кристаллизации частично расплавленного вещества астеносферы.
- Мощность литосферы от нескольких километров под рифтовыми зонами срединных океанических хребтов до 100 км под периферией океанов, под древними щитами мощность достигает 300—350 км.
- 



# Мантия и ядро Земли

## МАНТИЯ ЗЕМЛИ



Мантия представляет собой силикатную оболочку между ядром и подошвой литосферы. Масса мантии составляет 67,8 % общей массы Земли. Мантия состоит из **верхней мантии и нижней мантии** (до глубины примерно 2900 км). Между ними - переходный слой Голицына на глубине 400 – 1000 км. В кровле верхней мантии плотность пород – 3,3 – 3,4 г /см<sup>3</sup>, в нижней мантии – 5,5 – 5,7 г /см<sup>3</sup>.

Под океанами в верхней мантии выделяется слой, в котором мантийное вещество находится в частично расплавленном состоянии (**астеносфера**).

По современным представлениям, мантия имеет ультраосновной состав (недифференцированное вещество пиролит - 75 % перидотита, 25 % толеитового базальта). Поэтому ее часто называют перидотитовой или «**каменной**» оболочкой.

Мантию считают источником магматизма, сейсмических и вулканических явлений.

# ЗЕМНОЕ ЯДРО

Земное ядро состоит из внешнего (жидкого) и внутреннего (твердого) ядра. **Радиус внутреннего ядра (так называемый слой G) примерно равен 1200—1250 км, переходный слой (F) между внутренним и внешним ядром имеет мощность около 300—400 км (поверхность Вайхерта – Гутенберга), а радиус внешнего ядра равен 3450—3500 км (соответственно глубина 2870—2920 км).**

Плотность вещества во внешнем ядре с глубиной возрастает с 9,5 до 12,3 г/см<sup>3</sup>. В центральной части внутреннего ядра плотность вещества достигает почти 14 г/см<sup>3</sup>.

**Масса ядра составляет до 32 % всей массы Земли – это примерно 16 % объема Земли.** По геофизическим данным ядро почти на 90 % состоит из железа с примесью кислорода, серы, углерода и водорода. Внутреннее ядро имеет железо-никелевый состав, отвечающий составу метеоритов.

В строении Земли выделяют также внешние оболочки – атмосферу (газовая оболочка), гидросферу (водная оболочка), биосферу (область живого вещества).

**Атмосфера** по распределенной в ней температуре  
снизу

вверх подразделяется на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу.

**Тропосфера** составляет около 80% всей массы  
атмосферы.

Достигает высоты 16-18 км в экваториальной части и 8-10  
км

в полярной области. **Стратосфера** простирается до  
высоты

55 км. У верхней границы имеется азоновый слой, который предохраняет поверхность Земли от жесткого УФ излучения. **Мезосфера** доходит до высоты 80 км.

**Термосфера** достигает 800 – 1000 км. **Экзосфера** (сфера рассеивания) располагается выше. Составляет



## • СОСТАВ АТМОСФЕРЫ

- 
- 
- Азот - 78,1 %,
- кислород - 21,3 %),
- аргон 1,28 %,
- углекислота 0,04 % и другие газы
- Содержание озона ( $O_3$ ) равно  $3,1 \cdot 10^{15}$  г
- кислорода ( $O_2$ ) -  $1,192 \cdot 10^{21}$  г.
- 
- С удалением от поверхности Земли температура атмосферы резко понижается и на высоте 10—12 км она уже составляет около - 50 °С.
- У поверхности Земли наиболее высокая температура отмечена в Ливии (+58 °С в тени), на территории бывшего СССР в районе г. Термез (+50 °С в тени).
- Самая низкая температура (-89,2 °С) зафиксирована в Антарктиде на станции «Восток» 21 июля 1987 г.
- на территории России — в Якутии -67,8 °С ( г. Верхоянск, 1885 г.), -67,7 °С (Оймякон, 1933 г.).
- Средняя температура на поверхности Земли +15 °С.
- Среднее давление воздуха на уровне моря равно 760 мм рт. ст.,
- плотность  $1,3 \cdot 10^3$  г/см..
- В атмосфере и ее облачном покрове поглощается 18 % излучения Солнца.
- Колебания температуры в разных климатических зонах могут достигать 150 °С.

# ГИДРОСФЕРА

- **Гидросфера** — водная оболочка. В ее состав входят все воды Земли. Гидросфера не образует сплошного слоя и покрывает земную поверхность на 70,8 %. Средняя мощность около 3,8 км, наибольшая 11 022 м.

- По В. И. Вернадскому, общий объем воды в земной коре до глубины 20–25 км равен приблизительно 1,3 млрд км<sup>3</sup>, что примерно соответствует объему воды в океане. Большая часть воды сосредоточено на поверхности. В мантии, по данным А. П. Виноградова, находится не менее 13–15 млрд км<sup>3</sup> химически связанной воды, *т. е. примерно в 13–15 раз больше, чем в Мировом океане и на суше*. По отношению к объему земного шара общий объем гидросферы не превышает 0,13 %. Основную часть гидросферы составляет **Мировой океан (94 %)**. **Площадь мирового океана составляет 361059 км<sup>2</sup>, а общий объем—1370 млн км<sup>3</sup>. Общий объем воды гидросферы составляет 1, 458 млрд. км<sup>3</sup>**

- Самая высокая температура воды в верхнем слое отмечена в Персидском заливе (+35,6 °С).

- Наиболее низкая — в Северном Ледовитом океане (-2,8 °С).

- Химический состав гидросферы весьма разнообразен: от весьма пресных до очень соленых вод, типа рассолов.

- **Более 98 % всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей и некоторых озер, а также минерализованные подземные воды.**

- Общий объем пресной воды на Земле равен 28,25 млн км<sup>3</sup>,

- это составляет всего около 2 % общего объема гидросферы.

- **Состав воды мирового океана:**

- $1,4 \cdot 10^{23}$  г - двуокись углерода

- $8 \cdot 10^{18}$  г – кислород

- Йод, фтор, фосфор, хлориды, сульфаты, карбонаты и др,

- $0,48 \cdot 10^{23}$  г - растворимых солей

- **35 г/л – средняя соленость**

- Наибольшая часть пресных вод сосредоточена

- в материковых льдах Антарктиды, Гренландии,

- полярных островов и высокогорных областей.

- Органический мир моря разделяется на бентос,

- планктон, nekton и др.



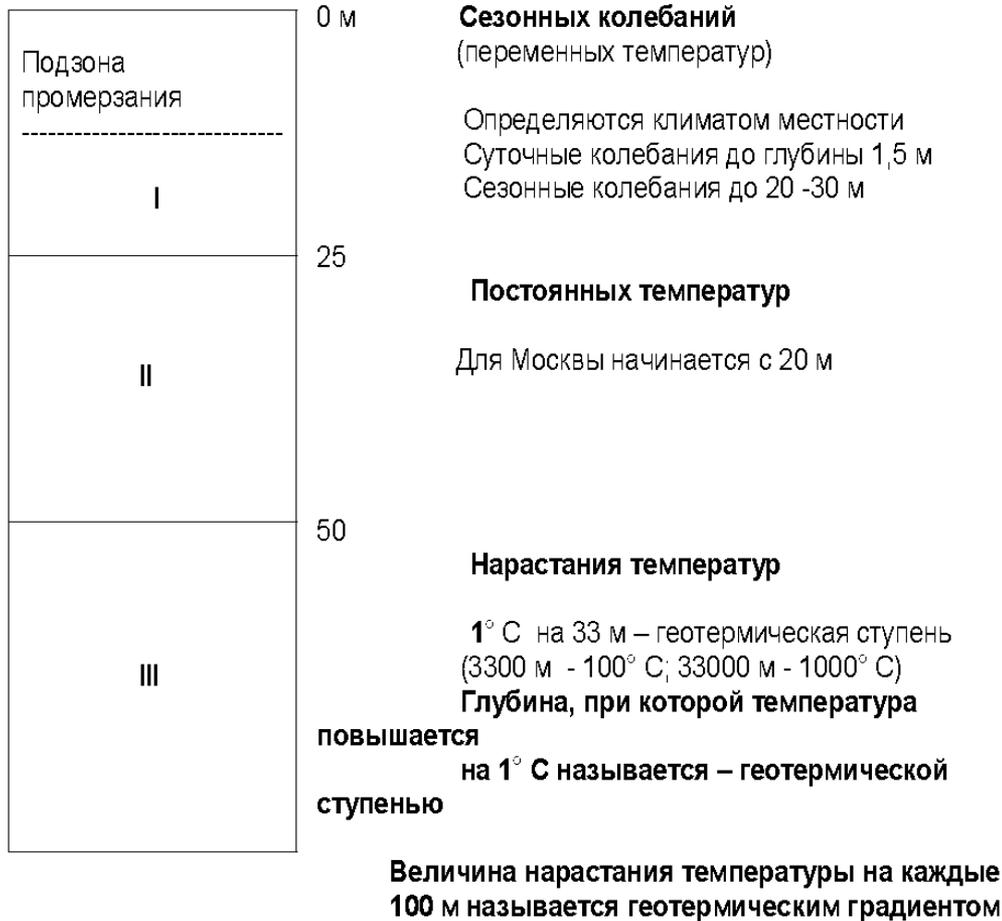
# БИОСФЕРА

- 
- 
- **По В.И. Вернадскому под биосферой понимают область распространения живого вещества (живые организмы известных науке форм).** Большая часть геологической истории Земли связана с деятельностью живых организмов, особенно в поверхностной части земной коры, это осадочные толщи органогенных горных пород — известняков, диатомитов и др. **Область распространения биосферы ограничивается в атмосфере озоновым слоем (примерно 18—50 км над поверхностью планеты),** выше его известные на Земле формы жизни невозможны без специальных средств защиты ( как при космических полетах за пределы атмосферы и на другие планеты).
- **В недра Земли до последнего времени биосфера распространялась до глубины Марианской впадины в 11 022 м. В настоящее время – более 12 км (Кольская сверхглубокая скважина – 12261 м. Самая длинная скважина, пробуренная под острым углом к поверхности земли, - скважина Maersk Oil BD – 04 A (Катар, 2008 г.), 12290 м).**



# 3. Тепловой режим Земли

## ЗОНЫ ТЕМПЕРАТУР В ЗЕМНОЙ КОРЕ



Земная кора имеет два основных источника тепла: от Солнца и от распада радиоактивных веществ. В недрах Земли температура увеличивается от  $1300^{\circ}\text{C}$  – в верхней мантии до  $3700^{\circ}\text{C}$  – в центре ядра. Увеличение температуры зависит от сжатия вещества под давлением при невозможности теплообмена с окружающей средой.

В земной коре различают 3 температурные зоны:

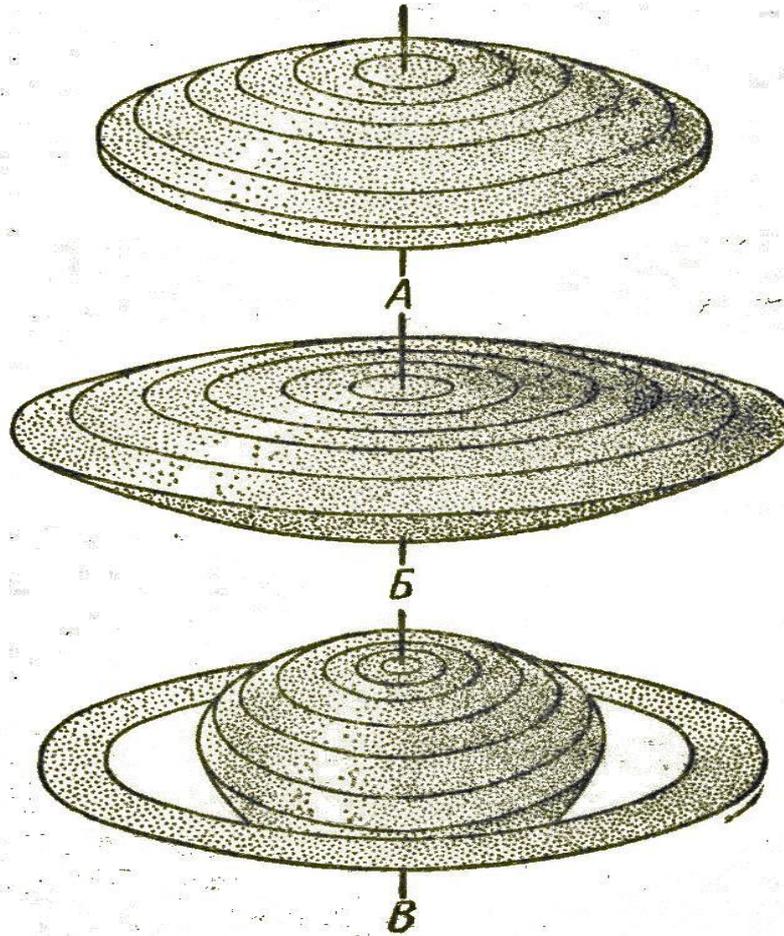
**1. Переменных температур**  
(сезонных колебаний). Доходит до глубины 20-30 м. Для Москвы начинается с 20 м. **Средняя глубина составляет 25 метров.**

В зимний период образуется подзона промерзания, в которой температура опускается ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Мощность зависит от климата и горных пород, обычно от первых сантиметров до 1,5 - 2 и более метров. В Воронеже - до 1 метра.

**2. Постоянных температур**  
Находится на глубине 15-40 м. Соответствует среднегодовой температуре данной местности

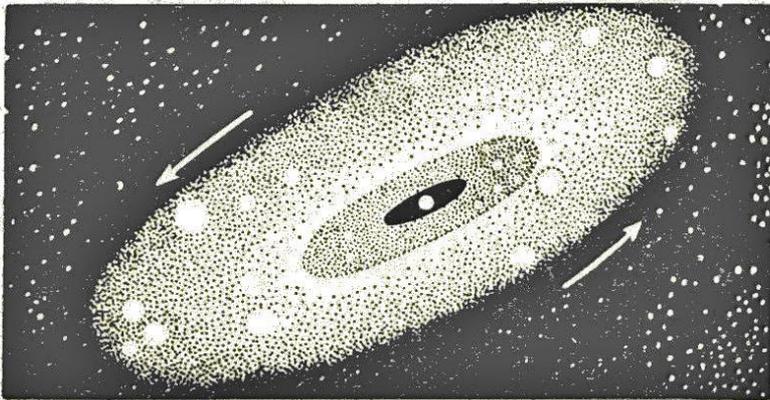
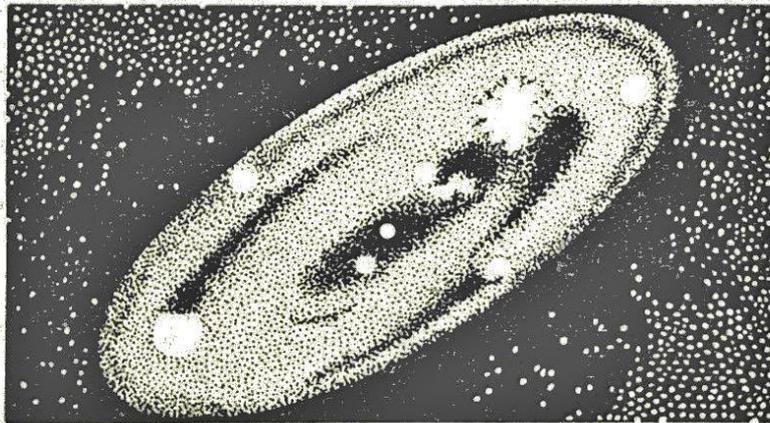
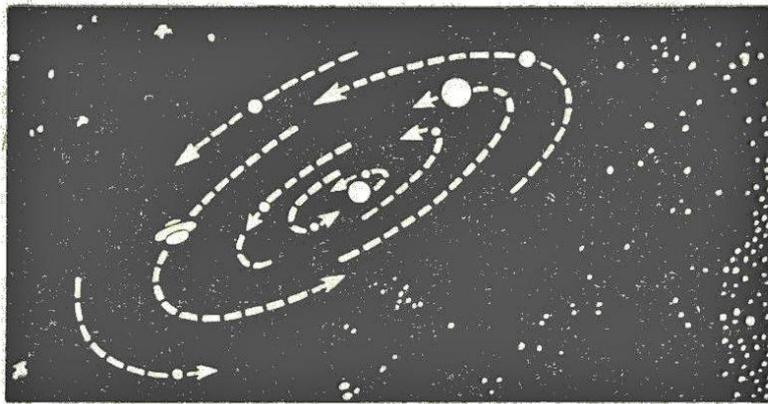
**3. Нарастания температур**  
Геотермический градиент. Геотермическая ступень теоретически равна 33 м, а на самом деле колеблется в широких пределах. Например, в Мончетундре 6,54 м, в Донбассе – 30,68м.

# Происхождение Земли



Образование планетной системы по Лапласу: А — вращение газовой туманности, Б — сплющивание туманности вследствие увеличения скорости вращения и образование чечевицеобразной формы, В — обрыв газообразного кольца

**Гипотеза Канта-Лапласа**



Происхождение планет по гипотезе  
О. Ю. Шмидта

**Гипотеза О.Ю.  
Шмидта**

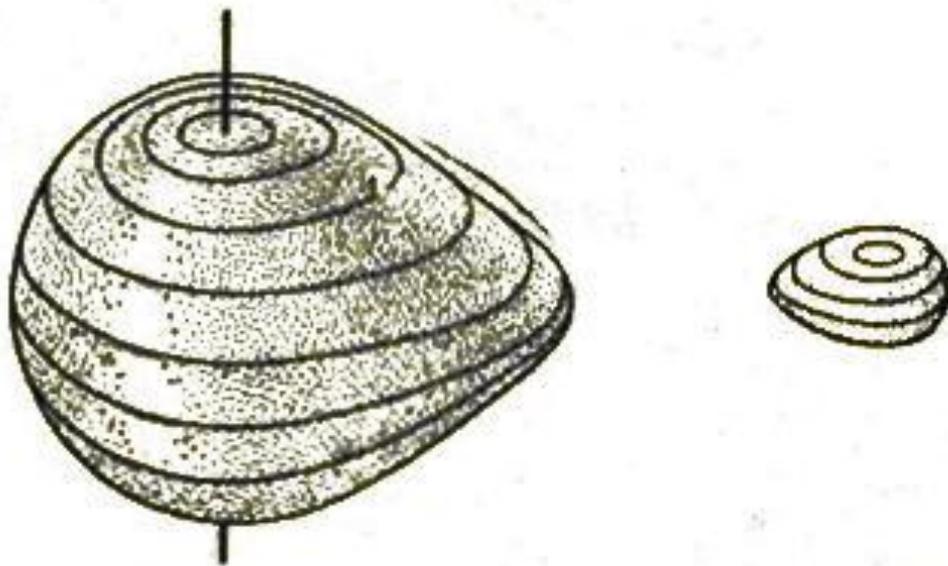
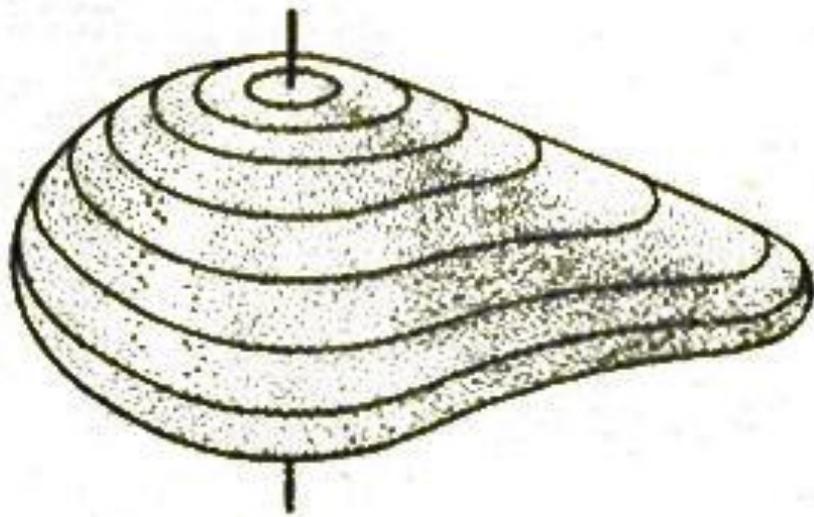


Схема образования Земли по гипотезе акад. В. Г. Фесенкова

**Гипотеза В.Г. Фесенкова**

# 4. ГЕОХРОНОЛОГИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Вся геологическая документация основана на применении возраста пород. Это геологические карты, разрезы, описания и др., поэтому необходимо знать возраст пород. Существует абсолютная и относительная шкала возраста горных пород.

## Абсолютный возраст

**Абсолютный возраст** — это продолжительность существования («жизни») породы, выраженная в годах. То есть, точный возраст. Для определения применяют радиологические методы, которые заключаются в количественном определении в минералах радиоактивных элементов и продуктов их распада.

В настоящее время применяют **свинцовый, рубидиево-стронциевый, аргоновый, углеродный методы, реже - гелиевый.**

**Для магматических пород** применяют свинцовый метод (U-Pb, Th-Pb) с изотопом урана с атомным весом 238 и 235 ( $U^{238}$  и  $U^{235}$ ), рубидиево-стронциевый (Rb-Sr) с изотопом Rb с атомным весом 87. При его распаде получается Sr с тем же атомным весом. Период полураспада  $U^{238}$  в Pb – 4,52 млрд. лет,  $U^{235}$  - 891 млн. лет, Th – 13,9 млрд. лет, Rb – 60 млн.

**Для осадочных пород** применяют K-Ar с изотопом  $K^{40}$  и углеродный и изотопом  $C^{14}$ . Период полураспада  $C^{14}$  - 5568 лет. По углероду  $C^{14}$  можно устанавливать возраст более молодых образований. Метод используется в археологии в основном для определения возраст деревянных предметов.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА.** Зная, какое количество свинца образуется из 1 г урана в год, определяют их совместное содержание в данном минерале и рассчитывают абсолютный возраст минерала и той горной породы, в которой он находится. Это позволяет определять возраст в миллионах лет.

## Относительный возраст

**Относительный возраст** позволяет определять возраст пород относительно друг друга, т. е. устанавливать, какие породы древнее, какие моложе. Для установления относительного возраста используют два метода: стратиграфический и палеонтологический.

## Стратиграфический метод

В XIX веке сформировалась наука стратиграфия, изучающая последовательность залегания земных пластов и их взаимоотношения друг с другом. В этот период разработана стратиграфическая шкала, с помощью которой история Земли была разделена на отдельные временные этапы.

**Стратиграфический метод применяют для толщ с ненарушенным горизонтальным залеганием слоев.** При этом считают, что нижележащие слои (породы) являются более древними, чем вышележащие.

## Палеонтологический метод

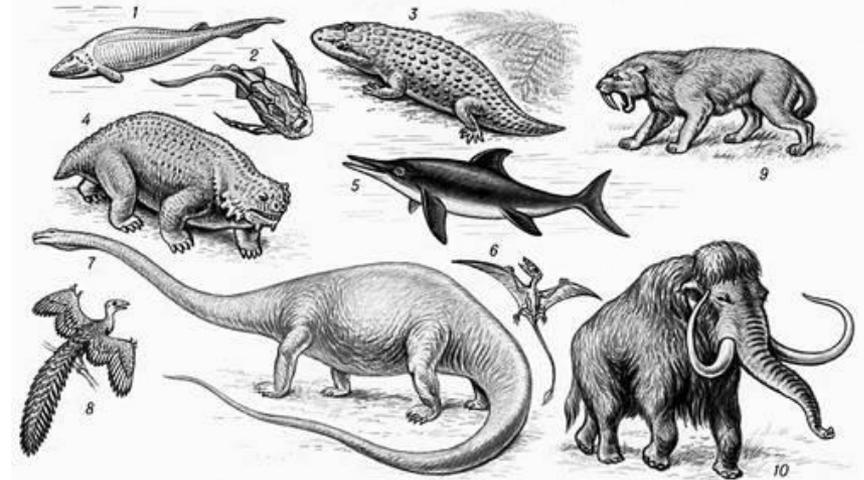
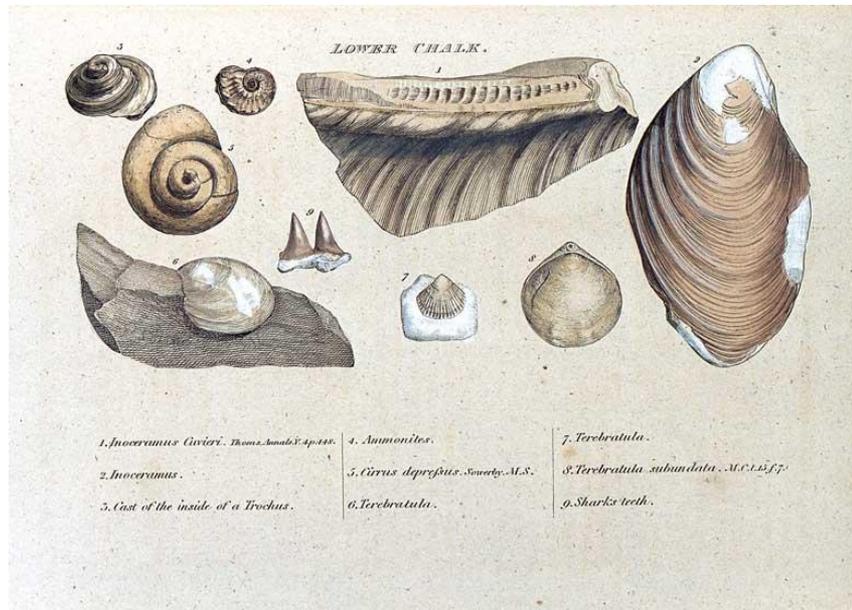
**Палеонтологический метод позволяет определять возраст осадочных пород по отношению друг к другу независимо от характера залегания слоев и сопоставлять возраст пород, залегающих на различных участках.**

**В основу метода положена история развития органической жизни на Земле. Животные и растительные организмы развивались постепенно, последовательно. Остатки вымерших организмов захоронялись в тех осадках, которые накапливались в тот отрезок времени, когда они жили.**

Зная последовательность и период жизни вымерших организмов, по их останкам можно определить относительный возраст слоев осадочных пород.

Например, мы нашли двустворчатые моллюски в толще осадочных пород, установили промежуток их жизни и на основании этого определили возраст этих осадочных отложений. Аналогичные моллюски были найдены в породах Америки и Африки. Значит, возраст американских и африканских осадочных пород соответствует нашим.

# Ископаемая палеонтологическая фауна



# Геохронологическая шкала жизни

Эры, млн. лет	Архейская 1000	Археозойская 1000	Протерозойская 500	Палеозойская, или древняя (палеозой) 330					Мезозойская, или средняя (мезозой) 173			Кайнозойская, или новая (кайнозой) 67				
				Кембрийский 65	Ордовикский 60	Силурийский 30	Девонский 55	Каменноугольный 75	Пермский 45	Триасовый 45	Юрский 58	Меловой 70	Третичный		Антропоген (четвертичный) 2	
Периоды, млн. лет												Палеоген	Неоген			
ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР	ФЛОРА			Время псилофитовых			Время плауновых папоротников голосеменных		Время хвощовых первичных древних и др.		Время голосеменных			Время покрытосеменных		
	Время бактерий и водорослей															
суша																
море																
ФАУНА	Время беспозвоночных			Время рыб			Время земноводных		Время архаических групп пресмыкающихся		Время новых групп — пресмыкающихся			Время млекопитающих и птиц		

# Сопоставление разрезов пород по возрасту ископаемой фауны

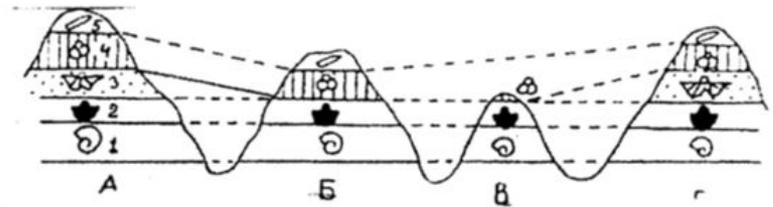
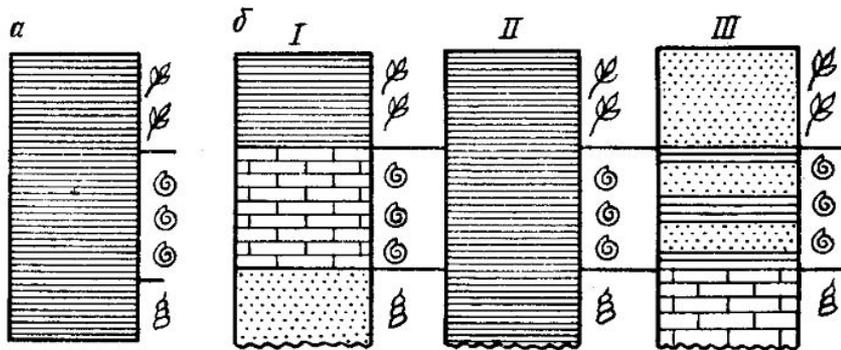


Рис. 4. Сопоставление разрезов палеонтологическим методом.

## Шкала хронологии истории Земли

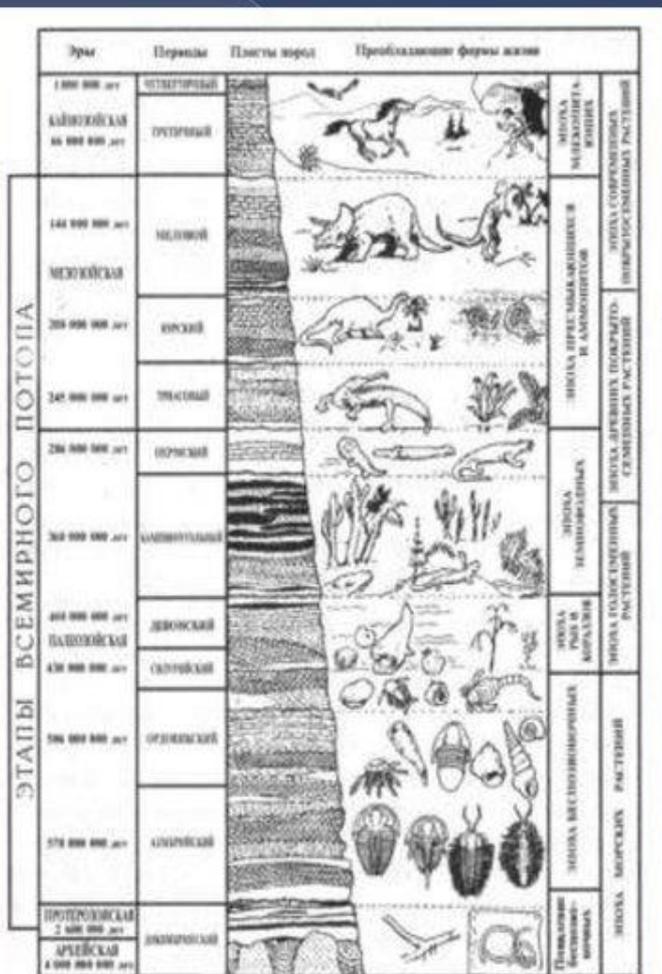
Современная хронология истории Земли имеет две шкалы:

1. стратиграфическая - подразделение геологических отложений.
2. геохронологическая – время формирования отложений.

Геохронологические (геологическое время) и стратиграфические подразделения (толщи пород, образованные за это время) соответствуют друг другу:

Геохронологические подразделения (геологическое время)	Стратиграфические подразделения (толща пород, образованные за это время)
Эоны	Эонотемы
Эры	Группы
Периоды	Системы
Эпохи	Отделы
Века	Ярусы

# Геохронологическая шкала



Геохронологическая шкала  
в соотношении с этапами Всемирного Потопа

- Геохронологическая шкала - шкала времени, показывающая **последовательность** основных этапов геологической истории Земли.
- Граница каждой из четырех крупных эр ознаменована резким **изменением характера ископаемых окаменелостей.**

## Геохронологическая шкала (шкала геологического времени Земли)

Эон (энотема)	Эра (эратема)	Период (система)	Индекс периода	Типичные организмы	Абсолютный возраст, млн лет
Неоэон (фанерозой)	Кайнозой- ская KZ	Четвертичный	Q	Человек, млеко- питающие, цвет- ковые растения	90-95
		Неогеновый	N		
		Палеогеновый	P		
	Мезозойская MZ	Меловой	K	Голцовоногие, моллюски, прес- мыкающиеся	550-570
		Юрский	J		
Триасовый		T			
Палеозойская PZ	Пермский	Пермский	P	Амфибии и споровые	600-620
		Каменноугольный	C	Рыбы, плеченогие	400-410
		Девонский	D		
	Силурийский	S	Первые беспоз- воночные	>1500	
	Ордовикский	O			
	Кембрийский	P			
Палеоэон (криптозой)	PR AR	-	-	-	-

Эоны - крупнейшие подразделения геохронологической шкалы:

Архейский - Протерозойский – Фанерозойский.

Фанерозойский эон делится на эры:

Палеозойская, Мезозойская, Кайнозойская.

Каждая эра делится на периоды, эпохи и века. В течение эры формируются отложения горных пород - группы – это подразделения стратиграфической шкалы.

Группы подразделяются на системы, сформировавшиеся в течение одного периода. Системы подразделяются на два или три отдела, которым соответствуют ранняя, средняя, поздняя эпохи.

Отделы разделяются на ярусы, которые характеризуются присутствием определенных родов и видов ископаемой фауны.

Ярус формируется в течение века и т.д.

# ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ (СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ) ШКАЛА (Стратиграфический кодекс России, Издание третье, 2006)

Эон (эпихронотема)	Эра <sup>1</sup> (эратема <sup>2</sup> или группа)	Период <sup>1</sup> (система <sup>2</sup> )	Индекс	Эпоха <sup>1</sup> (отдел <sup>2</sup> )	Индекс
<b>ФАНЕРОЗОИ (535±1)</b>	Кайнозойская <b>KZ</b> (около 65)	Четвертичный (квартер) — 1.8 —	<b>Q</b>	Голоцен Плейстоцен	<b>Q<sub>4</sub></b> <b>Q<sub>1-3</sub></b>
		Неогеновый — 23±1 —	<b>N</b>	Плиоценовая Миоценовая	<b>N<sub>2</sub></b> <b>N<sub>1</sub></b>
		Палеогеновый — 65.0 —	<b>P</b>	Олигоценовая Эоценовая Палеоценовая	<b>P<sub>3</sub></b> <b>P<sub>2</sub></b> <b>P<sub>1</sub></b>
	Мезозойская <b>MZ</b> (186)	Меловой — 145±3 —	<b>K</b>	Поздняя Ранняя	<b>K<sub>2</sub></b> <b>K<sub>1</sub></b>
		Юрский — 200±1 —	<b>J</b>	Поздняя Средняя Ранняя	<b>J<sub>3</sub></b> <b>J<sub>2</sub></b> <b>J<sub>1</sub></b>
		Триасовый — 251±3 —	<b>T</b>	Поздняя Средняя Ранняя	<b>T<sub>3</sub></b> <b>T<sub>2</sub></b> <b>T<sub>1</sub></b>
	Палеозойская <b>PZ</b> (284)	Пермский — 295±5 —	<b>P</b>	Поздняя Средняя Ранняя	<b>P<sub>3</sub></b> <b>P<sub>2</sub></b> <b>P<sub>1</sub></b>
		Каменноугольный — 360.0 —	<b>C</b>	Поздняя Средняя Ранняя	<b>C<sub>3</sub></b> <b>C<sub>2</sub></b> <b>C<sub>1</sub></b>
		Девонский — 418±2 —	<b>D</b>	Поздняя Средняя Ранняя	<b>D<sub>3</sub></b> <b>D<sub>2</sub></b> <b>D<sub>1</sub></b>
		Силурийский — 443±2 —	<b>S</b>	Поздняя Ранняя	<b>S<sub>2</sub></b> <b>S<sub>1</sub></b>
		Ордовикский — 490±2 —	<b>O</b>	Поздняя Средняя Ранняя	<b>O<sub>3</sub></b> <b>O<sub>2</sub></b> <b>O<sub>1</sub></b>
		Кембрийский — 535±1 —	<b>Є</b>	Поздняя Средняя Ранняя	<b>Є<sub>3</sub></b> <b>Є<sub>2</sub></b> <b>Є<sub>1</sub></b>
		Протерозой — <b>PR</b> — 2500 — Архей — <b>AR</b> (более 1500)	Расчленение на системы имеет только местное значение		

<sup>1</sup> — время; <sup>2</sup> — слои. Цифры в скобках указывают длительность эр и периодов в миллионах лет

ПАЛЕОЗОЙСКИЙ		Ранняя	405	35
	Селурийский	Поздняя	435	30
		Ранняя		
	Ордовикский	Поздняя	480	45
		Средняя		
		Ранняя		
	Кембрийский	Поздняя	570	90
		Средняя		
		Ранняя		
		Вендский		680
РИФЕЙ - R			1650	970
			2600	950
			более 3500	Более 900

Р и с . 3 В . Геохронологическая шкала

Общая (планетарная) стратиграфическая шкала

Группа	Система	Отдел	Ярусы и другие подразделения (принятые в СССР)	
Кайнозойская	Четвертичная*		Современные отложения Верхнечетвертичные отложения Среднечетвертичные отложения Нижнечетвертичные отложения	
		Неогеновая	Верхний (плиоцен)	Апшеронский Акчагылский Куяльницкий Киммерийский (балаханский) Понтический
			Нижний (миоцен)	Мэотический Сарматский Торгонский Гельветский Бурдигальский Аквитанский
	Палеогеновая	Верхний (олигоцен)	Хаттский Рюпельский	
		Средний (эоцен)	Альминский (бартоновский) Бодракский (ледский) Симферопольский (лютетский) Бахчисарайский (ипрский)	
		Нижний (палеоцен)	Качинский (танетский) Инкерманский (монтский)	
Мезозойская	Меловая	Верхний	Датский Маастрихтский Кампанский Сантонский Коньякский	Сенон
			Туронский Сеноманский	
	Нижний	Альбский Аптский	Барремский Готеривский Валажжисский Берриасский	Неоком
	Юрская	Верхний	Волжский (титонский) Кимериджский Оксфордский Келловейский	
		Средний	Батский Байосский Ааленский	
Нижний		Тоарский Плинбахский Синемюрский Геттангский		
Триасовая	Верхний	Рэтский Норийский Карнийский		
	Средний	Ладинский Анизийский		
	Нижний	Оленекский Индский		

Группа	Система	Отдел	Ярусы и другие подразделения (принятые в СССР)	
Палеозойская	Пермская	Верхний	Татарский Казанский Уфимский	
		Нижний	Кунгурский Артинский Сакмарский Ассельский	
	Каменноугольная	Средний	Московский Башкирский	
		Нижний	Намюрский Визейский Турнейский	
	Девонская	Верхний	Фаменский Франский	
		Средний	Живетский Эйфельский	
		Нижний	«Кобленцкий» «Жединский»	
	Силурийская	Верхний	Даунтонский Лудловский	
		Нижний	Венлокский Лландоверийский	
	Ордовикская	Верхний	Ашгиллский	
			Верхний	Карадок
		Средний	Средний Нижний	
			Нижний	Лландейло Лланвирн
Кембрийская	Верхний	Не выделены		
	Средний	Майский Амгинский		
	Нижний	Ленский Алданский		
Протерозойская				
Архейская				

\* Основные подразделения четвертичной системы в СССР именуются «отложениями»; они не отождествляются ни с отделами, ни с ярусами.

# Геохронологическая шкала четвертичного периода

Хронология четвертичного периода

Русская равнина

Западная Сибирь

Общая стратиграфическая шкала			Хронологическая шкала, тыс. лет (время начала)	Надгоризонт	Горизонт	Индекс	Фаунистический комплекс	Археологические этапы	Горизонт		Индекс	
система	раздел	звено										
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЛЕЙСТОЦЕН	голоцен	10		современный	IV		неолит	современный		QIV	
		верхнее	валдайский	23		верхневалдайский (осгашковский)	QIII os	мамонтовый	мезолит	зырянский надгоризонт	сартанский (верхнезырянский)	QIII s
				50		средневалдайский (монголо-шекснинский)	QIII msh				каргинский (среднезырянский)	QIII kr
				70		нижневалдайский (калининский)	QIII k				ермаковский (нижнезырянский)	QIII er
			110		микулинский	QIII mk	казанцевский		QIII kz			
			среднее	среднерусский	130		московский		QII ms	тазэвский	QII tz	
					180		единцовский		QII od	ширтинский	QII shr	
					240		днепровский		QII dn	самаровский	QII sm	
					380		лихвинский		QII l	тобольский	QII tb	
			нижнее	белорусский	540		окский (березинский)		QI ok	хазарский	шайтанский	QI sht
					590		беловежский (мучкапский)		QI be	тираспольский	талагайкинский	QI tl
		620				донской	QI d	мансийский	QI ms			
		730				колкотовский	QI kl	тиманский				
		800				днестровский	QI p					
						михайловский	QI mh					
						мичуринский	QI mch					
						петропавловский	QI pt					
эоплейстоцен		1670				хапровский						

# Четвертичная система

Современная четвертичная система делится на разделы, звенья (ярусы). Отделы не выделяются.

Четвертичная система имеет следующее деление:

$Q_I$  – нижнечетвертичные отложения (самые древние)

$Q_{II}$  – среднечетвертичные отложения

$Q_{III}$  – верхнечетвертичные отложения

$Q_{IV}$  – современные отложения

Возраст четвертичной системы обозначается буквенным индексом **Q** и цифрами 1,2, 3, 4. По мере увеличения цифр -отложения более молодые

Для обозначения генезиса (происхождения) породы перед буквенным индексом Q ставится прописной индекс a, d, f и т.д. Например,

$aQ_{II}$  – аллювиальные среднечетвертичные отложения

$dQ_{III}$  – делювиальные верхнечетвертичные отложения

# ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры геологические структуры, их движение и развитие во времени и в пространстве изучает геотектоника.

На земной коре выделяют ряд структурных элементов. Наиболее крупными являются платформы и геосинклинали.

**ПЛАТФОРМЫ** – крупные устойчивые глыбы земной коры размером в тысячи квадратных километров, выдержанной мощности. То есть, это жесткие малоподвижные структуры с низкой степенью сейсмичностью, выровненными формами рельефа и отсутствием вулканической деятельности.

Они имеют двухчленное строение или иначе – два структурных этажа: нижний – фундамент и верхний – чехол. Фундамент более древний сложен метаморфизованными породами.

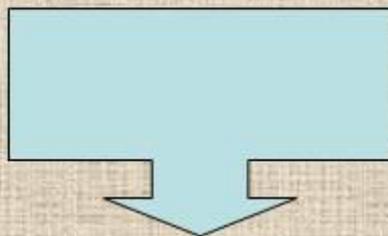
Чехол – верхний структурный этаж сложен более молодой осадочными породами.

По возрасту различают древние и молодые платформы. Древние – Восточно-Европейская (Русская), Сибирская, Северо-Американская, Индостанская, Африканская и др.

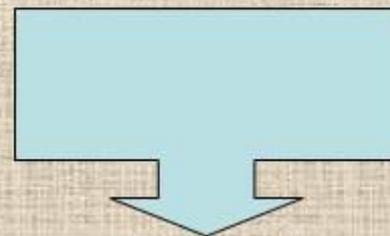
Молодые – равнинные территории Западной Сибири, Предкавказья, Западной Европы и др.

**ГЕОСИНКЛИНАЛИ** – наиболее подвижные участки земной коры. Располагаются между платформами, представляя их сочленения. Для них характерны тектонические движения, вулканизм, сейсмические явления.

# Платформы



Нижняя часть  
ФУНДАМЕНТ



Верхняя часть  
ОСАДОЧНЫЙ ЧЕХОЛ

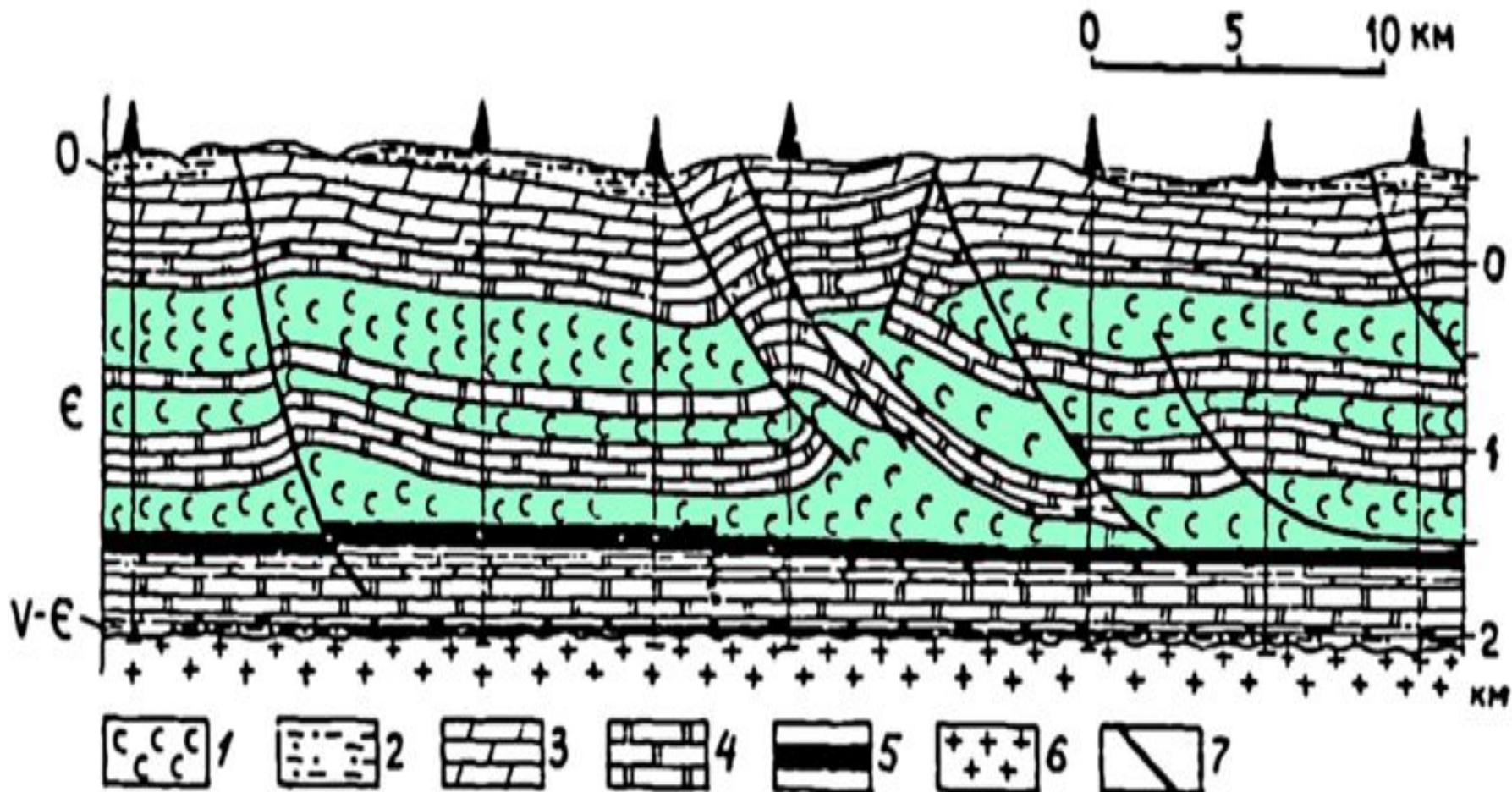
Местами чехол  
отсутствует – **ЩИТЫ** –  
выход кристаллического  
фундамента на  
поверхность.

**Траппы** – выход  
изверженных пород на  
поверхность  
(Среднесибирское  
плато)



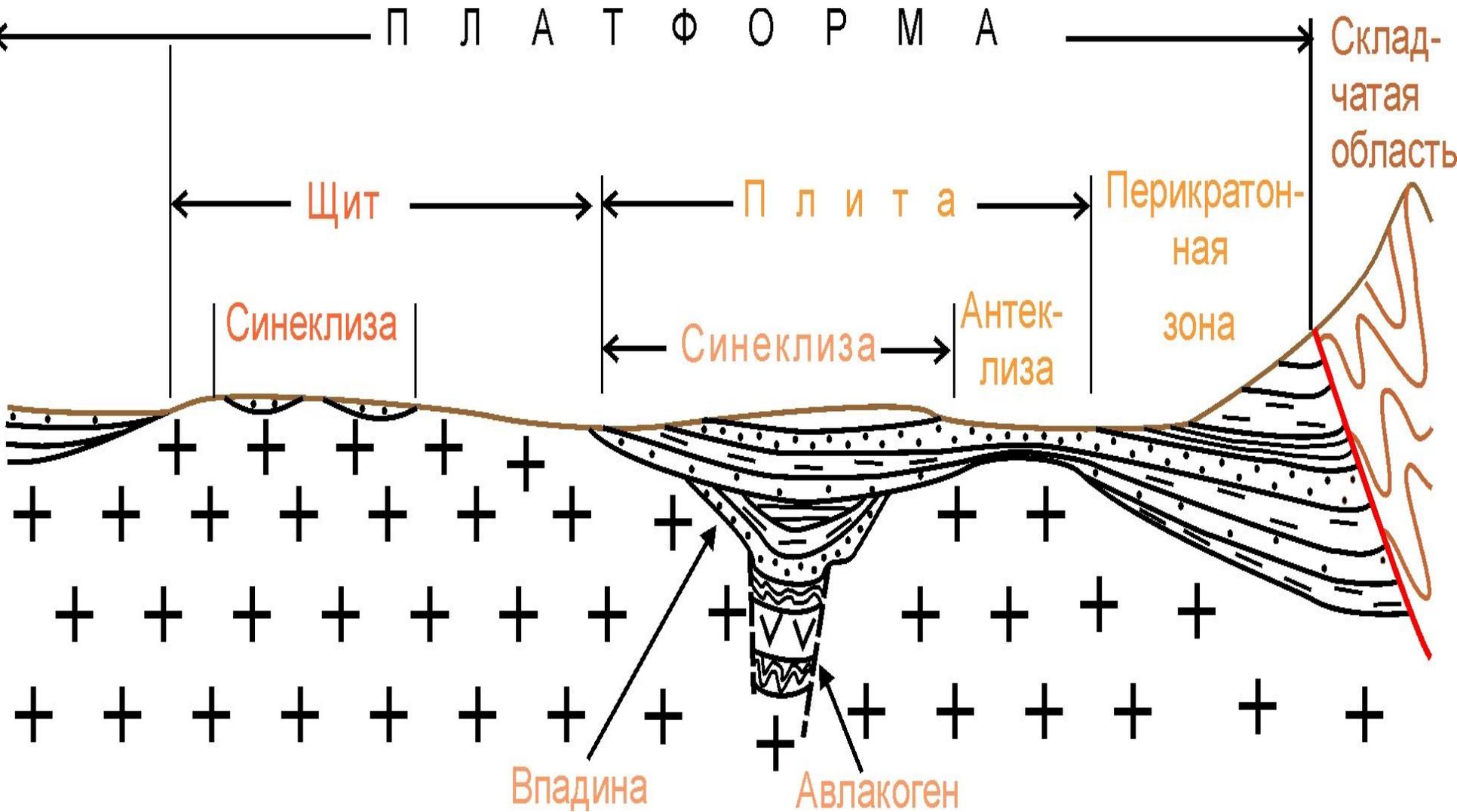
1. Какие щиты расположены в пределах России? Назовите их.
2. Какие географические объекты расположены на них?

# Строение платформы

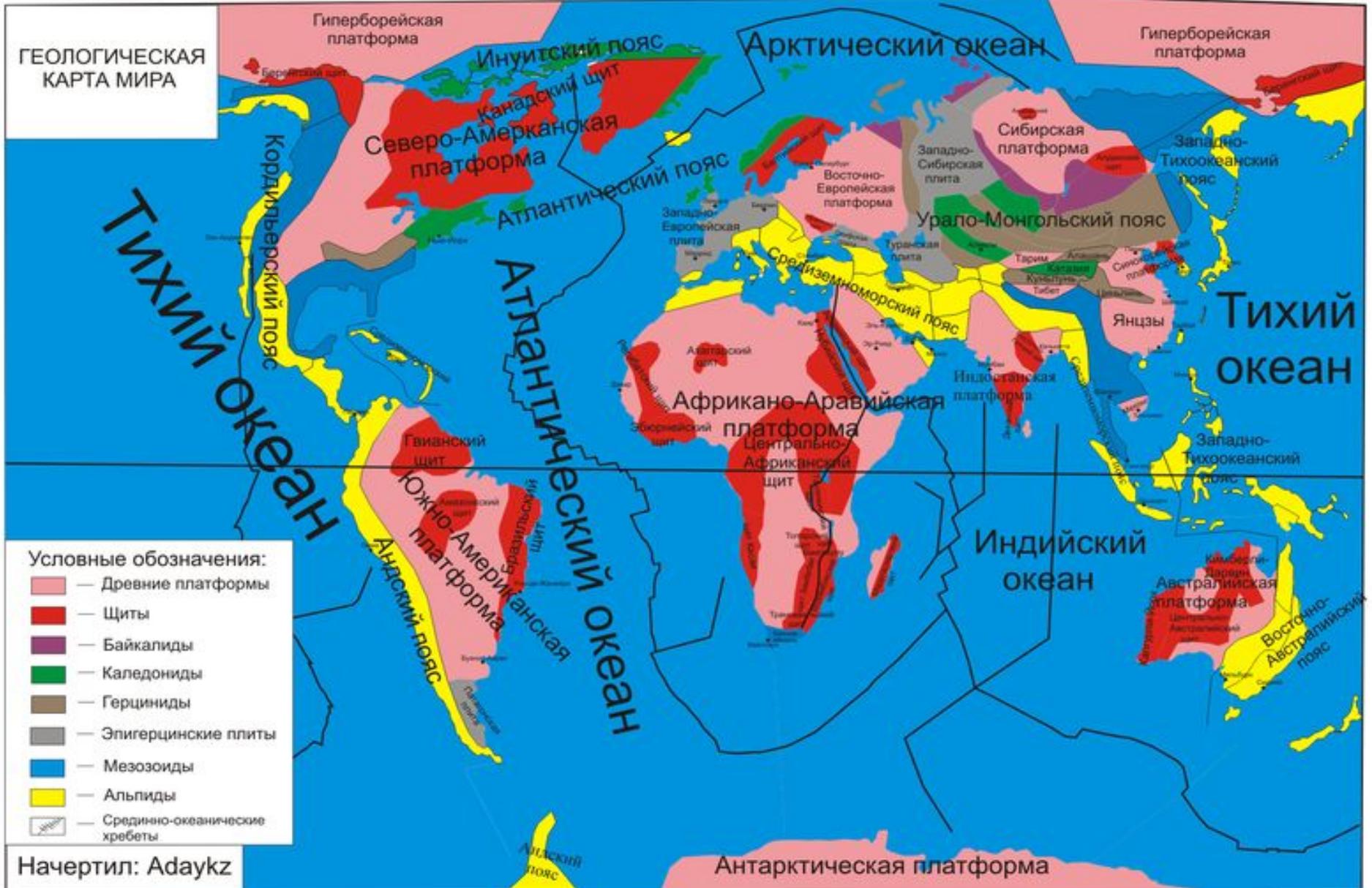


Верхняя часть – осадочный чехол, нижняя часть – фундамент.

# Основные структурные элементы платформы



# Древние платформы мира



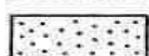
# ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА ТЕКТОНИЧЕСКАЯ СХЕМА



Выступы (выходы) архейского фундамента (> 2500 млн. лет)



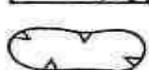
Выступы (выходы) карельского фундамента (> 1600 млн. лет)



Эпикарельский чехол



Складчатое сооружение Донбасса



Синеклизы (BC – Балтийская, MS – Московская, PS – Прикаспийская)



Антеклизы (BA – Белорусская, VA – Воронежская, VUA – Волго-Уральская)



Авлакогены (BK – Верхнекамский, DD – Днепро-Донецкий, KS – Казанско-Сергиевский, M – Московский, Pch – Пачелмский, CP – Среднерусский)



Границы платформы



Области с байкальским складчатым фундаментом



Границы территорий с байкальским складчатым фундаментом

400 0 400 км

# ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Тектонические движения – это движения земной коры, вызывающие изменения залегания геологических тел. Они проявляются постоянно.

Их можно разделить на колебательные, складчатые, разрывные.

## КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Выражаются в медленных поднятиях и опусканиях отдельных участков земной коры.

Различают следующие виды колебательных движений земной коры:

Древние, связанные с прошедшими геологическими периодами

Новейшие, связанные с четвертичным периодом

Современные.

Для инженерной геологии наибольший интерес представляют современные колебательные движения. Годовая скорость обычно равна нескольким миллиметрам в год. 10- 20 мм – высокая скорость.

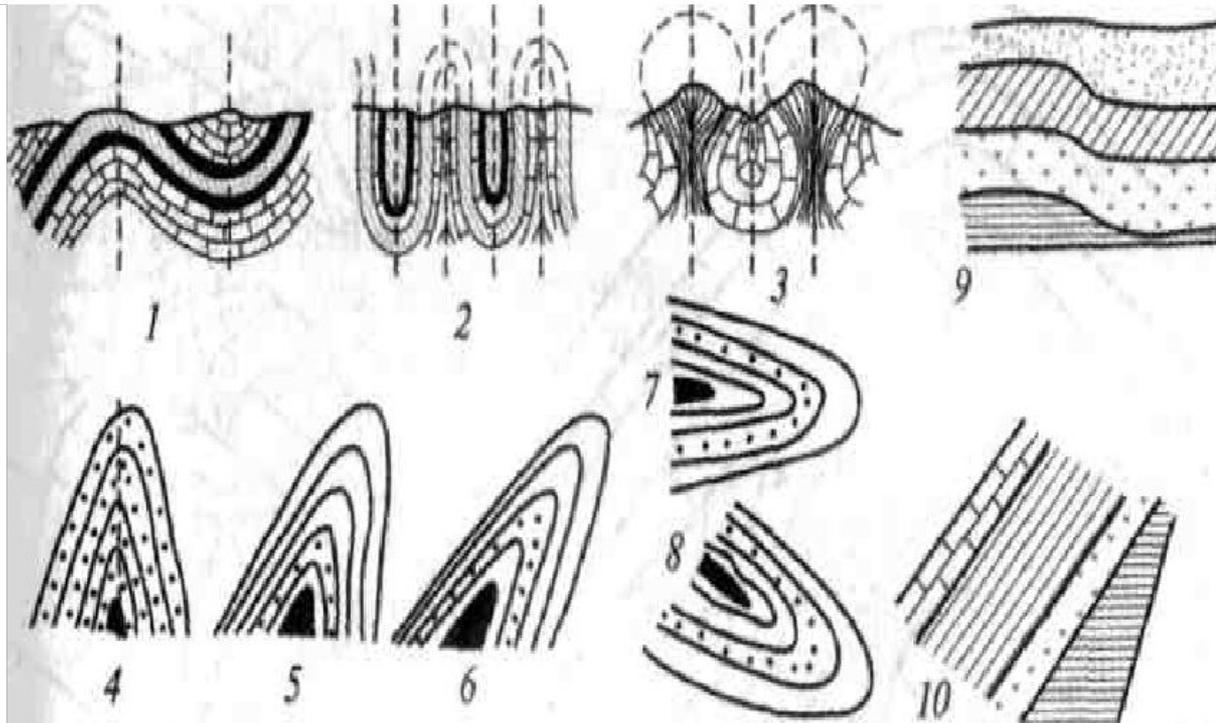
## СКЛАДЧАТЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Складчатые тектонические движения сминают горизонтально залегающие пласты в складки. Характерная особенность - складки образуются без разрыва слоев. Основными среди них являются моноклираль, флексура, антиклиналь и синклиналь.

## РАЗРЫВНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

В результате интенсивных тектонических движений могут происходить разрывы пластов. Они смещаются относительно друг друга как по горизонтали, так и по вертикали. Величина амплитуды смещения может быть от сантиметров до километров.

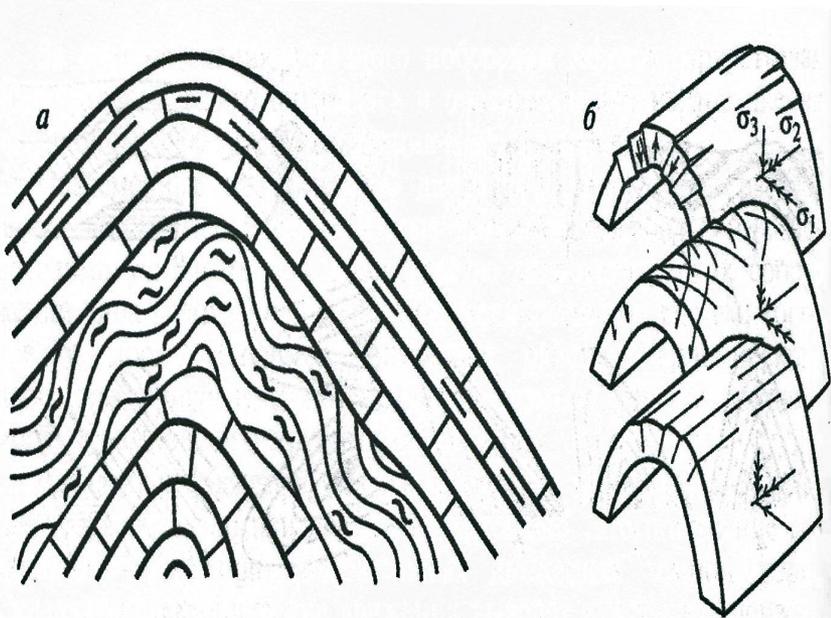
# Складчатые движения. Складки



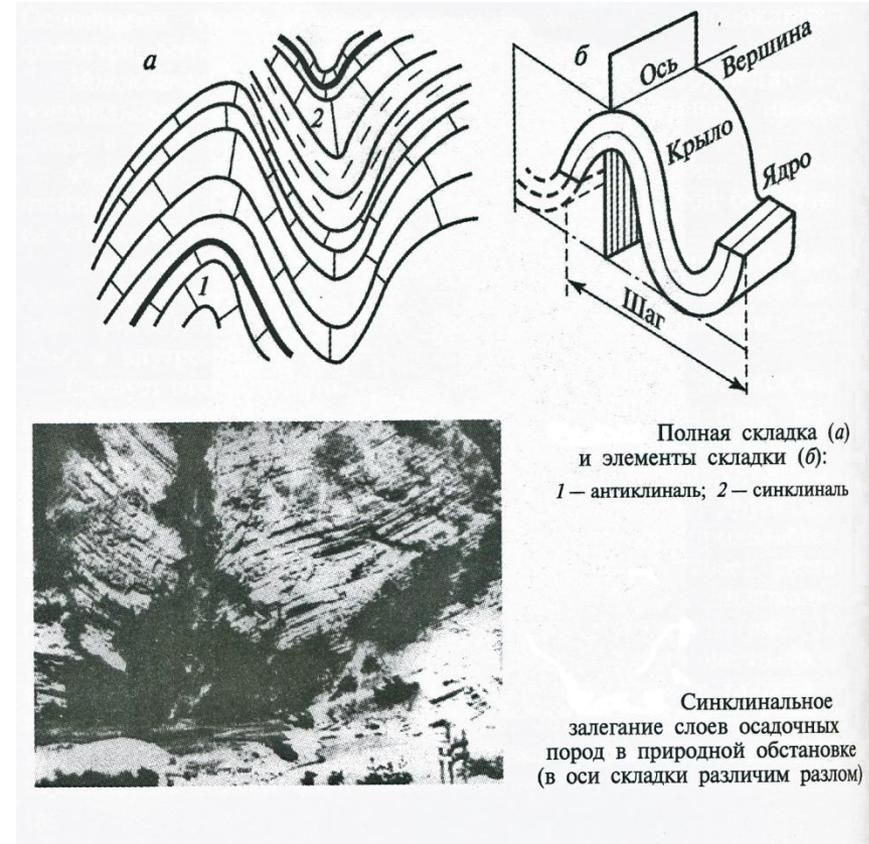
## Виды складок:

1 — полная (нормальная); 2 — изоклинная; 3 — сундучная; 4 — прямая; 5 — косая; 6 — наклонная; 7 — лежачая; 8 — опрокиннутая; 9 — флексура; 10 — моноклинная

# Антиклиналь, синклиналъ. Элементы складок



Антиклинальное залегание горных пород в природной обстановке (а); кинематическая схема формирования трещин в антиклинальной складке (б) (по М. Васичу)



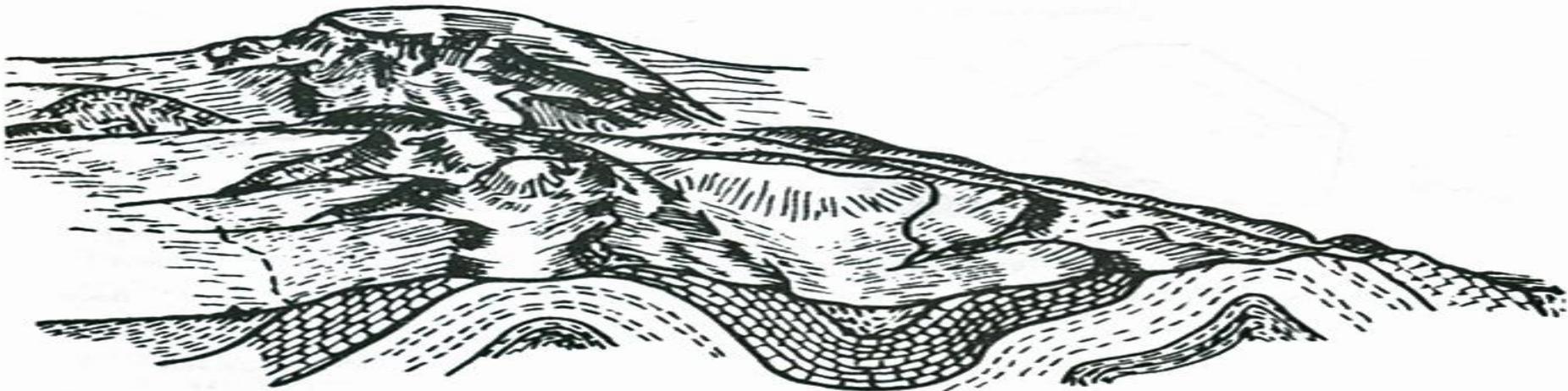
Полная складка (а) и элементы складки (б):  
1 — антиклиналь; 2 — синклиналъ

Синклинальное залегание слоев осадочных пород в природной обстановке (в оси складки различим разлом)

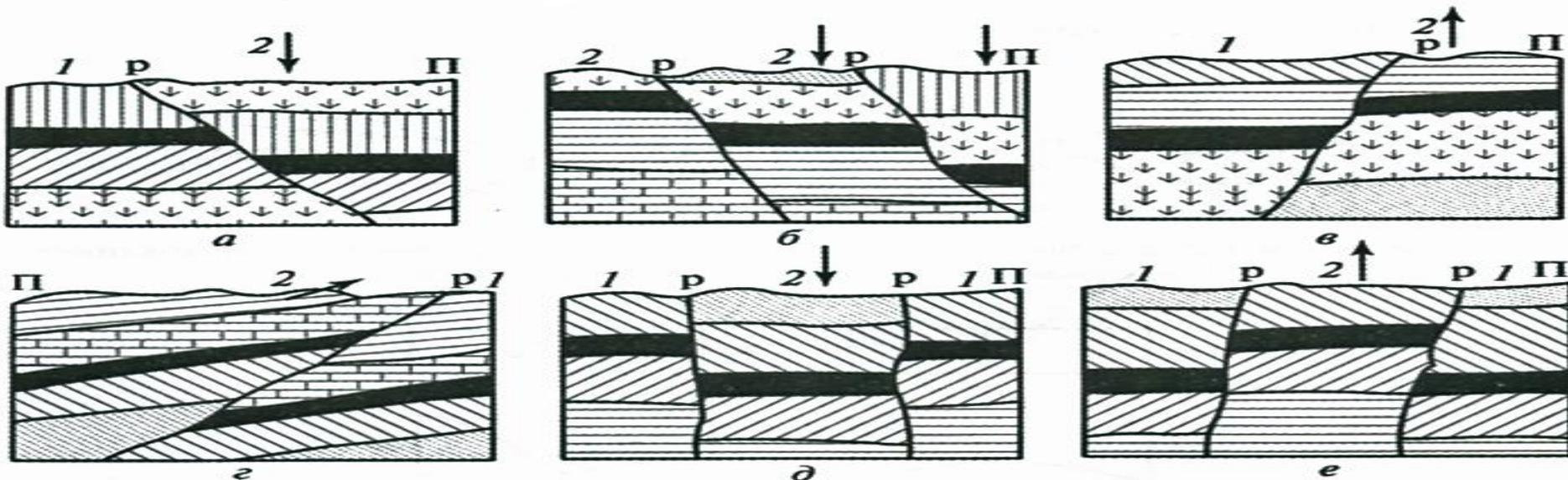
# Разрывные нарушения



# Разрывные движения



Реконструкция рельефа в складчатой области

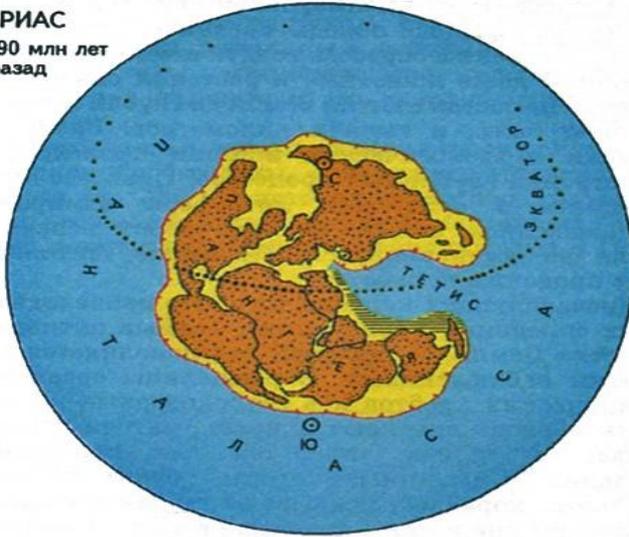


Разрывные дислокации:

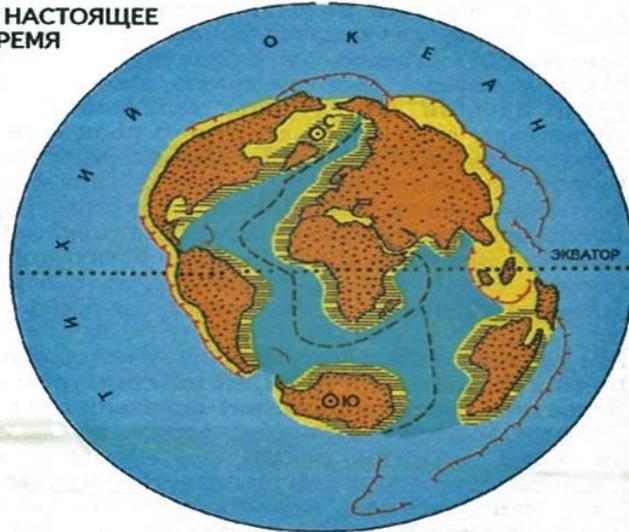
*a* — сброс; *б* — ступенчатый сброс; *в* — взброс; *г* — надвиг; *д* — грабен; *е* — горст; *1* — неподвижная часть толщи; *2* — смещенная часть; П — поверхность Земли; р — плоскость разрыва слоев

# Глобальная тектоника литосферных плит

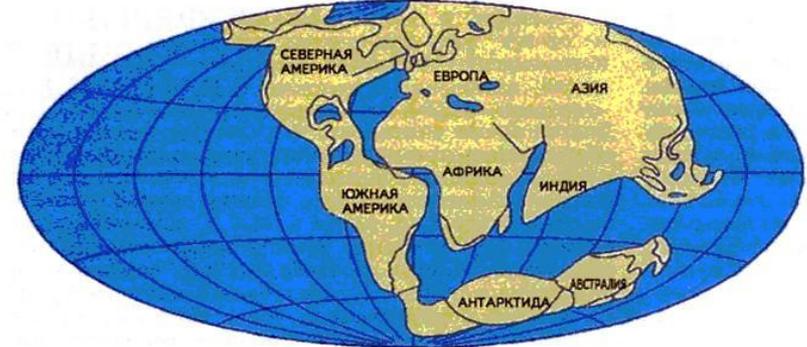
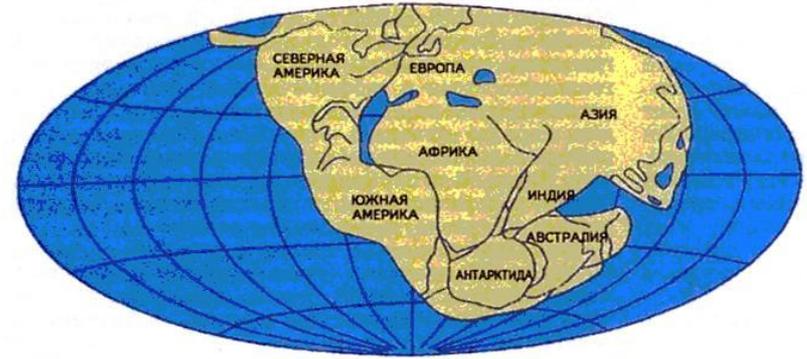
ТРИАС  
190 млн лет  
назад



В НАСТОЯЩЕЕ  
ВРЕМЯ



-  новообразованная океаническая литосфера и оси её разрастания (оси спрединга)
-  зоны пододвигания океанической литосферы (зоны субдукции)
-  спокойные («пассивные») границы континент—океан и затопленные морем участки континентов



Так в начале XX в. Альфред Вегенер представлял себе Пангею («единую землю») и её последующий распад с образованием Атлантического и Индийского океанов.

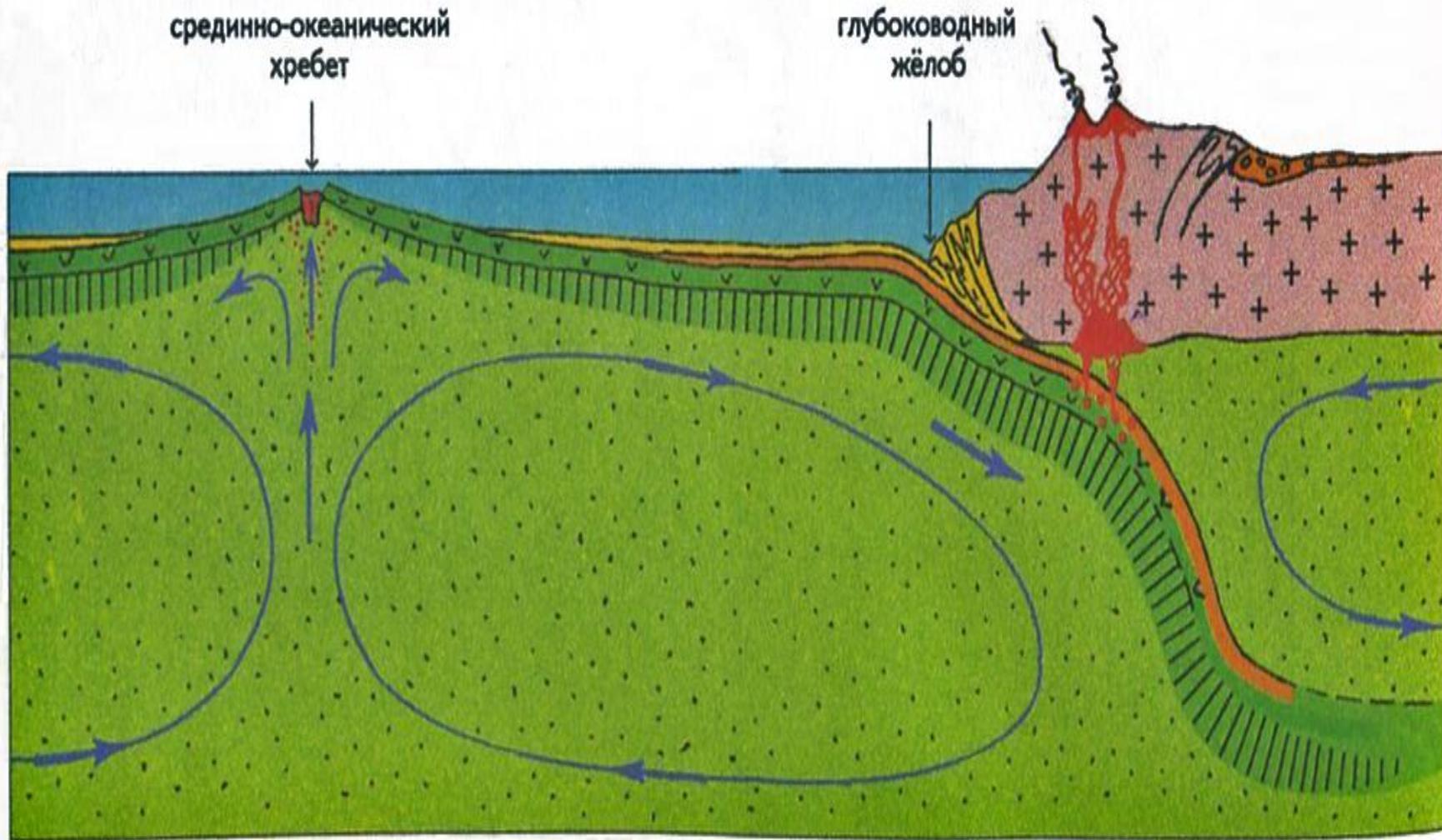
# Литосферные плиты Земли



Названия малых литосферных плит:

Х — Хуан-де-Фука; Ко — Кокос; К — Карибская; А — Аравийская; Кт — Китайская; И — Индокитайская; О — Охотская; Ф — Филиппинская

# Механизм дрейфа континентов



# Дрейф континентов



– Гранитный слой



– Базальтовый слой



– Осадочный слой



– Внедрение магмы



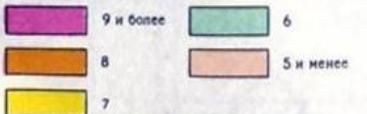
# Регионы сильных землетрясений (границы литосферных плит)



# Сейсмическая карта СССР



ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (в баллах)

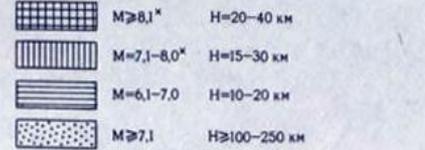


ПОВТОРЯЕМОСТЬ (ВЕРОЯТНОСТЬ) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

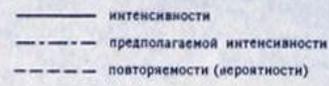
Индексы 1, 2, 3 соответствуют средней повторяемости землетрясений один раз за 100, 1000 и 10 000 лет или вероятности 0,5, 0,05, 0,005 в ближайше 50 лет



Зоны наиболее вероятного возникновения очагов землетрясений  
зоны дифференцированы по вероятным максимальным магнитудам (М) и глубинам очагов (Н)



ГРАНИЦЫ ЗОН ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ



\* Возможны остаточные деформации земной поверхности с различной амплитудой, остаточные эффекты типа обвалов, оползней, селей, на некоторых участках интенсивность землетрясений может быть более 9 баллов