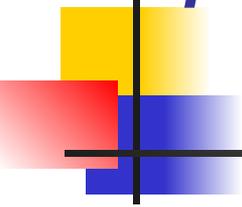


# ЛИТОСФЕРА.

---

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИТОСФЕРЕ**

## *Строение литосферы и структура земной коры*



---

Согласно Гуттенбергу ядро состоит из трех слоев

- слой  $G$  (внутреннее ядро),
- слой  $F$  — переходный слой,
- слой  $E$  — внешнее ядро.

Эти три слоя простираются от глубины 2900 до 6370 км.

- 
- 
- Ближе к поверхности Земли располагаются слои *D, C, B* (*Гуттенберга*) которые называются *мантией* Земли.
  - Верхний слой (слой *A*) называется *земной корой*.
  - Переходная граница от земной коры (*A*) к мантии (*B*), называется *поверхностью Мохоровича*.
  - Внешняя твердая оболочка Земли, включающая в себя земную кору и слой *B* называется *литосферой*.



---

Толщина литосферы (слои А+В) неодинакова и колеблется от 50 до 200 км.

толщина земной коры (А)

- На равнинах она составляет 30–40 км,
- в горных районах 50–75 км,
- в районах морей и океанов 5–6 км.

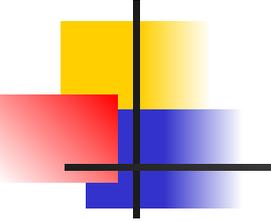
земная кора состоит:

- осадочный слой,
- гранитный слой
- базальтовый слой.

# *Химический состав земной коры*

- Наиболее распространены след. элементы: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий и магний ( в виде оксидов и солей)
- Содержание элементов принято выражать в кларках (обозначается буквой К).

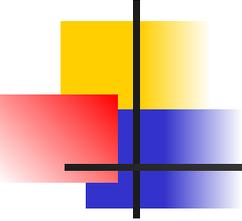
Эта единица была предложена геохимиком Ферсманом в честь американского геохимика Френка Кларка, который изучил химический состав более 6 000 видов горных пород.



Содержание элементов в кларках представляет собой *усредненное количество химических элементов в земной коре, выраженное в объемных или массовых процентах.*

- Содержание кислорода в земной коре составляет 47 кларков (масс. %),
  1. кремния — 30,
  2. алюминия — 8,
  3. железа — 4,
  4. кальция — 3,
  5. натрия — 2,5,
  6. калия — 2,5,
  7. магния — 2.

- 
- 
- Оказалось, что рассеянные элементы распределены в земной коре очень неравномерно.
  - Поэтому для оценки распространенности элементов на отдельных участках земной коры, помимо усредненных кларков элемента, Вернадский ввел понятие *кларк концентрации*.



Кларк концентрации вычисляется по соотношению:

---

$$\underline{K_k} = A/K,$$

где  $K_k$  — кларк концентрации,

$A$  — содержание элемента в данном регионе, масс. %,

$K$  — кларк элемента в земной коре, масс. %.

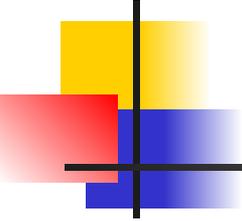


# Минералы и горные породы

---

- Однородные по составу и строению природные химические соединения или однородные структуры, возникающие при различных химических и физико-химических процессах в земной коре, принято называть ***минералами***.

- 
- 
- Минералы встречаются в твердом, жидком и газообразном состояниях
  - Характерна внутренняя однородность, определенные физические свойства и признаки,

- 
- 
- Известно более 3 000 минералов
  - около 100 минералов имеют практическое значение,
  - только 30 относятся к породообразующим минералам.

- 
- 
- Минералы находятся в виде комплексных минеральных агрегатов — *горных пород, - геологических тел*



# Горные породы (ГП)

---

ГП принято делить на:

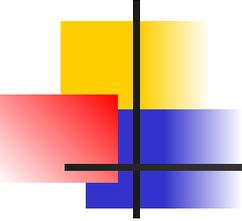
магматические, осадочные и метаморфические.

- **Магматические породы** возникают при затвердевании магматического расплава на поверхности или в глубинах земной коры. При этом образуются глубинные (*интрузивные*) или поверхностные (*эффузивные*) породы.
- **Осадочные породы** образуются путем отложения материала разрушенных или растворенных горных пород любого генезиса как на суше, так и в море.
- **Метаморфические породы** формируются путем преобразования магматических или осадочных пород в глубинах земной коры под воздействием высоких температур и давлений.

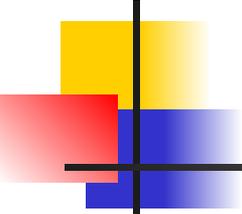
ЗК до глубины 16 км на 95 % сложена из магматических пород.

Осадочные породы составляют лишь 1 % от массы этого слоя земной коры , метаморфические породы — 4 %.

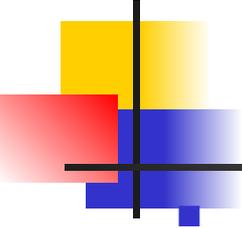
# Магматические породы

- 
- Магматические породы образуются из магмы.
  - *Магма* — сложный расплав силикатного состава, в котором преобладают те же главные элементы, что и в земной коре.
  - Если магма в процессе извержения не достигает земной поверхности и застывает на глубинах нескольких десятков километров, то образуются интрузивные породы - гранит, диорит, габбро, перидотит.
  - Если достигает, то образуются эффузивные породы

# Классификация магматических пород



<b>Тип</b>	<b>Содержание SiO<sub>2</sub>, %</b>	<b>Название породы</b>
Кислый	Более 65	Граниты (интрузивная), липариты (эффузивная)
Средний	50–65	Диорит (и) , андезит (э)
Основной	40–50	Габбро (и), базальт (э)
Ультра- основной	Менее 40	Дунит (и), перидотит (и)

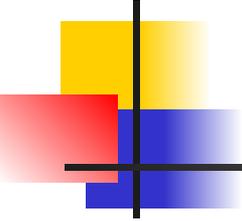


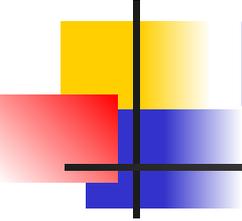
---

По минералогическому составу эффузивные породы сходны с интрузивными (магмы одни и те же), но кристаллическая структура разная.

- Эффузивные породы состоят из мелких кристаллов (скорость застывания высока)
- Иногда вся масса породы оказывалась аморфной, стекловидной. Подобные породы называют *вулканическими стеклами*.

# Осадочные породы

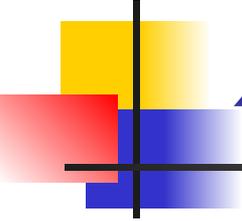
- 
- По составу и происхождению осадочные породы подразделяются на обломочные, хемогенные и биогенные.
  - *Обломочные горные породы* — это продукты механического разрушения коренных, исходных пород.
  - Независимо от их минерального состава, формы и происхождения делят на глины (размер частиц менее 0,02 мм), песок (0,02–2,0 мм), гравий, гальку, щебень (2,0–200 мм), глыбы, валуны (размер более 200 мм).



# Глины

---

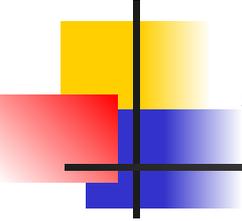
- Каолин, глина, суглинок, мергель, сланцевая глина.
- Глины обладают низкой водопроницаемостью для грунтовых вод и образуют водоупорные слои.



# *Хемогенные породы*

---

- Образуются из естественных растворов в процессе осаждения находящихся в них соединений в результате выпаривания.
- Классифицируют по химическому составу. К ним относятся: каменная соль ( $\text{NaCl}$ ), ангидрит ( $\text{CaSO}_4$ ), гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), известняки ( $\text{CaCO}_3$ ) и др.



# *Биогенные горные породы*

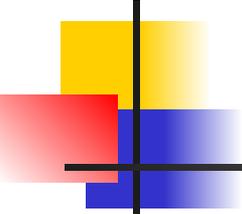
---

- Формируются в результате жизнедеятельности живых организмов (например, фосфориты).

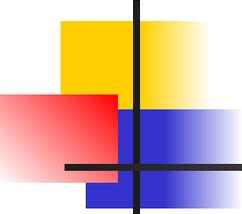
По химическому составу подразделяются на:

- карбонатные,
- кремнистые
- фосфатные.

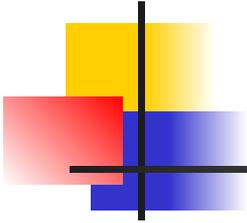
# Метаморфические породы

- 
- *Метаморфиты, или метаморфические породы, образуются путем глубокого преобразования — метаморфизма — магматических или осадочных горных пород.*
  - Эти преобразования (перекристаллизация без изменения химического состава) совершаются под воздействием высоких давлений и температур в недрах земной коры, причем вся масса породы сохраняет твердое агрегатное состояние.

# Структурная организация силикатов

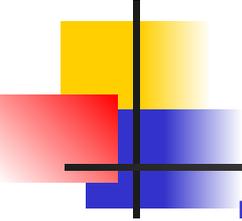
- 
- Большая часть земной коры состоит из силикатов (т. е. полевых шпатов и кварца), которые кристаллизуются из магмы или образуются в процессе метаморфизма.
  - Силикаты состоят в основном из кремния (Si) и кислорода (O), обычно в сочетании с другими металлами.
  - Основной структурной единицей силикатов является тетраэдр  $\text{SiO}_4$ , в котором кремний расположен в середине тетраэдра из четырех ионов кислорода.
  - Ион кремния  $\text{Si}^{4+}$  отличается от большинства других ионов. Высокий заряд и небольшой ионный радиус делают этот катион поляризуемым, поэтому его связи с атомами кислорода  $\text{O}^{2-}$  искривляются, что приводит к существенной доле ковалентности в Si–O-связи.

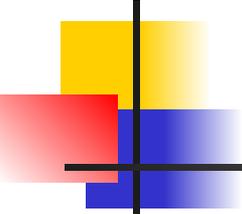
# Метаморфиты

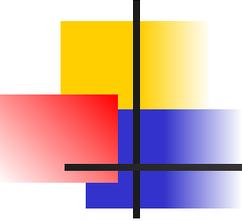


Различают метаморфизм двух типов:

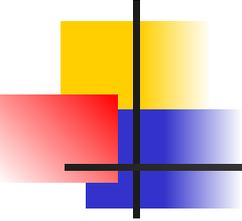
- *контактный*, вызванный внедрением магматических масс друг в друга,
- и *региональный*, обусловленный давлением вышележащих мощных толщ горных пород и тепловыми потоками из глубины Земли.
  
- К наиболее распространенным относятся сланцы (получаются из мягкой сланцевой глины), гнейсы, кварциты (из песчаников), мрамор (из известняков).

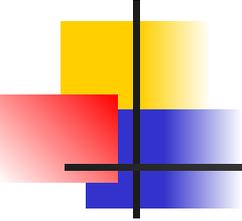
- 
- **Мономерные силикаты.** Они построены из отдельных тетраэдров  $\text{SiO}_4$ , связанных с металлами, как в оливине или гранате. Эти минералы имеют четыре атома кислорода, не входящих в мостики, и известны также как ортосиликаты.
  - **Цепочечные силикаты.** Если каждый тетраэдр  $\text{SiO}_4$  имеет два обобщенных атома кислорода, образуются цепочки соединенных тетраэдров. В группу пироксенов входят наиболее важные цепочечные силикаты, например энстатит ( $\text{MgSiO}_3$ ).
  - **Силикаты с двойной цепочкой.** Структуру с двойной цепочкой имеют минералы группы амфиболов, например тремолит  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ .

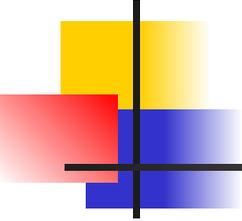
- 
- 
- **Слоистые силикаты.** Следующей ступенью полимеризации является такое соединение цепочек в непрерывные, наполовину ковалентно связанные листы, что каждый тетраэдр имеет три обобщенных атома кислорода с соседним тетраэдром. В этой структуре имеется один не входящий в мостики атом кислорода, и общее отношение Si : O равно 4 : 10, что дает общую формулу  $\text{Si}_4\text{O}_{10}$ . В гексагональных кольцах, образующихся при перекрещивании цепочек, могут помещаться дополнительные анионы, обычно гидроксилы ( $\text{OH}^-$ ). Эта структура является основным каркасом для группы слюд, например мусковита  $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4$ , и всех глинистых минералов. Таким образом, эти минералы представляют собой множество листов, придающих им «пластинчатый» вид.

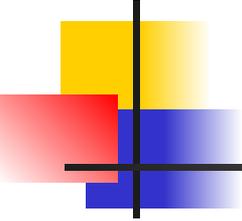
- 
- **Каркасные силикаты.** В этом классе силикатов каждый атом кислорода тетраэдрической группы обобщается между двумя тетраэдрами, и образуется наполовину ковалентная трехмерная решетка. Не входящих в мостики атомов кислорода нет, общее отношение Si : O равно 1 : 2, как в простейшей формуле минерала этого класса кварца (SiO<sub>2</sub>). Замещение алюминием некоторых тетраэдрических позиций (ионный радиус алюминия достаточно невелик) обуславливает огромное разнообразие алюмосиликатных минералов, включая группу полевых шпатов, наиболее распространенную группу минералов в коре. Замещение четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием вызывает дисбаланс заряда в структуре, который нейтрализуется присоединением других двухвалентных или одновалентных катионов, например в полевом шпате ортоклазе (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) одна из четырех тетраэдрических позиций занята алюминием вместо кремния.

# Состав и структура глинистых минералов (ГМ)

- 
- 
- ГМ состоят из кислорода, кремния и алюминия.
  - *ГМ* — это слоистые силикаты, построенные из слоев атомов в тетраэдрической (O, Si) и октаэдрической координации (O, Al).
  - ГМ - тетраэдрические и октаэдрические сетки.

- 
- 
- *Тетраэдрические сетки* представляют собой слои тетраэдров  $\text{SiO}_4$ , которые имеют три общих кислорода с соседними тетраэдрами.
  - Четвертый (апикальный) кислород каждого тетраэдра располагается на перпендикуляре, проходящем через центр базального кислородного треугольника.

- 
- 
- *Октаэдрическая сетка* построена из катионов, обычно алюминия, железа или магния, расположенных на равных расстояниях от шести анионов кислорода, в связи с чем сетка несет отрицательный заряд.
  - Алюминий является распространенным катионом, и идеальный октаэдрический слой имеет состав гидроксида алюминия ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) — минерала гиббсита.
  - Если октаэдрические позиции заполняются трехвалентным алюминием, для достижения электронейтральности занимают только две из каждой трех позиций и сетка классифицируется как диоктаэдрическая.
  - Если двухвалентные катионы заполняют октаэдрические позиции, все доступные позиции заняты и сетка классифицируется как триоктаэдрическая. В результате сочетания этих трех сеток образуется основная структура глинистых минералов.

- 
- 
- **Структура глинистых минералов 1 : 1.** Простейшим расположением тетраэдрических и октаэдрических сеток являются слои 1 : 1.
  - В состав таких 1 : 1 минералов входит серпентин-каолинитовая группа глинистых минералов, из которых каолинит является, вероятно, наиболее известным.
  - В каолините пакеты 1 : 1 удерживаются вместе водородными связями, образующимися между ОН-группами верхнего слоя октаэдрической сетки и базальными кислородными атомами вышележащей тетраэдрической сетки.
  - Водородные связи достаточно сильны, чтобы удерживать пакеты 1 : 1 вместе, не позволяя катионам проникать между слоями