

Тема 2. Метеориты



Падение метеорита



Метеоритный дождь



Падение метеорита (рисунок)



Взрыв при падении метеорита (импакт) (рисунок)

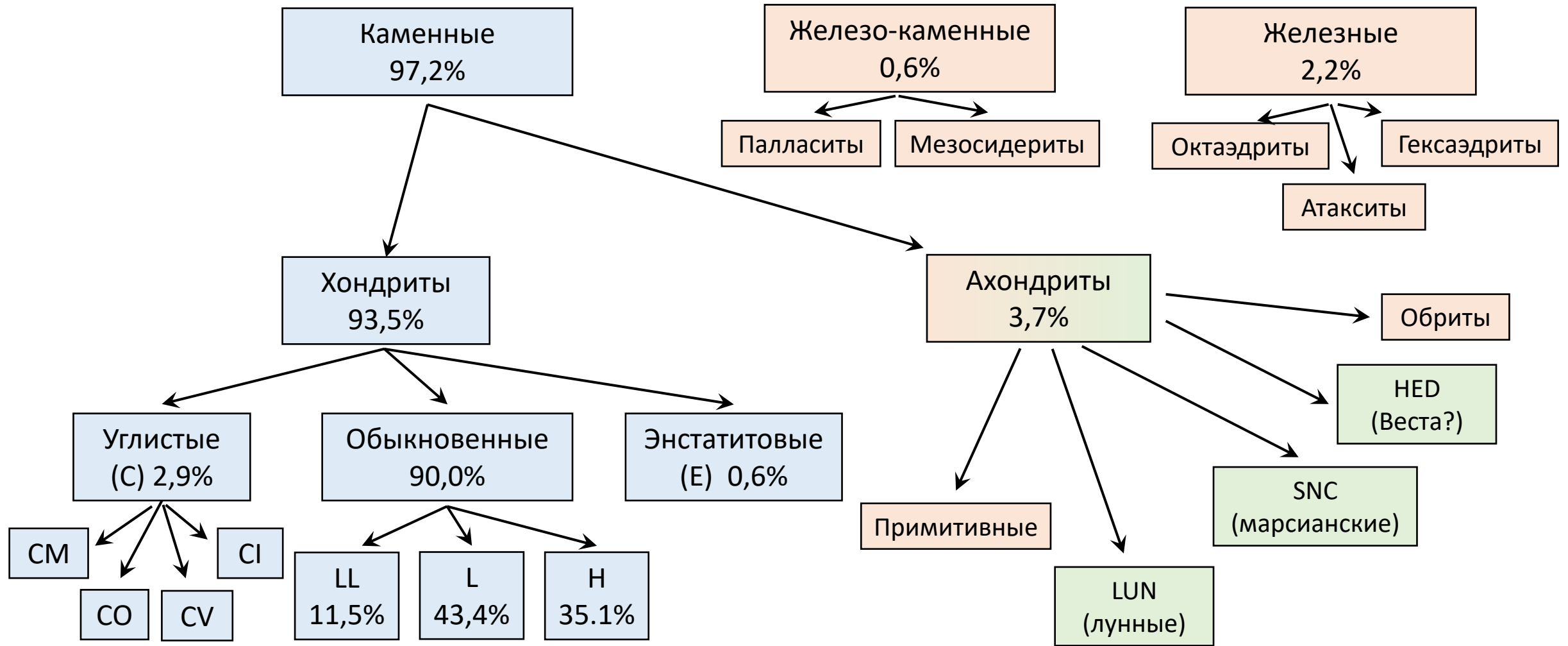


Аризонский метеоритный кратер (аэрофотоснимок).
Диаметр 1219 м, глубина 229 м. Возник около 50 тыс. лет назад после падения метеорита ориентировочным диаметром около 50 м. Мощность взрыва (оценочно) 150 Мт, в 3 раза больше, чем у Тунгусского метеорита.



Углистый хондрит
Алленде (Мексика),
один из найденных
фрагментов.

Традиционная классификация метеоритов





Хондрит
(аншлиф)



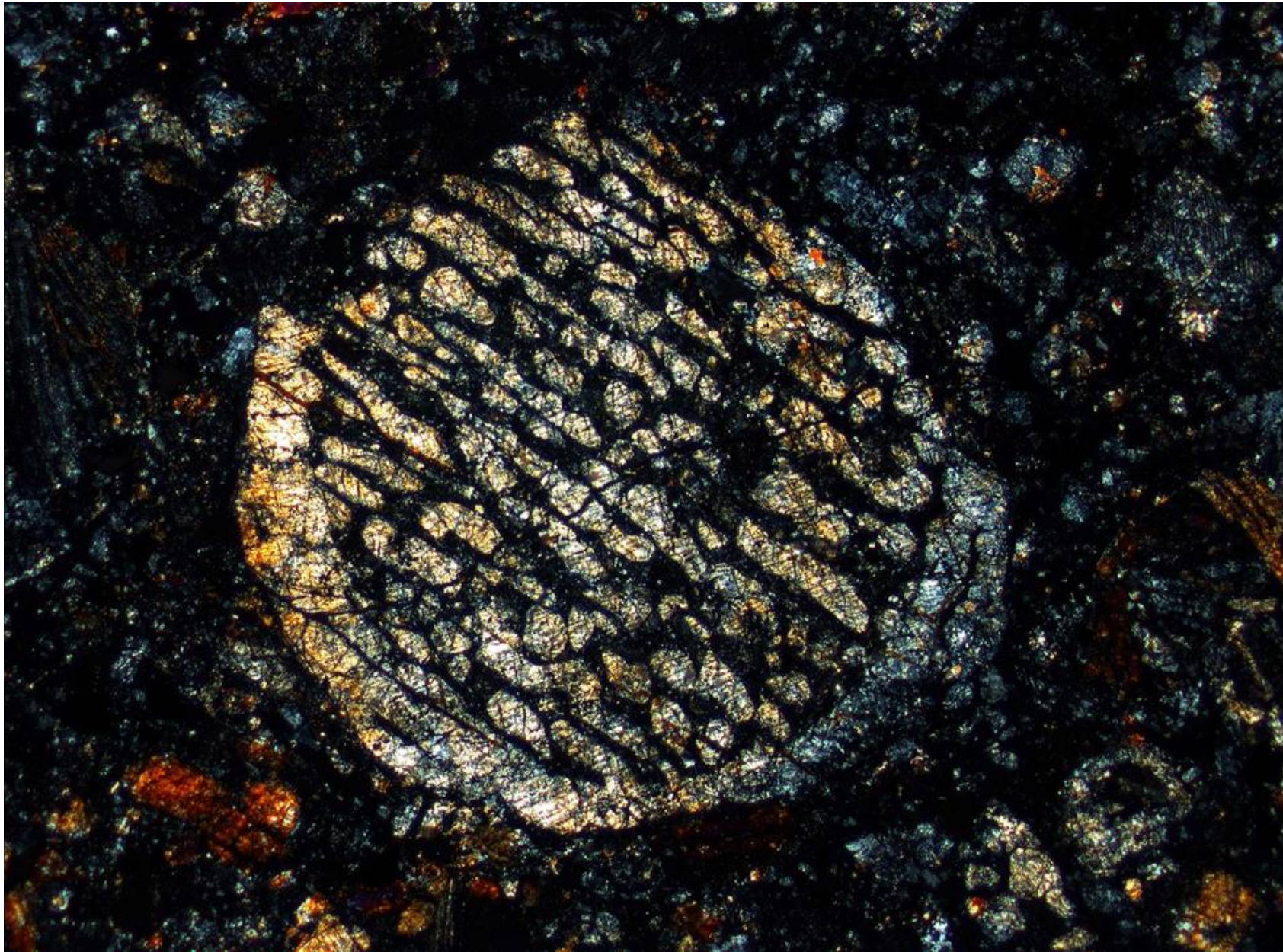
Углистый хондрит
Northwest Africa
7208
(анфлиф)



Хондрит (аншлиф)
Хорошо видны
вкрапления
металлической фазы в
силикатную матрицу.



Хондровая текстура
метеорита
Шлиф, скрещенные
николи.

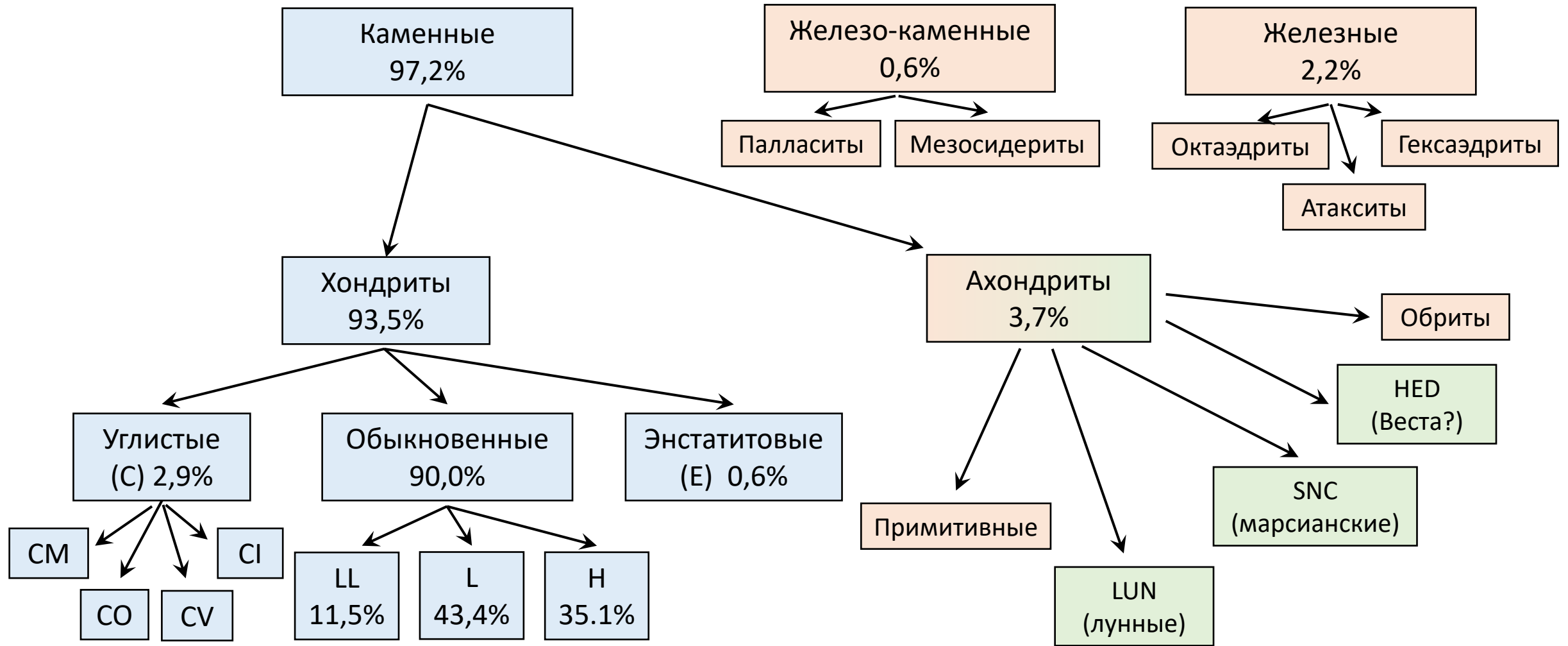


Индивидуальная хондра при большом увеличении.
Пертитовая структура распада.
Шлиф, скрещенные николи.



Метеорит – космогенная
брекчия (срез).

Традиционная классификация метеоритов



Три принципиальные фазы в хондритах:

- каменная 82-85 %
- металлическая 12-15 %
- сульфидная 1-2 %

(в углистых хондритах – углеродистое вещество – в среднем 0,5 %)

Главные минералы:

• Каменная фаза:

- оливин
- пироксены
- плагиоклаз
- акцессорные – шпинель, хромит, магнетит,
- редко – серпентин, хлорит, кальцит (в углистых хондритах)

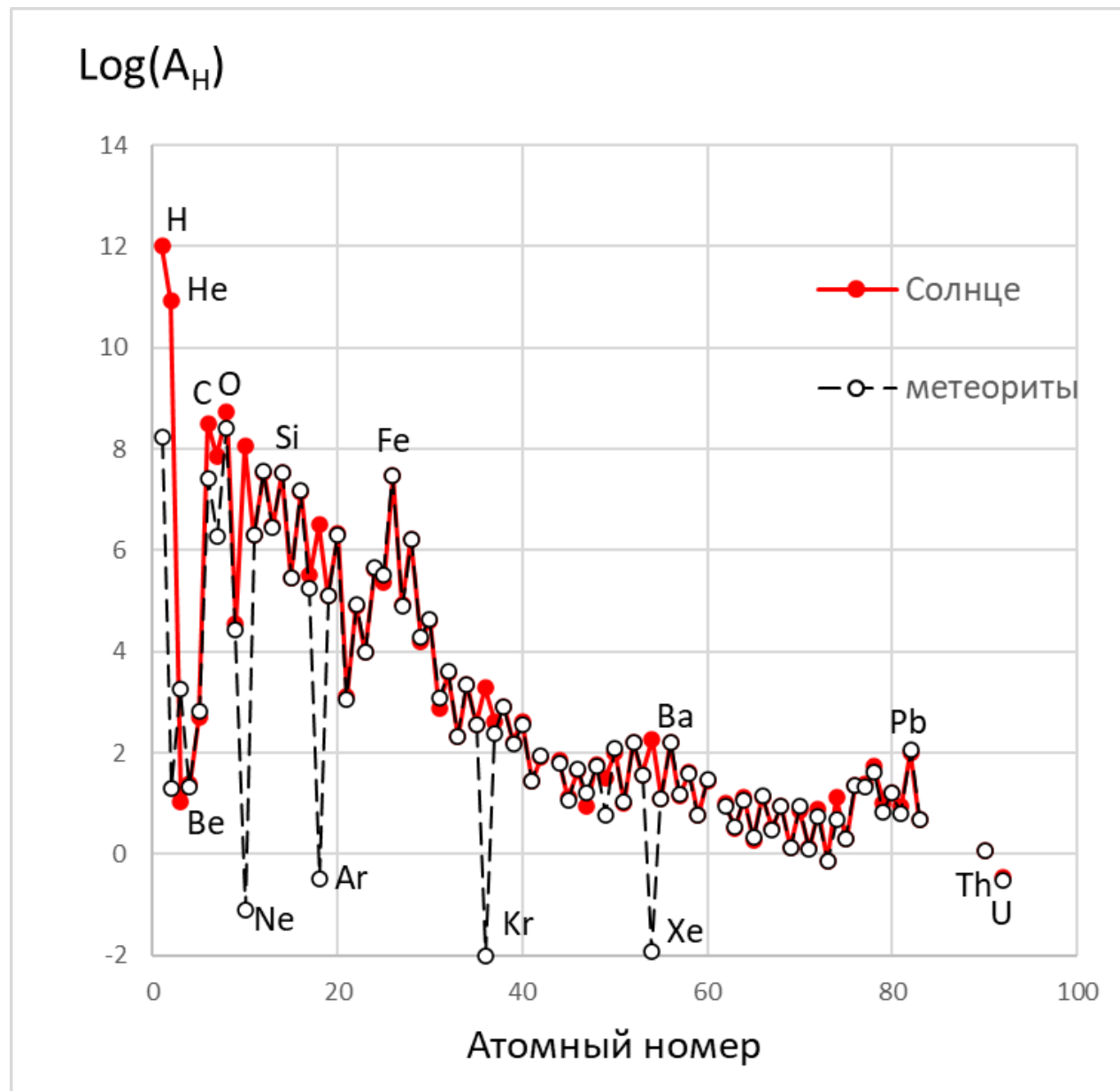
• Металлическая фаза:

- камасит (Fe, Ni<2%)
- тэнит (Fe, Ni>6%)
- акцессорные – шрейберзит (Ni,Fe)₃P
- редко – карбиды, нитриды

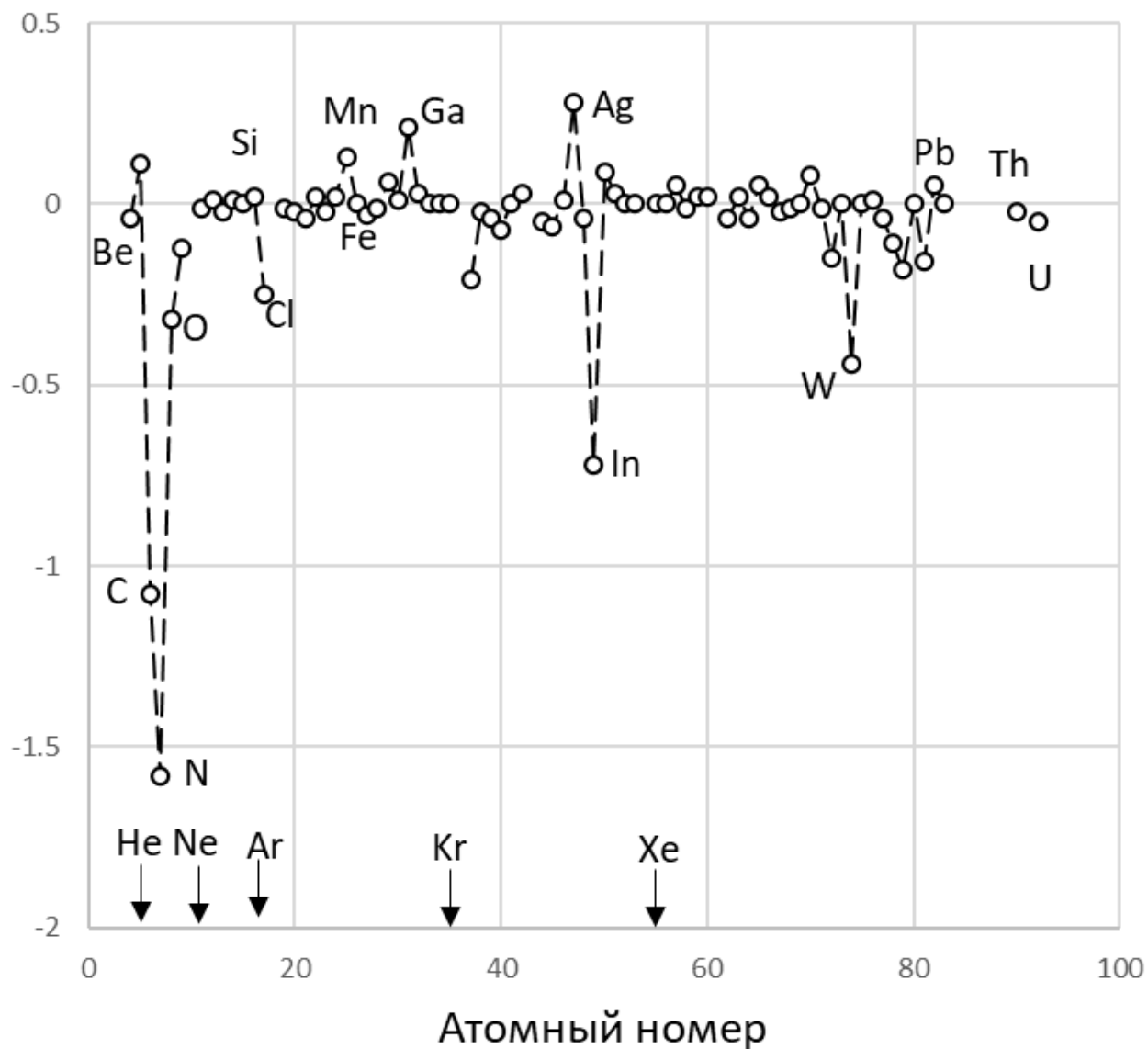
• Сульфидная фаза:

- троилит FeS
- халькопирит
- пентландит (Fe,Ni)₉S₈
- акцессорные – алабандин MnS, ольдгамит CaS,
- редко – сфалерит ZnS, добреелит FeCr₂S₄,

Распространенность элементов в метеоритах - хондритах



Log(M/C) Метеориты относительно Солнца



Распространенность элементов в метеоритах относительно Солнца (перенормировано по Si)

Углистые хондриты и проблема происхождения жизни на Земле

Проблема появления жизни на Земле до настоящего времени не имеет решения. Две развиваемые гипотезы: (1) – зарождение жизни на Земле как результат химической (пред-биотической) эволюции; (2) – занос жизни на Землю извне (гипотеза «панспермии»).

Появление жизни на Земле – очень раннее (хадейское) событие. Уже в детритных цирконах с возрастом 4,1 млрд. лет зафиксирован изотопно-легкий углерод, соответствующий углероду живых организмов.

Находка углистых хондритов, в матрице которых присутствует углеродистое вещество, пытались использовать, как аргумент в пользу гипотезы панспермии. Однако, исследования углеродистого вещества метеоритов не подтвердили эту гипотезу.

Аргументы против идеи заноса жизни на Землю углистыми хондритами

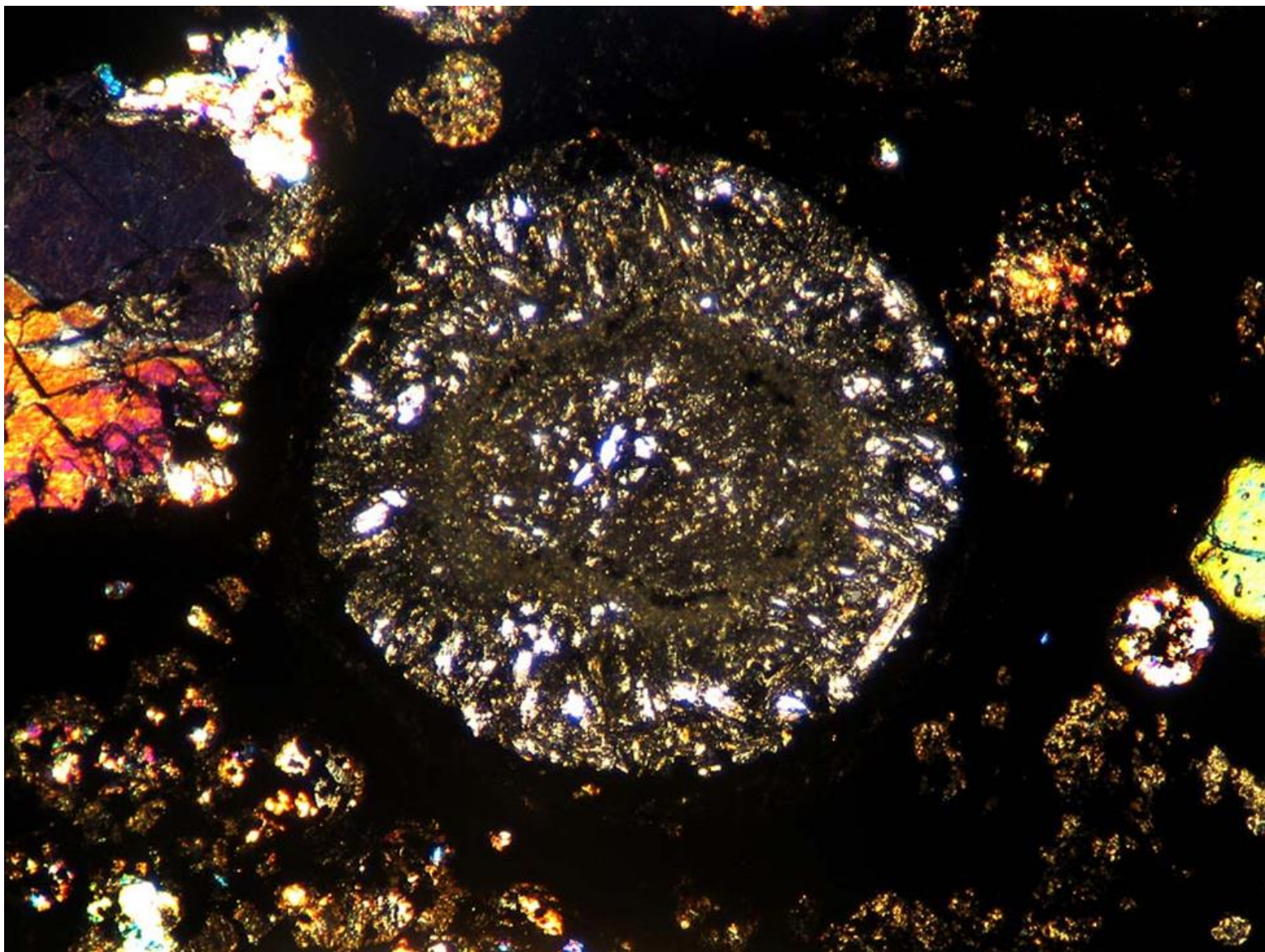
1. Углеродистое вещество в матрице метеоритов – бесструктурное (напоминающее кероген). В нем нет никаких текстурных элементов, которые можно было бы ассоциировать с остатками клеточных форм жизни.
2. По изотопному составу углерод метеоритов не похож на биогенный углерод Земли. Зафиксированные вариации изотопного состава между разными группами органических соединений в метеоритах не имеют аналогии с земными объектами.
3. В метеоритных углеродистых соединениях нет нарушения соотношения стереоизомеров («хиральности», «оптической активности») сложных органических веществ, свойственного органическим соединениям биологического происхождения на Земле.

Таким образом, свойства органического вещества метеоритов отвечают конденсации его из протопланетного облака.

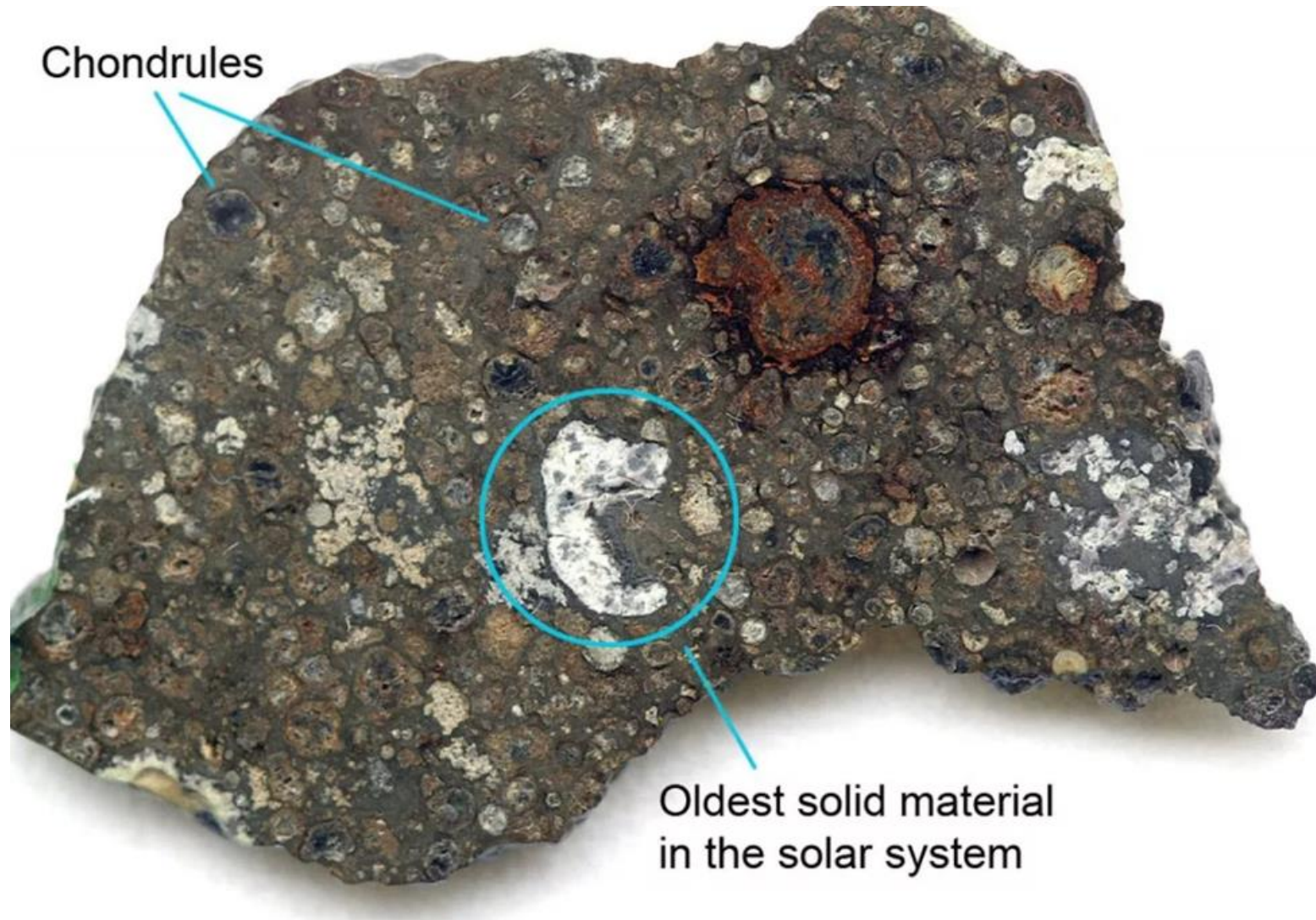
«Белые включения» (CAI) в хондритах и возраст Солнечной системы



Углистый хондрит
Алленде (Мексика),
один из найденных
фрагментов.



«Белое включение» в
метеорите Алленде при
большом увеличении
(шлиф)



«Белое включение» в углистом хондрите Саттер Милл.
Срез, увеличено.

Минералогические и геохимические особенности «белых включений» (CAI)

1. CAI состоят из необычных для метеоритов тугоплавких минералов: шпинели – $MgAl_2O_4$, перовскита – $CaTiO_3$, мелилита – $Ca_2(Al,Mg)((Al,Si)SiO_7)$, хибонита – $CaAl_{12}O_{19}$
2. CAI часто обнаруживают концентрическую зональность.
3. CAI обогащены Al, Ca, Ti, PЗЭ, W, Mo, платиноидами.
4. В CAI обнаружены аномалии изотопного состава:
избытки ^{16}O – «досолнечного компонента»(?),
 ^{26}Mg - продукта распада короткоживущего ^{26}Al ($\tau_{1/2}=0,72$ Ma),
 ^{53}Cr - продукта распада короткоживущего ^{53}Mn ($\tau_{1/2}=3,7$ Ma)
и др.

Минералогические и геохимические особенности «белых включений» (CAI)

1. CAI состоят из необычных для метеоритов тугоплавких минералов: шпинели – $MgAl_2O_4$, перовскита – $CaTiO_3$, мелилита – $Ca_2(Al,Mg)((Al,Si)SiO_7)$, хибонита – $CaAl_{12}O_{19}$

2. CAI часто обнаруживают концентрическую зональность.

3. CAI обогащены Al, Ca, Ti, PЗЭ, W, Mo, платиноидами.

4. В CAI обнаружены аномалии изотопного состава:

избытки ^{16}O – «досолнечного компонента»(?),

^{26}Mg - продукта распада короткоживущего ^{26}Al ($\tau_{1/2}=0,72$ Ma),

^{53}Cr - продукта распада короткоживущего ^{53}Mn ($\tau_{1/2}=3,7$ Ma)

и др.

По метеоритам, содержащим CAI, уточнена хронология событий в начале жизни Солнечной системы:»

- | | |
|---|----------------|
| 1. «Первичное» облако испытало воздействие Сверхновой | 4568 млн. лет |
| 2. Начало кристаллизации CAI | 4567 млн. лет |
| 3. Начало кристаллизации хондр углистых хондритов | 4566 млн. лет |
| 4. Разделение метеоритного вещества на каменную и железную компоненты в Солнечной системе. Начало роста планетных тел | ~4560 млн. лет |
| 5. Завершение основной стадии роста Земли | ~4490 млн. лет |
| ~~~~~ | |
| 6. Самые древние цирконы пород Луны | 4460 млн. лет |
| 7. Самые древние «детритные» цирконы зап. Австралии | 4350 млн. лет |
| 8. Самый древний метаморфический комплекс Акаста (Канада) | 4050 млн. лет |

