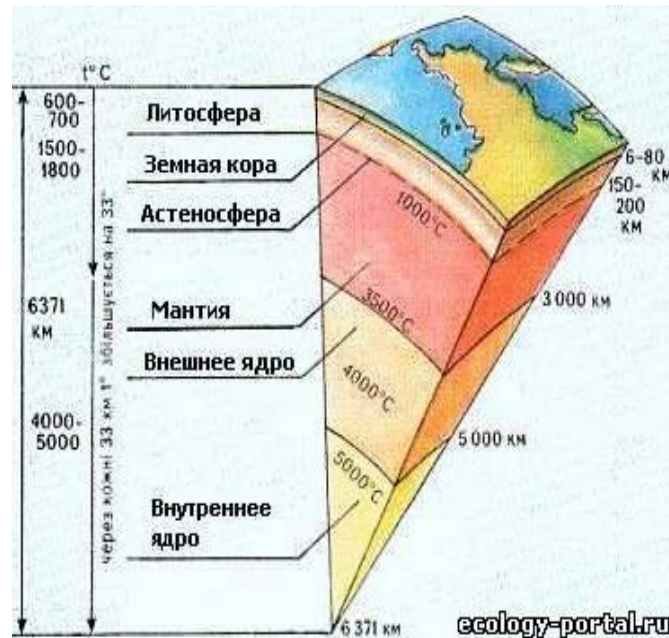


# Литосфера



Тектоническое строение и  
рельеф

# Кольская сверхглубокая скважина

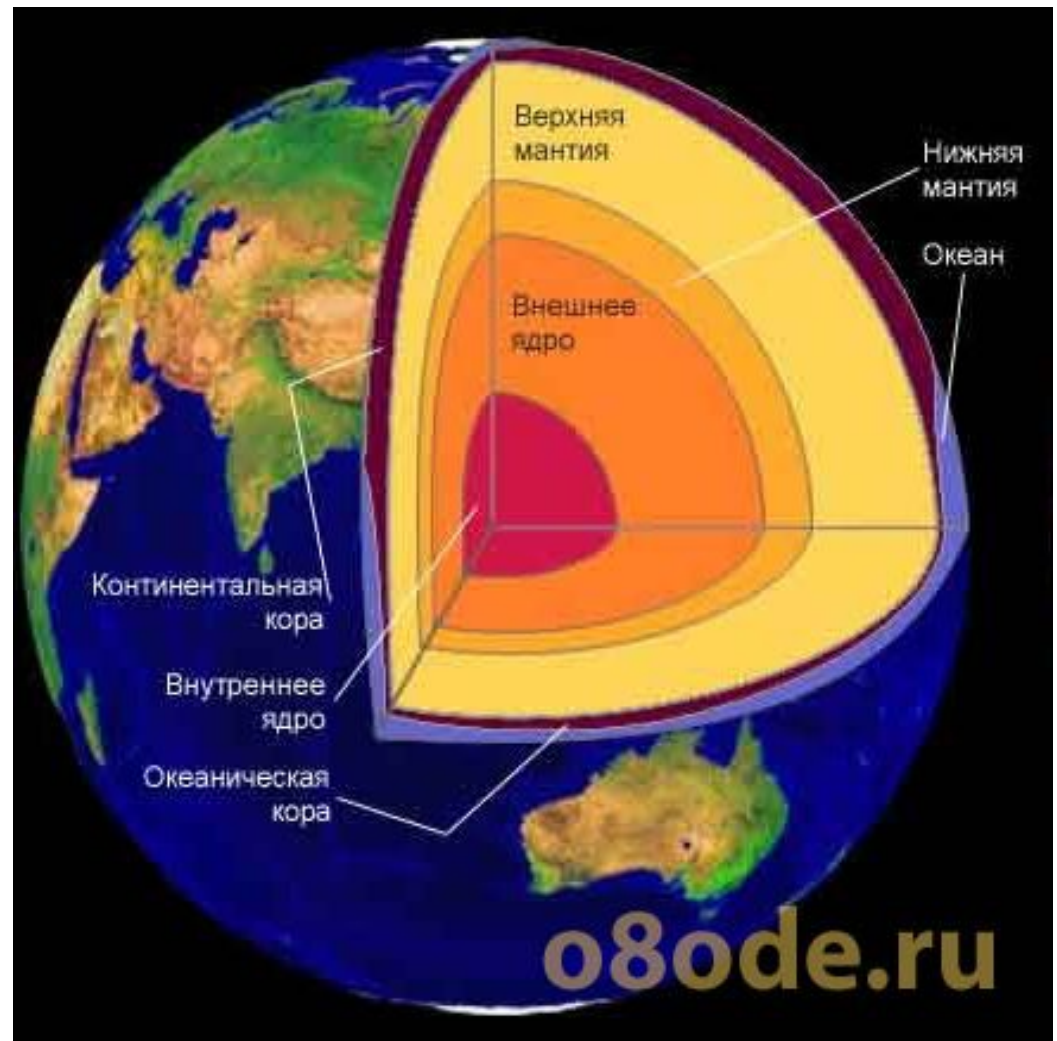
- Кольская сверхглубокая скважина (СГ-3) — самая глубокая буровая скважина в мире. Находится в Мурманской области, на территории Балтийского щита. Её глубина составляет 12 262 метра. В отличие от других сверхглубоких скважин, которые делались для добычи нефти или геологоразведки, СГ-3 была пробурена исключительно для исследования литосферы.
- Была также самой длинной скважиной до 2008 года, когда её обошла пробуренная под острым углом к поверхности земли нефтяная скважина Maersk Oil BD-04A, длина которой 12 290 метров (находится в нефтяном бассейне Аль-Шахин, Катар)[1].
- Кольская сверхглубокая скважина была заложена в 1970 году. В лучшие годы на Кольской сверхглубокой скважине работало 16 исследовательских лабораторий, их курировал лично министр геологии СССР.
- к 1990 году достигла глубины 12 262 метра. Колонна оборвалась, и бурение было завершено.
- В настоящий момент в связи с финансовыми трудностями и отсутствием поддержки государства решается вопрос об окончательном закрытии проекта «Кольская сверхглубокая скважина».[



# Строение Земли

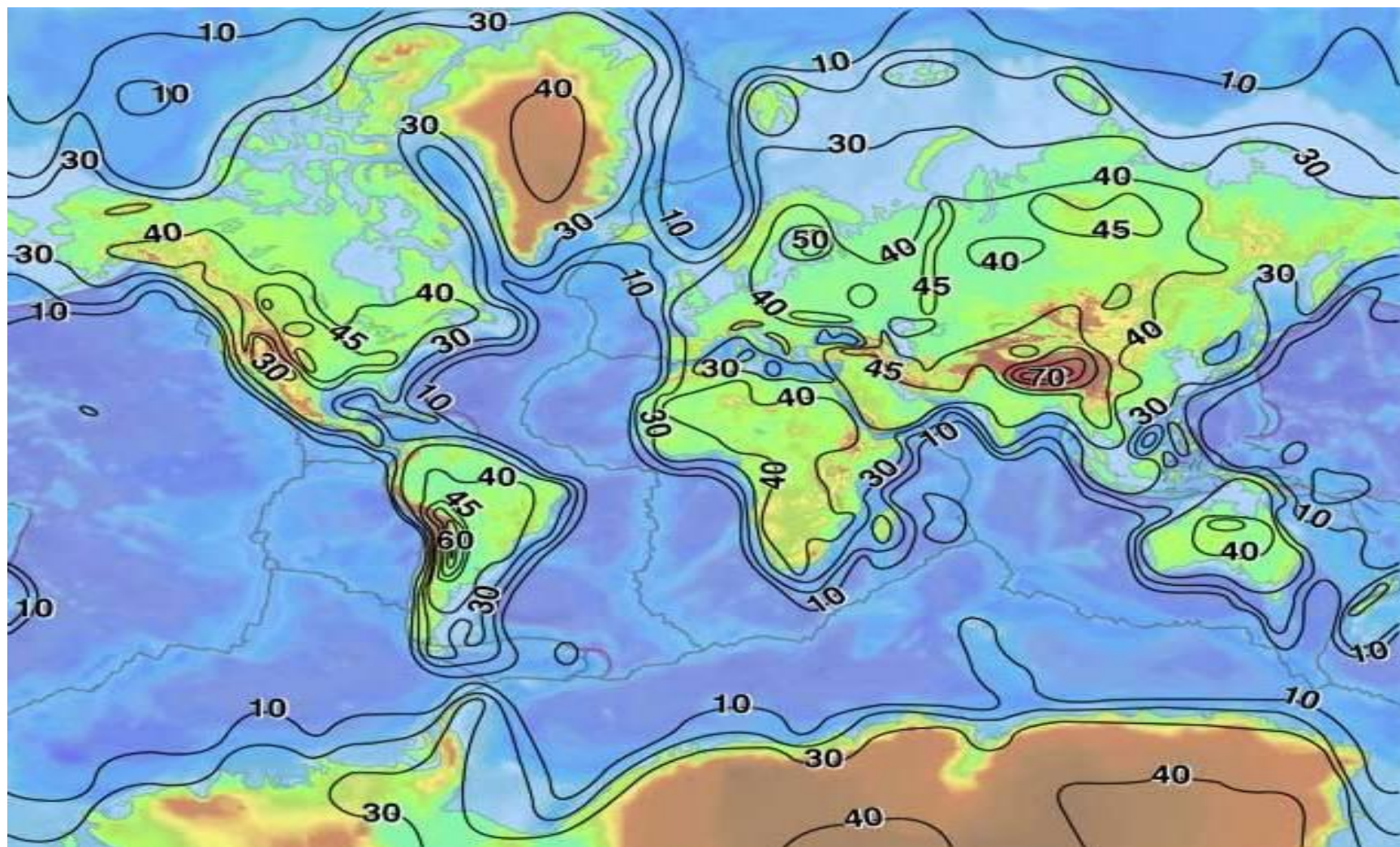
В строении Земли выделяют три основных слоя:

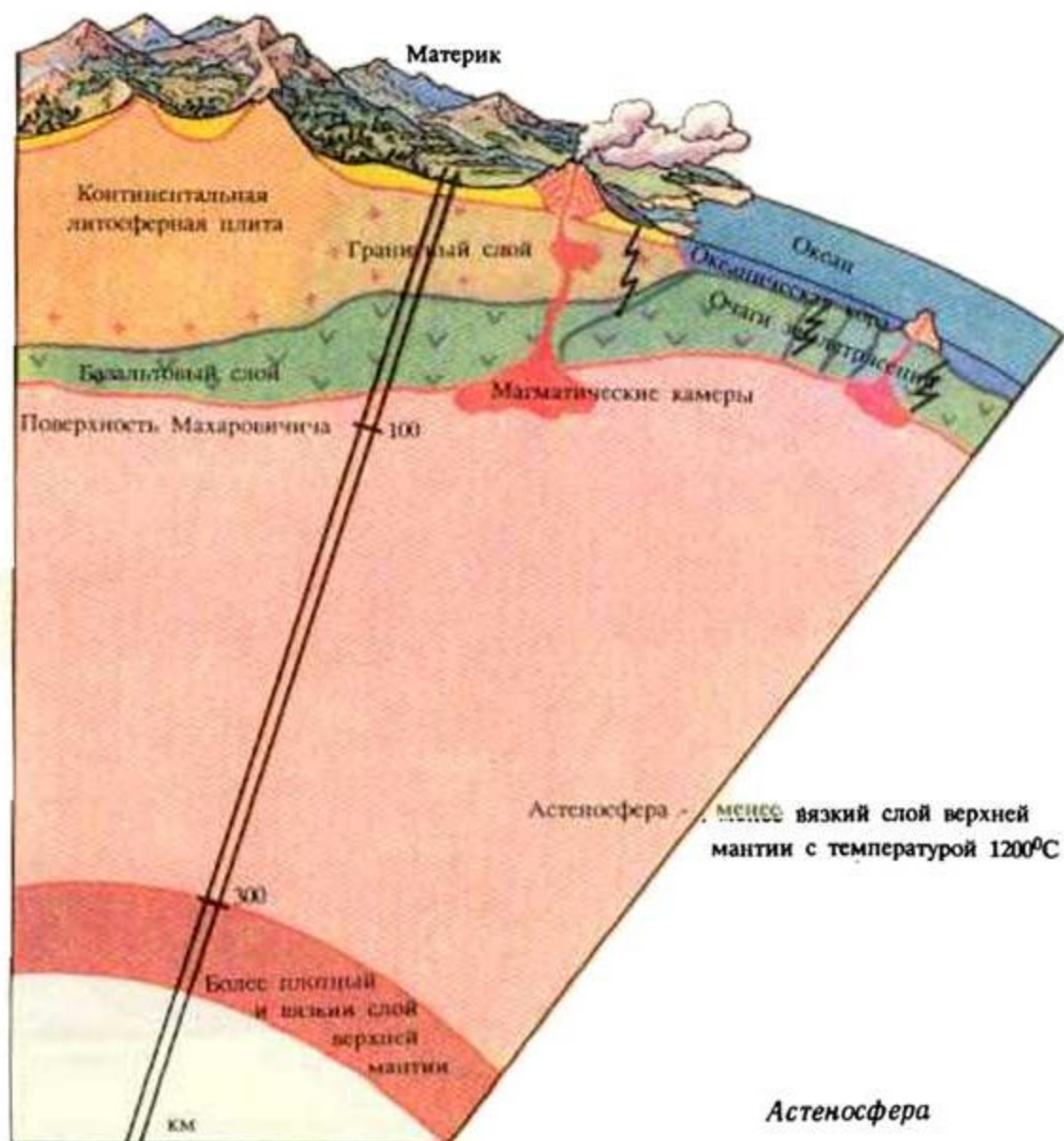
- земная кора
- мантия
- ядро





# Толщина земной коры в километрах





# Континентальная кора

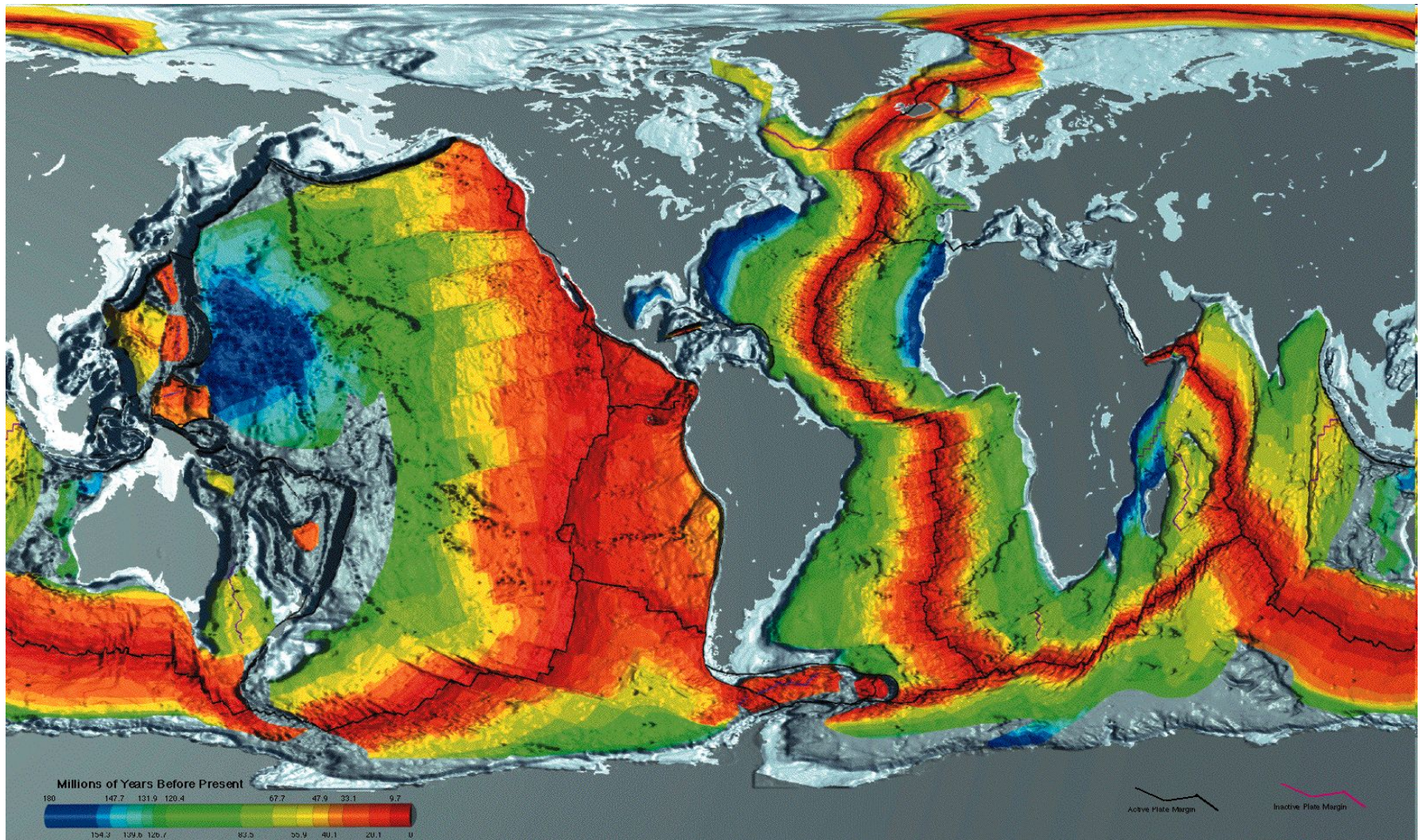
- Континентальная кора имеет трёхслойное строение. Верхний слой представлен прерывистым покровом осадочных пород, который развит широко, но редко имеет большую мощность.
- Большая часть коры сложена верхней корой — слоем, состоящим главным образом из гранитов и гнейсов, обладающим низкой плотностью и древней историей. Исследования показывают, что большая часть этих пород образовались очень давно, около 3 миллиардов лет назад.
- Ниже находится т.н. базальтовый слой.). Поверхность раздела между "гранитным" и "базальтовым" слоями материковой земной коры называется поверхность Конрада (по имени австрийского геофизика В. Конрада, 1876—1962). Скорость продольных сейсмических волн при прохождении через п.К. скачкообразно увеличивается примерно с 6 до 6,5 км/сек. В ряде мест К. п. отсутствует и скорости сейсмических волн возрастают с глубиной постепенно.

# Океаническая кора

- Океаническая кора состоит главным образом из базальтов. Согласно теории тектоники плит, она непрерывно образуется в срединно-океанических хребтах, расходится от них и поглощается в мантию в зонах субдукции. Поэтому океаническая кора относительно молодая, и самые древние её участки датируются поздней юрой.
- Толщина океанической коры практически не меняется со временем, поскольку в основном она определяется количеством расплава, выделившегося из материала мантии в зонах срединно-океанических хребтов. До некоторой степени влияние оказывает толщина осадочного слоя на дне океанов. В разных географических областях толщина океанической коры колеблется в пределах 5-7 километров.

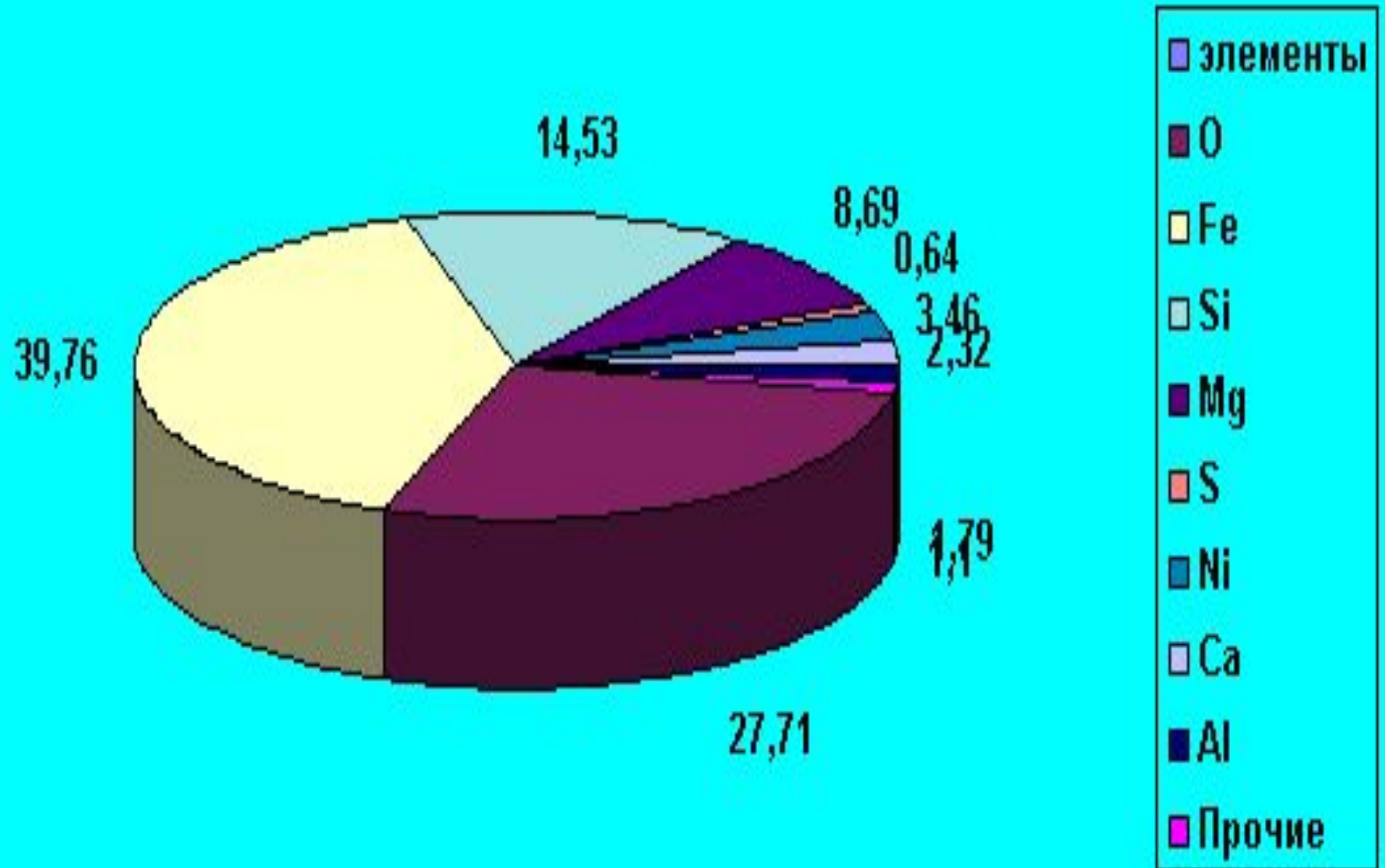


Возраст океанической коры. Красным показаны самые молодые участки, синим наиболее древние.





# Состав земной коры



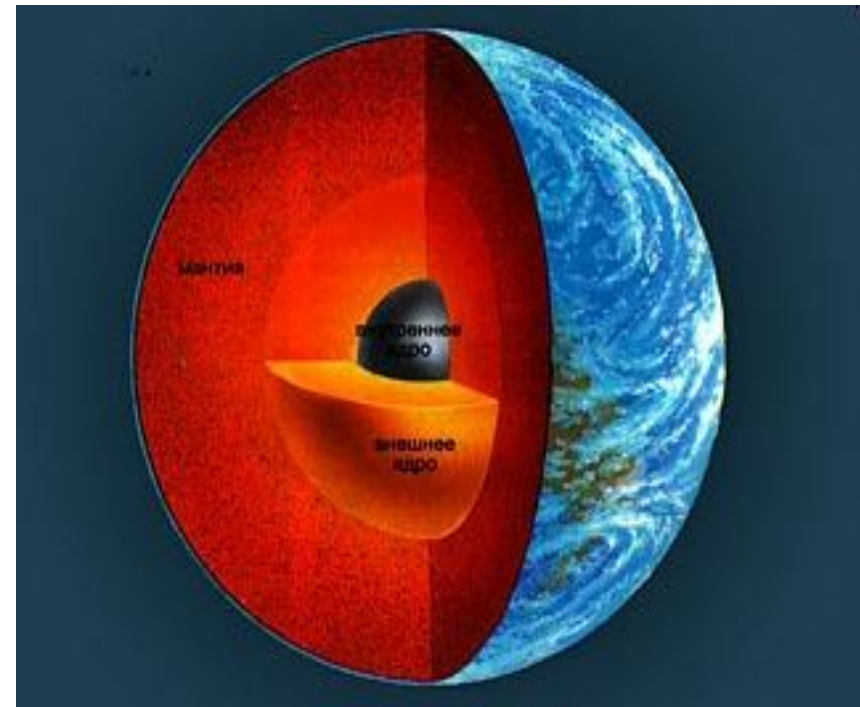
# Мантия Земли

- Мантия Земли, оболочка Земли, расположенная между земной корой и ядром Земли.
- Занимает 83 % Земли по объёму и 67 % по массе. От земной коры её отделяет т.н. **линия Мохоровичича** - поверхность, на которой скорость продольных сейсмических волн возрастает скачком с 6,7—7,6 до 7,9—8,2 км/сек;
- от ядра Земли мантию отделяет поверхность (на глубине около 2900 км), на которой скорость сейсмических волн падает с 13,6 до 8,1 км/сек.
- Мантия делится на нижнюю и верхнюю мантию. Верхняя мантия, в свою очередь, делится (сверху вниз) на слой Гутенберга (слой пониженных скоростей сейсмических волн) и слой Голицына (иногда называется средней мантией).
- Предполагается, что мантия складывается теми химическими элементами, которые во время образования Земли находились в твёрдом состоянии или входили в состав твёрдых химических соединений. Из этих элементов преобладают: O, Si, Mg, Fe. Согласно современным представлениям, состав мантии считается близким к составу каменных метеоритов.
- Предполагают, что непосредственными образцами вещества мантии являются обломки пород среди базальтовой лавы, вынесенные на поверхность Земли; их находят также вместе с алмазами в трубках взрыва. Считают также, что обломки пород, поднятые драгой со дна рифтов Срединно-океанических хребтов, представляют собой вещество мантии.

# Ядро Земли

- Ядро Земли — центральная, наиболее глубокая часть планеты Земля, находящаяся под мантией Земли и, предположительно, состоящая из железо-никелевого сплава с примесью других элементов.
- Глубина залегания — от 2900 км. Средний радиус сферы - 3,5 тыс. км.
- Разделяется на жидкое внешнее ядро радиусом около 2200 км и твердое внутреннее ядро радиусом около 1300 км и, между которыми иногда выделяется переходная зона.
- Ядро занимает 16% земного шара по объему и 31,5% по массе.
- Температура в центре ядра Земли достигает 5000 С, плотность около 12,5 т/м<sup>3</sup>, давление до 361 ГПа.

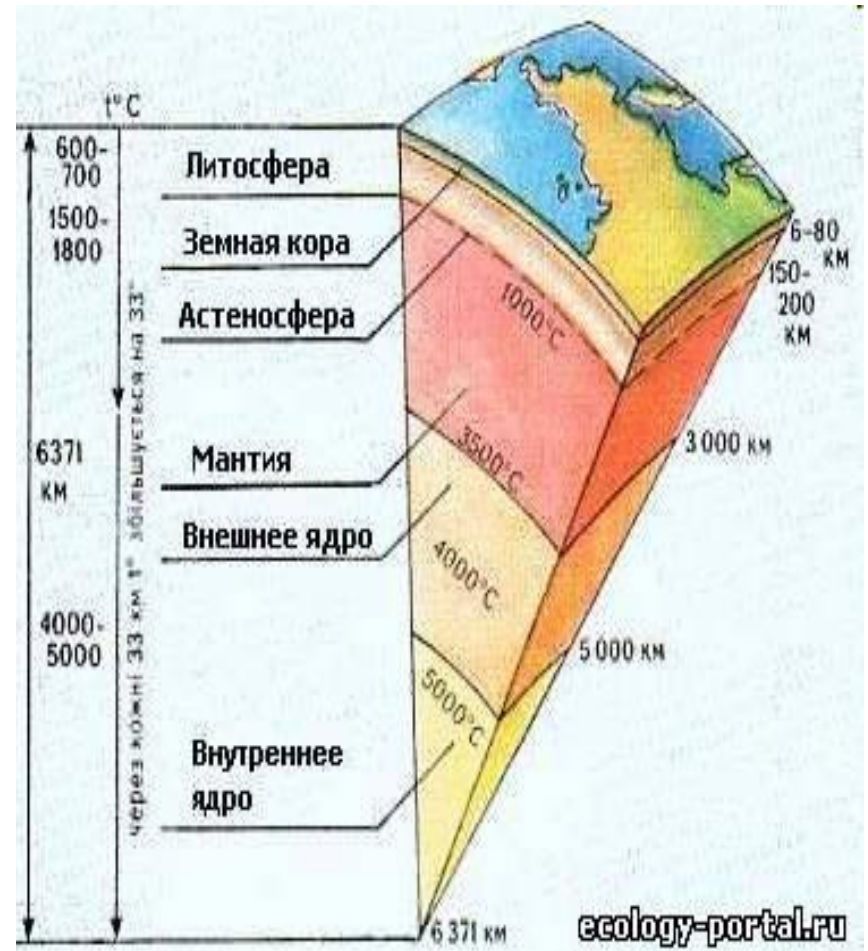
Известно о ядре очень мало — вся информация получена косвенными геофизическими или геохимическими методами, и образцы вещества ядра не доступны, и вряд ли будут получены в обозримом будущем..





# литосфера

- Литосфе́ра (от греч. камень и — шар, сфера) — твёрдая оболочка Земли. Состоит из земной коры и верхней части мантии, до астеносферы.
- Астеносфера —пластичный слой в верхней мантии Земли. Астеносфера выделяется по понижению скоростей сейсмических волн. Граница между литосферой и астеносферой может лежать на глубине от 4 км (под рифтами) до 200 км (под кратонами).
- Блоки литосферы — литосферные плиты — движатся по относительно пластичной астеносфере..



- Литосфера делится на 7-8 крупных плит, десятки средних плит и множество мелких. Мелкие плиты расположены в поясах между крупными плитами.
- Более 90 % поверхности Земли покрыто 7-8 крупнейшими литосферными плитами:
- Антарктическая плита
- Африканская плита
- Евразийская плита
- Индостанская плита
- Австралийская плита
- Тихоокеанская плита
- Северо-Американская плита
- Южно-Американская плита
- Среди плит среднего размера можно выделить Аравийскую, Карибскую, Наска, Филиппинскую, Скотия, плиты Кокос и Хуан де Фука и др.
- Некоторые литосферные плиты сложены исключительно океанической корой (пример — крупнейшая тихоокеанская плита), другие состоят из блока континентальной коры, впаянного в кору океаническую.

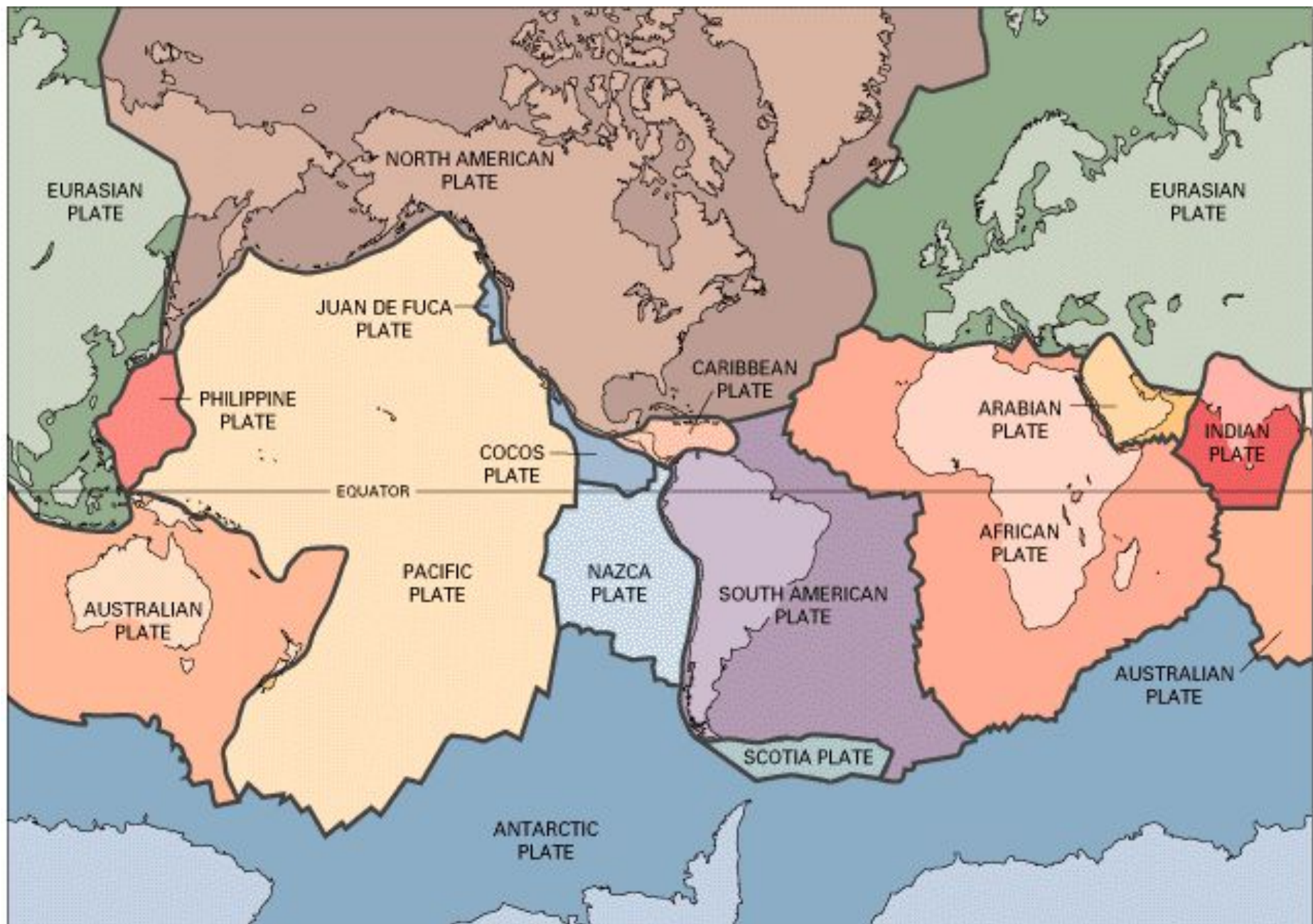


© ООО «Кирилл и Мефодий»

Литосферные плиты Земли.

krasnoe.ucoz.ru





# Тектоника плит, ТЛП

- Тектоника плит — современная геологическая теория о движении литосферы. Она утверждает, что литосфера состоит из относительно целостных блоков — плит, которые находятся в постоянном движении друг относительно друга.
- Впервые идея о движении блоков коры была высказана в теории дрейфа континентов, предложенной Альфредом Вегенером в 1920-х годах. Эта теория была первоначально отвергнута. Возрождение идеи о движениях в твёрдой оболочке Земли («мобилизм») произошло в 1960-х годах.
- К началу 60-х годов была составлена карта рельефа дна Мирового океана, которая показала, что в центре океанов расположены срединно-океанические хребты, которые возвышаются на 1,5–2 км над абиссальными равнинами, покрытыми осадками.
- Эти данные позволили Р. Дицу и Г. Хессу в 1962–1963 годах выдвинуть гипотезу спрединга. Согласно этой гипотезе, в мантии происходит конвекция со скоростью около 1 см/год. Восходящие ветви конвекционных ячеек выносят под срединно-океаническими хребтами мантийный материал, который обновляет океаническое дно в осевой части хребта каждые 300–400 лет. Континенты не плывут по океанической коре, а перемещаются по мантии, будучи пассивно «впаяны» в литосферные плиты. Согласно концепции спрединга, океанические бассейны структуры непостоянные, неустойчивые, континенты же — устойчивые.
- Объединение этих представлений со старой теорией дрейфа материков породило современную теорию тектоники плит, которая вскоре стала общепринятой концепцией в науках о Земле.

# Основные положения современной ТЛП :

- Верхняя часть твёрдой Земли делится на хрупкую литосферу и пластичную астеносферу.
- **главная причина движения плит** - конвекция в астеносфере
- **Источником энергии** для этих течений служит перенос тепла из центральных частей Земли, которые имеют очень высокую температуру (температура ядра составляет порядка  $5000^{\circ}\text{C}$ ). Нагретые породы расширяются, плотность их уменьшается, и они всплывают, уступая место более холодным породам. Эти течения могут замыкаться и образовывать устойчивые конвективные ячейки. При этом в верхней части ячейки течение вещества происходит в горизонтальной плоскости и именно эта её часть переносит плиты.
- Таким образом, **движение плит** — следствие остывания Земли, при котором часть тепловой энергии превращается в механическую работу, и наша планета в некотором смысле представляет собой тепловой двигатель.



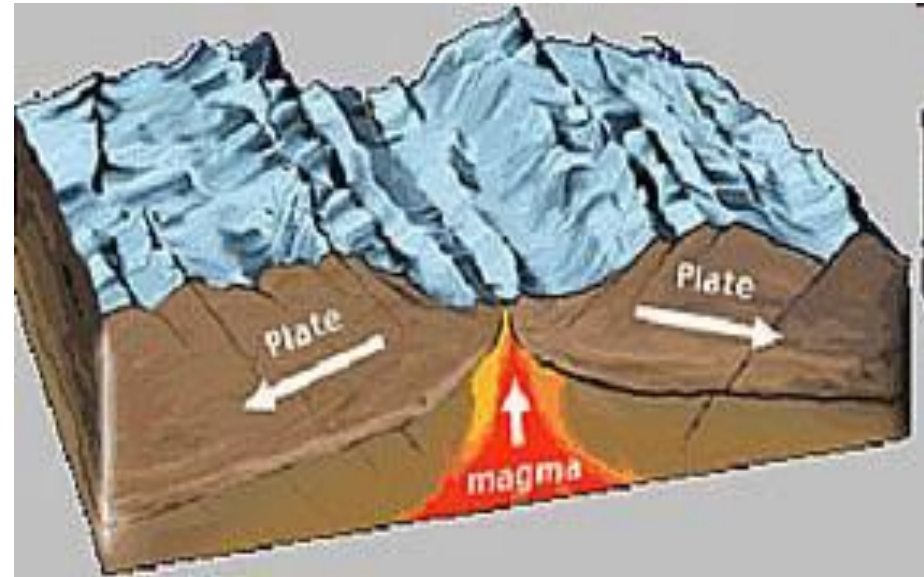
# Существует 3 основных типа относительных перемещений плит

- 1) расхождение (дивергенция), выраженное рифтингом и спредингом;
  - 2) схождение (конвергенция), выраженное субдукцией и коллизией
  - 3) сдвиговые перемещения по трансформным разломам.
- Спрединг в океанах компенсируется субдукцией и коллизией по их периферии, причём радиус и объём Земли постоянны (это утверждение постоянно обсуждается, но оно так достоверно и не опровергнуто)
  - **Сейсмическая, тектоническая и магматическая активность сосредоточена на границах плит.**

# 1. Дивергенция или расхождение плит

- В рельефе Земли эта зона выражена рифтами - в них преобладают деформации растяжения, мощность коры пониженная, тепловой поток максимален, и происходит активный вулканизм.
- **На океанической коре** рифты приурочены к центральным частям **срединно-океанических хребтов**. В них происходит образование новой океанической коры. Общая протяжённость СОХ более 60 тысяч километров.

- Срединно-океанические хребты имеют сравнительно выдержанную форму и геологическое строение. Они гораздо однообразнее, чем, горные хребты на суше, потому, что последние образуются в результате комплекса процессов
- Срединно-океанические хребты разделяются на быстро-спрединговые и медленно-спрединговые.
- Для быстро-спрединговых хребтов со скоростью расхождения плит 8—16 см/г характерно отсутствие прогиба в центральной части. Характерный пример такого рифта Восточно-Тихоокеанское поднятие.
- Медленно-спрединговые хребты имеют отчётливую центральную депрессию — рифт глубиной 4000—5000 метров.



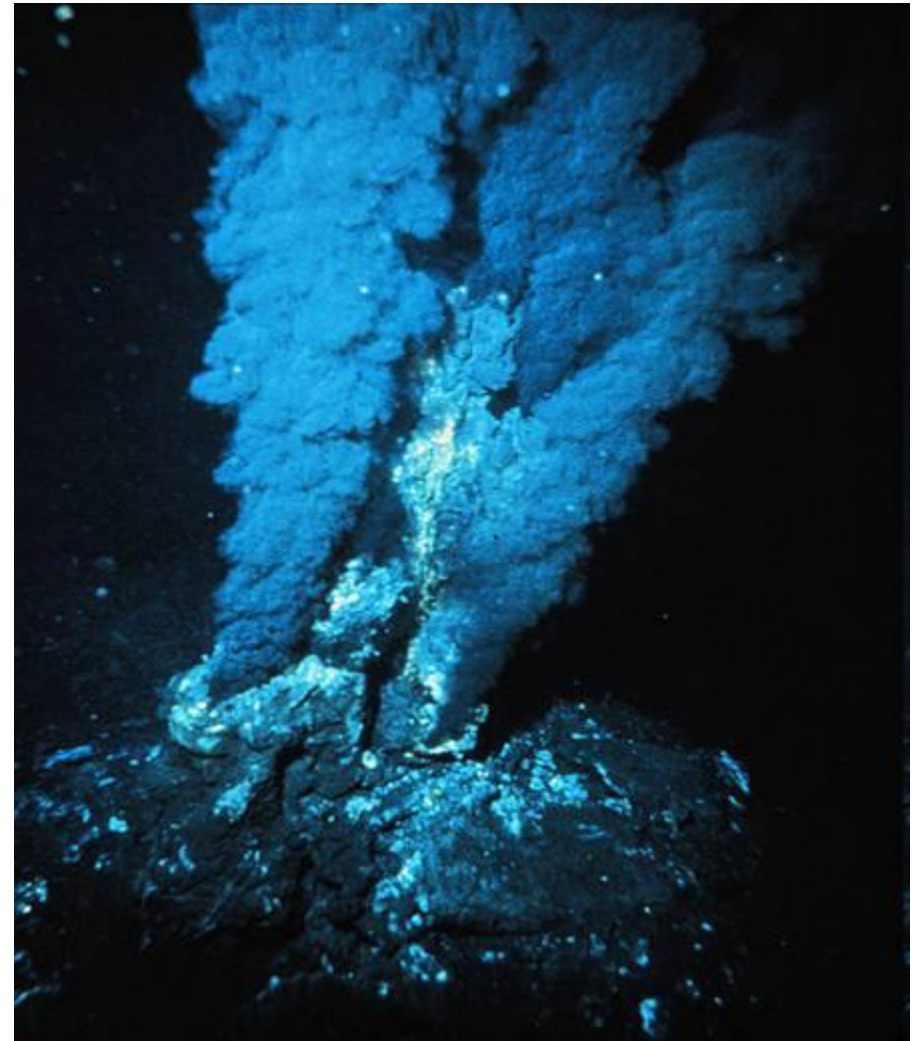


К СОХ приурочено множество гидротермальных источников, которые выносят в океан значительную часть глубинного тепла, и растворённых элементов. Такие высокотемпературные источники называются «чёрными курильщиками», с ними связаны значительные запасы цветных металлов.

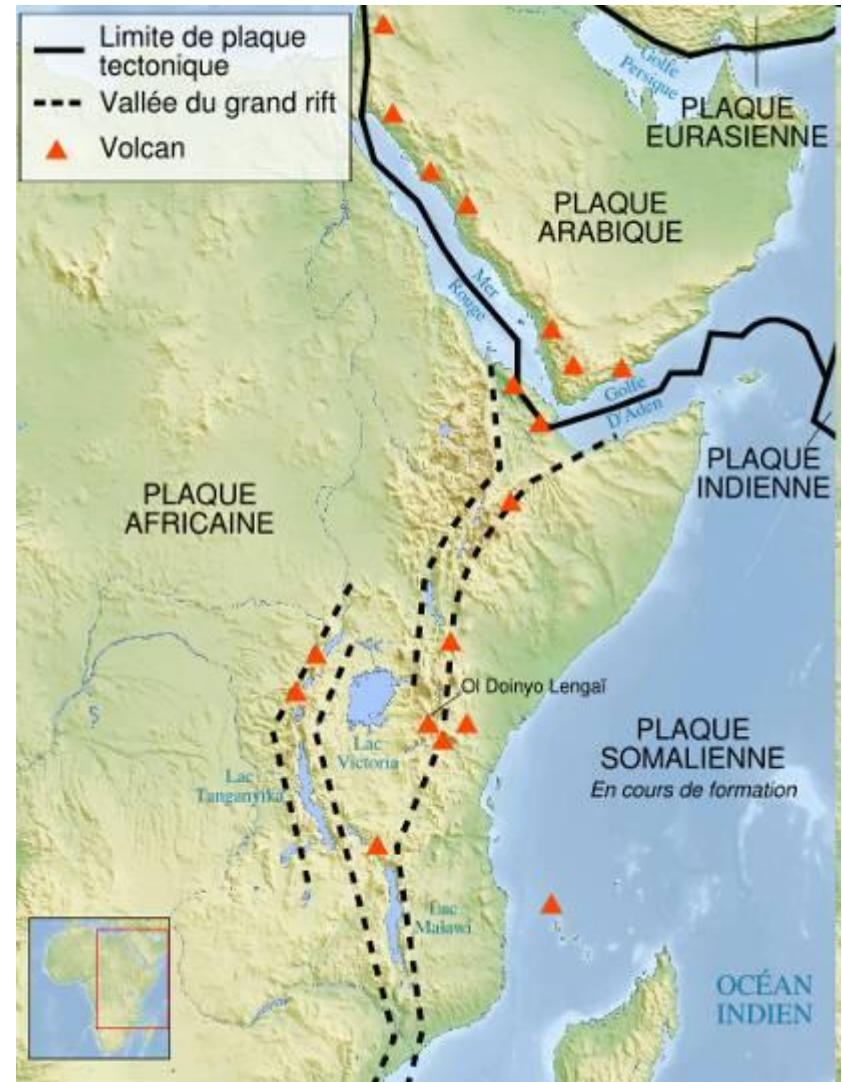
Гидротермальные океанические источники вносят весьма значительный вклад в химический состав океанов.

- Гидротермальные источники в срединно-океанических хребтах — среда обитания необычных биологических сообществ, получающих энергию из разложения соединений гидротермальных флюидов.

## «Чёрные курильщики»



- Если **ЗОНА ДИВЕРГЕНЦИИ** образуется **на континенте**, то формируется континентальный рифт, который в дальнейшем может превратиться в океанический бассейн с океаническим рифтом в центре.
- Раскол континента на части начинается с образования рифта. Кора утончается и раздвигается, начинается магматизм. Формируется протяжённая линейная впадина глубиной порядка сотен метров, которая ограничена серией сбросов. После этого возможно два варианта развития событий: либо расширение рифта прекращается и он заполняется осадочными породами, превращаясь в **авлакоген**, (Днепровско-Донецкий, Амадиес) либо континенты продолжают раздвигаться и между ними, уже в типично океанических рифтах, начинает формироваться океаническая кора.

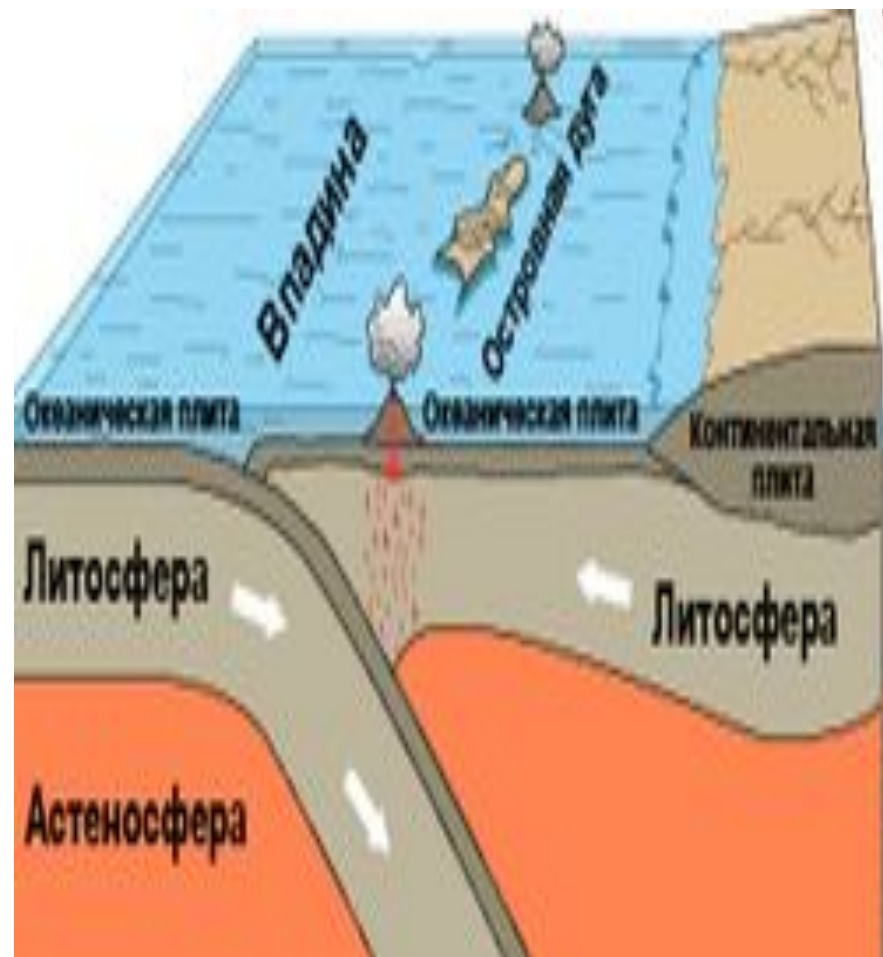
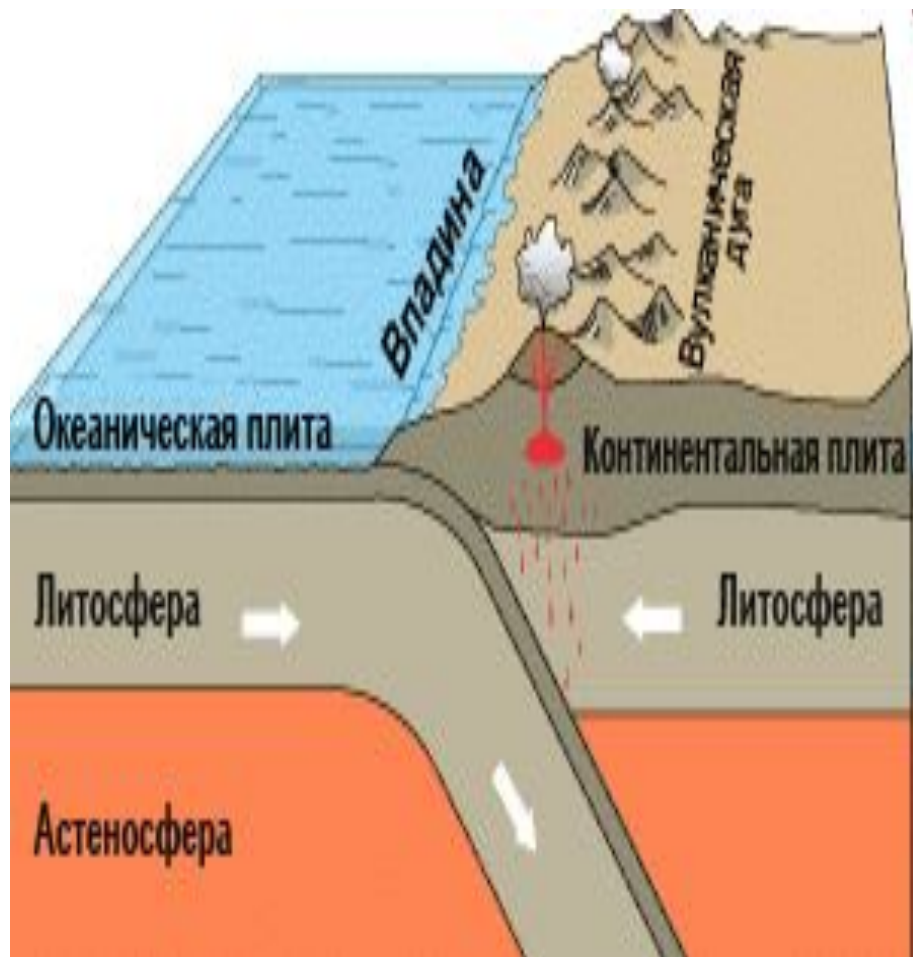


## 2. Конвергенция литосферных плит выражена субдукцией, коллизией или обдукцией

- **Субдукция** развивается там, где сходятся континентальная и океанская литосферы или океанская с океанской. При их встречном движении более тяжелая литосферная плита (всегда океанская) уходит под другую, а затем погружается в мантию.
- **Коллизия**, т.е. столкновение литосферных плит, развивается там, где континентальная литосфера сходится с континентальной: их дальнейшее встречное движение затруднено, оно компенсируется деформацией литосферы, ее утолщением и «скупиванием» в складчатых горных сооружениях.
- Гораздо реже и на короткое время при конвергенции возникают условия для надвигания на край континентальной плиты фрагментов океанской литосферы: происходит ее **обдукция**.
- При общей протяженности современных конвергентных границ около 57 тыс. км 45 из них приходится на субдукционные, остальные 12 — на коллизионные. Обдукционное взаимодействие литосферных плит в наши дни нигде не установлено, хотя известны участки, где эпизод обдукции произошел в сравнительно недавнее геологическое время.;



# Субдукция литосферных плит





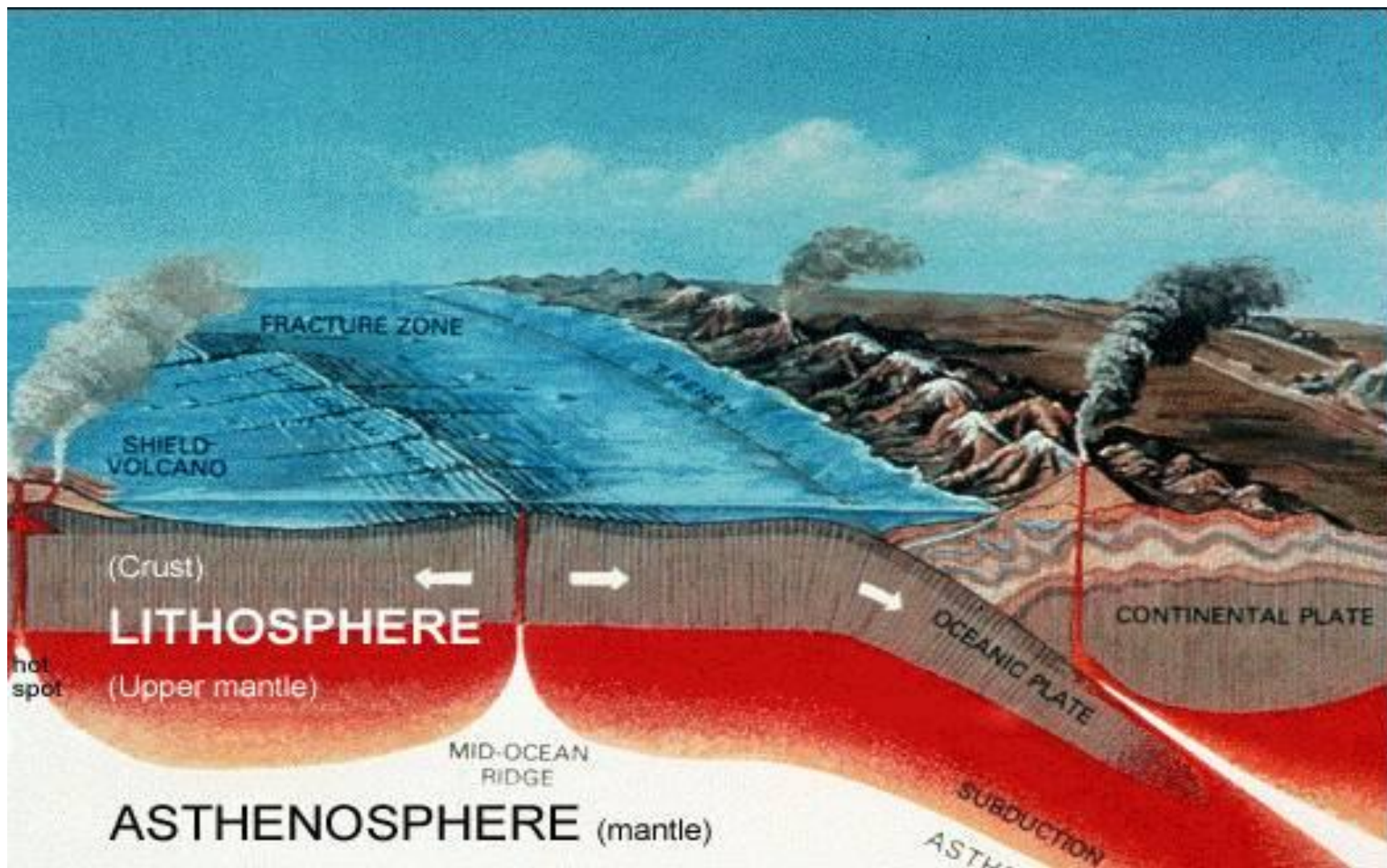
# Коллизия литосферных плит

- Столкновение континентальных плит приводит к смятию коры и образованию горных цепей. Примером коллизии является Альпийско-Гималайский горный пояс, образовавшийся в результате закрытия океана Тетис и столкновения с Евразийской плитой Индостана и Африки. В результате мощность коры значительно увеличивается, под Гималаями она составляет 70 км. Это неустойчивая структура, она интенсивно разрушается поверхностной и тектонической эрозией. В коре с резко увеличенной мощностью идёт выплавка гранитов из метаморфизованных осадочных и магматических пород.



### 3. Сдвиговые перемещения по трансформным разломам

- Там, где плиты двигаются параллельным курсом, но с разной скоростью, возникают трансформные разломы — грандиозные сдвиговые нарушения, широко распространённые в океанах и редкие на континентах.
- В океанах трансформные разломы идут перпендикулярно срединно-океаническим хребтам (СОХ) и разбивают их на сегменты. На этом участке постоянно происходят землетрясения и горообразование, вокруг разлома формируются многочисленные оперяющие структуры — надвиги, складки и грабены.









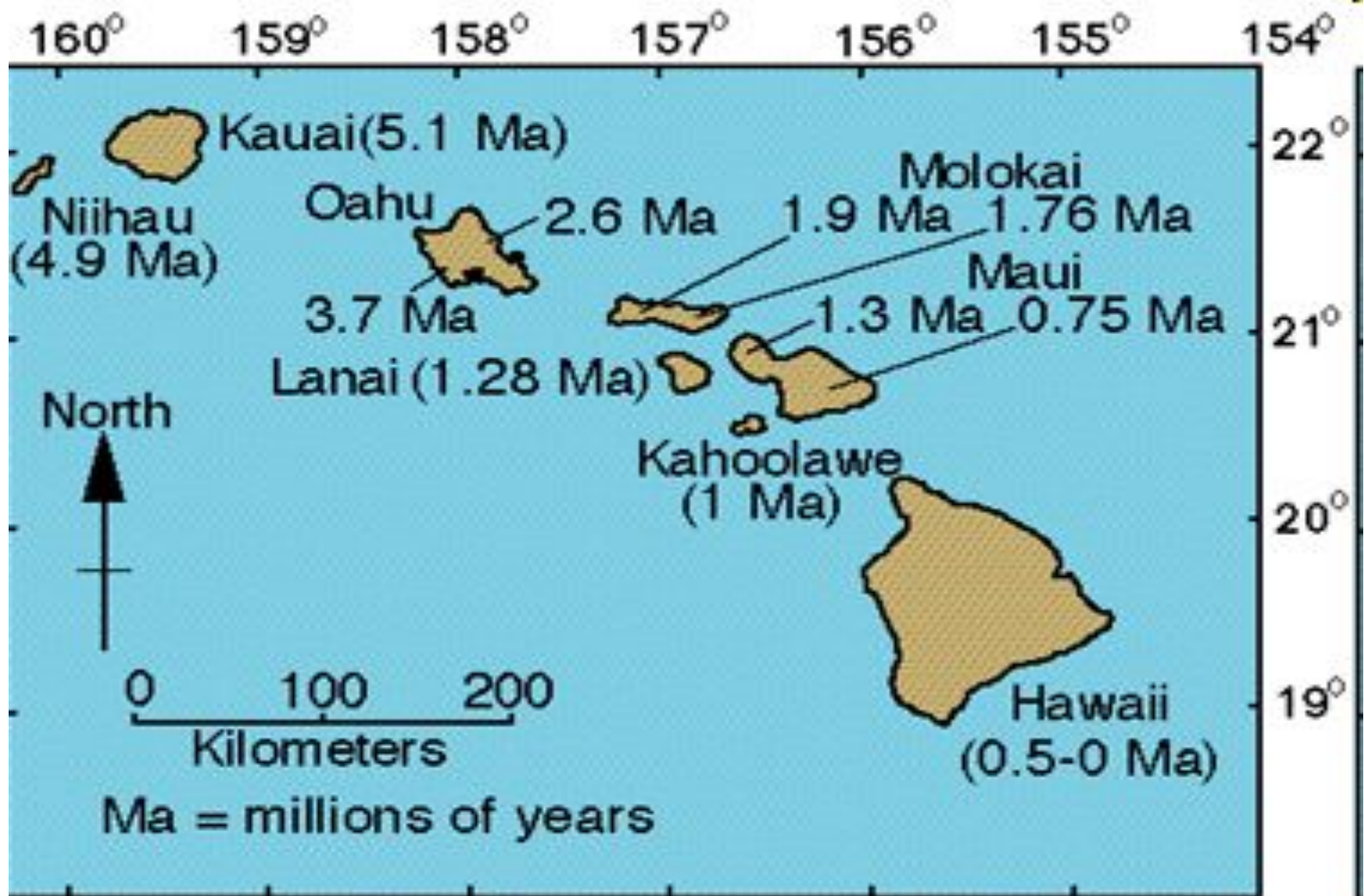
- **Сдвиговые границы плит на континентах** встречаются относительно редко. Пожалуй, единственным ныне активным примером границы такого типа является разлом Сан-Андреас, отделяющий Северо-Американскую плиту от Тихоокеанской. 800-мильный разлом Сан-Андреас — один из самых сейсмоактивных районов планеты: в год плиты смещаются относительно друг друга на 0,6 см, землетрясения с магнитудой более 6 единиц происходят в среднем раз в 22 года. Город Сан-Франциско и большая часть района бухты Сан-Франциско построены в непосредственной близости от этого разлома.

# Внутриплитные процессы

- Первые формулировки тектоники плит утверждали, что вулканизм и сейсмические явления сосредоточены только по границам плит, но вскоре стало ясно, что и внутри плит идут специфические тектонические и магматические процессы, которые также были интерпретированы в рамках этой теории. Среди внутриплитных процессов особое место заняли явления долговременного базальтового магматизма в некоторых районах, так называемые **горячие точки**.
- На дне океанов расположены многочисленные вулканические острова. Некоторые из них расположены в цепочках с последовательно изменяющимся возрастом. Классическим примером такой подводной гряды стал Гавайский подводный хребет . Он поднимается над поверхностью океана в виде Гавайских островов , от которых на северо-запад идёт цепочка подводных гор с непрерывно увеличивающимся возрастом, некоторые из которых, напр., атолл Мидуэй , выходят на поверхность. На расстоянии порядка 3000 км от Гавайев цепь немного поворачивает на север, и называется уже Императорским хребтом . Он прерывается в глубоководном желобе перед Алеутской островной дугой .
- Было сделано предположение, что под Гавайскими островами находится горячая точка — место, где к поверхности поднимается горячий мантийный поток, который проплавляетдвигающуюся над ним океаническую кору. Таких точек сейчас на Земле установлено множество. Мантийный поток, который их вызывает, был назван плюмом (Теория плюмов)

- .

# Гавайские острова

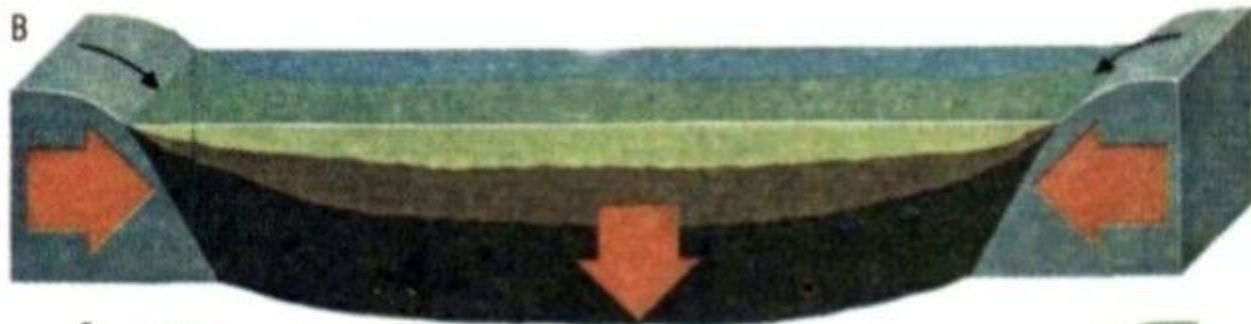


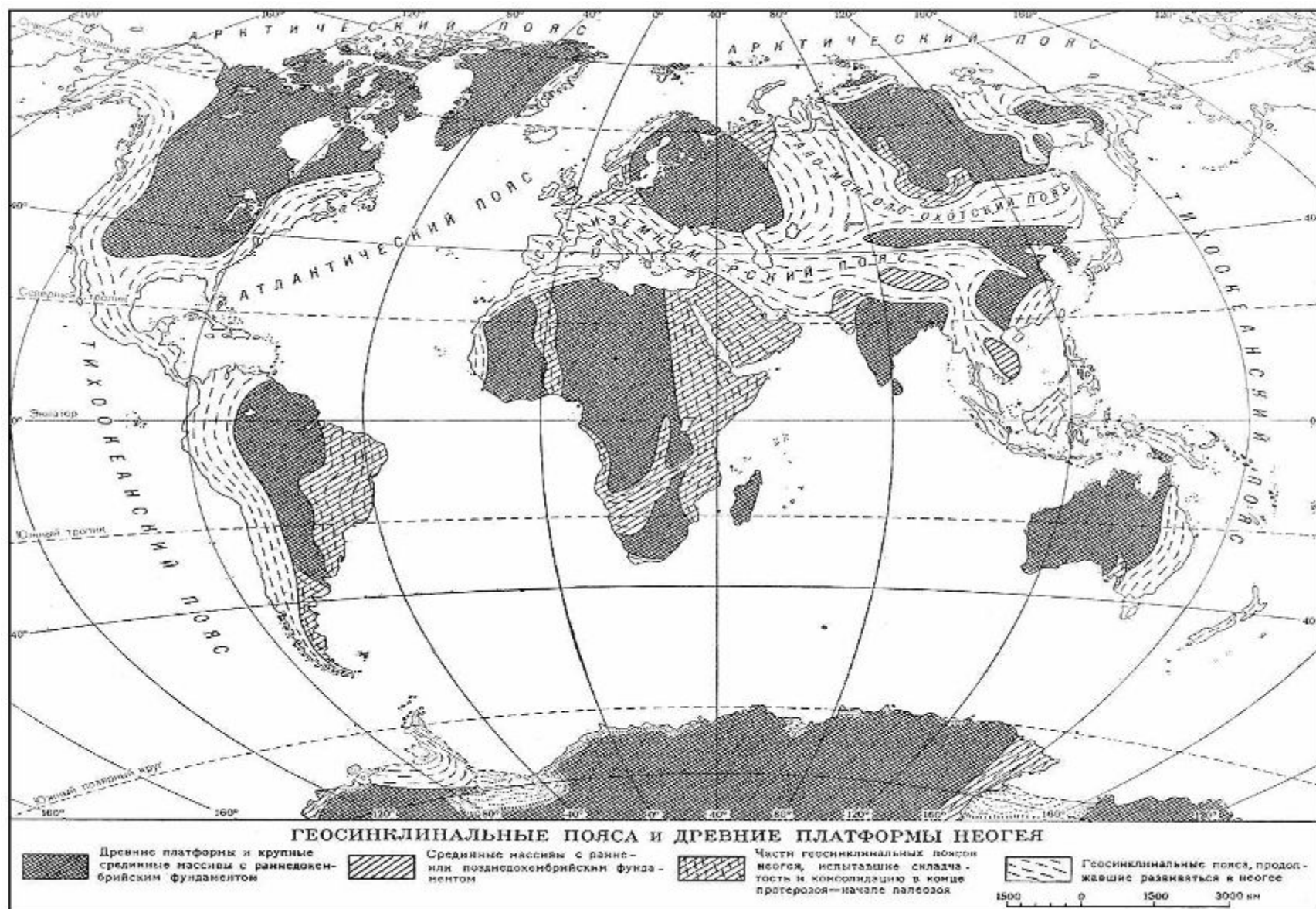
- В строении литосферы выделяют подвижные области (**геосинклинали**) и относительно стабильные **платформы**.
- Согласно теории платформ и геосинклиналей эволюция земной коры происходит от геосинклиналей через складчатые области к платформам



# Возраст Земли

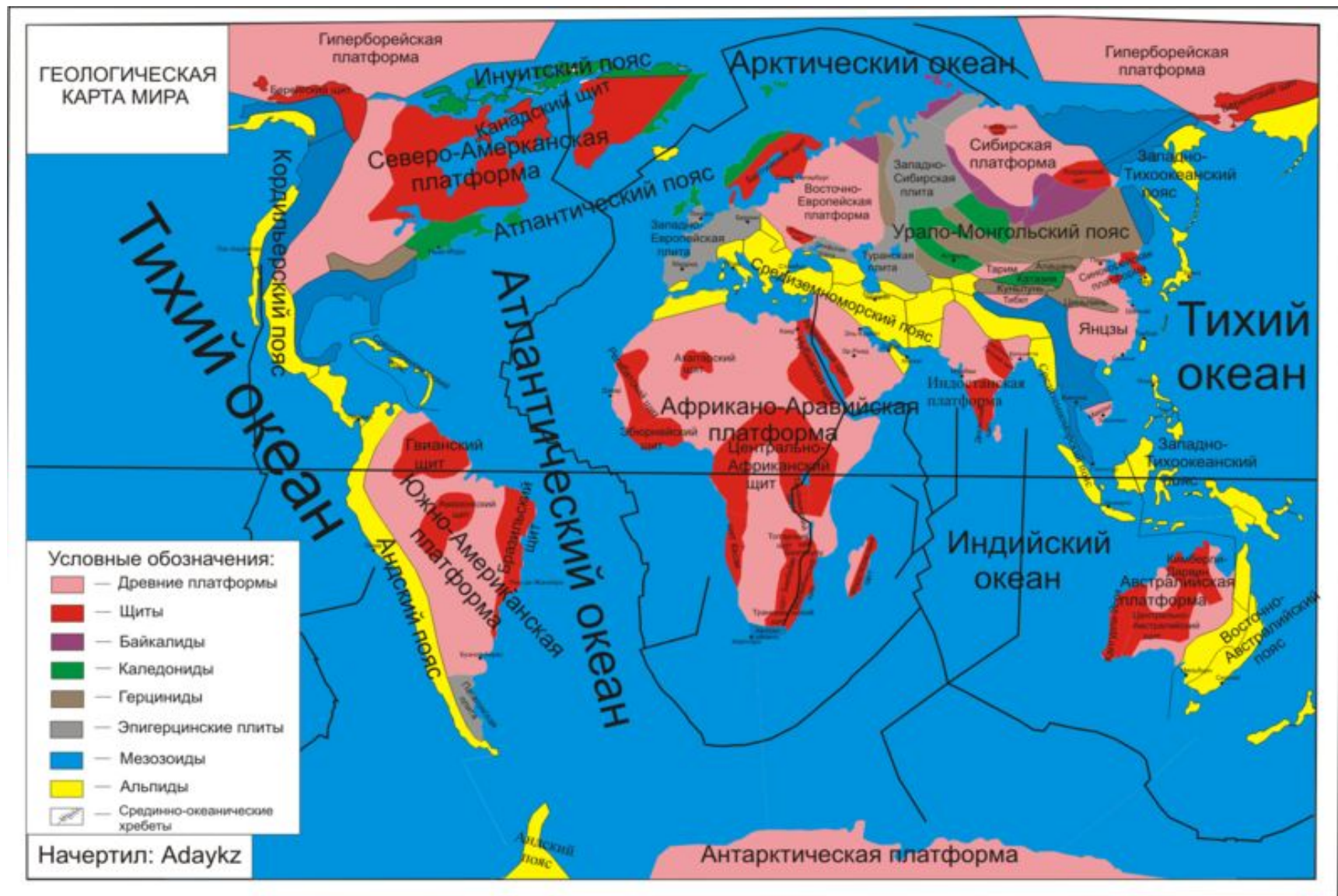
- Возраст Земли — время, которое прошло с момента образования Земли как самостоятельного планетарного тела.
- Согласно данным радиоизотопных датировок, возраст Земли составляет 4,6—5 миллиардов лет.
- Изучив последовательно смену событий — и геологических и биологических, учёные разделили всю долгую историю нашей планеты на пять наиболее крупных отрезков — эры. Три последние эры (вместе -фанерозой): палеозойская, мезозойская и кайнозойская (от греческих слов «палеос» — древний, «мезос» — средний, «кайнос» — новый и «зое» — жизнь) — разделяются на несколько периодов, а периоды, в свою очередь, — на эпохи и века. Две наиболее древние и самые продолжительные эры — архейская и протерозойская (по-гречески «археос» — древний, старый и «протерос» — первый, начальный) — на периоды, эпохи и века пока не разделяются. Во второй половине протерозойской эры в морях существовало много водорослей и появились первые животные.







# Древние платформы на карте мира





# Тектонические циклы (этапы)

- Тектонические циклы (этапы, складчатости) - большие (более 100 млн. лет) периоды геологической истории Земли, характеризующиеся определённой последовательностью тектонических и общегеологических событий.
- Проявляются в геосинклиналях, где цикл начинается погружениями земной коры с образованием глубоких морских бассейнов, накоплением мощных толщ осадков, подводным вулканизмом, образованием основных и ультраосновных интрузивно-магматических пород.
- Далее происходит формирование складчатых горных сооружений, окаймленных и разделённых передовыми (краевыми, предгорными) и межгорными прогибами, которые заполняются продуктами разрушения гор. Этот процесс сопровождается региональным метаморфизмом, гранитообразованием, вулканическими излияниями.
- Средняя продолжительность Т. ц. в фанерозое 150—180 млн. лет (в докембрии Т. ц. были, по-видимому, более продолжительными).
- В позднем докембрии и фанерозое установлены следующие циклы: байкальский (поздний рифей — венд);
- каледонский (кембрий — девон);
- герцинский (девон — пермь);
- киммерийский или мезозойский (триас — юра);
- альпийский или кайнозойский (мел — кайнозой).

Таблица 3 Геохронологическая шкала фанерозоя

| Эра          | Период                       | Начало периода, млн. лет назад | Длительность периода, млн. лет | Длительность эры, млн. лет |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| КАЙНОЗОЙСКАЯ | Четвертичный (антропогенный) | 2                              | 2                              | 65                         |
|              | Неогеновый                   | $25 \pm 2$                     | 23                             |                            |
|              | Палеогеновый                 | $66 \pm 3$                     | 41                             |                            |
| МЕЗОЗОЙСКАЯ  | Меловой                      | $132 \pm 5$                    | 66                             | 169                        |
|              | Юрский                       | $185 \pm 5$                    | 53                             |                            |
|              | Триасовый                    | $235 \pm 10$                   | 50                             |                            |
| ПАЛЕОЗОЙСКАЯ | Пермский                     | $280 \pm 10$                   | 45                             | 335                        |
|              | Каменноугольный              | $345 \pm 10$                   | 65                             |                            |
|              | Девонский                    | $400 \pm 10$                   | 55                             |                            |
|              | Силурный                     | $435 \pm 10$                   | 35                             |                            |
|              | Ордовикский                  | $490 \pm 15$                   | 55                             |                            |
|              | Кембрийский                  | $570 \pm 20$                   | 80                             |                            |

