

Тема 2. Космическая распространенность элементов

“Космическая распространенность” элементов =
= средний состав Солнечной системы

Спектроскопия Солнца

Интенсивность спектральных линий:

$$I = KN e^{-\frac{E_n}{RT}} h\nu \quad \Rightarrow \quad I = K' K_e N,$$

где K' – коэффициент, зависящий от условий съемки и температуры плазмы,
 K_e – коэффициент, зависящий от свойств элемента,
 N – концентрация (атомная) элемента в солнечной плазме.

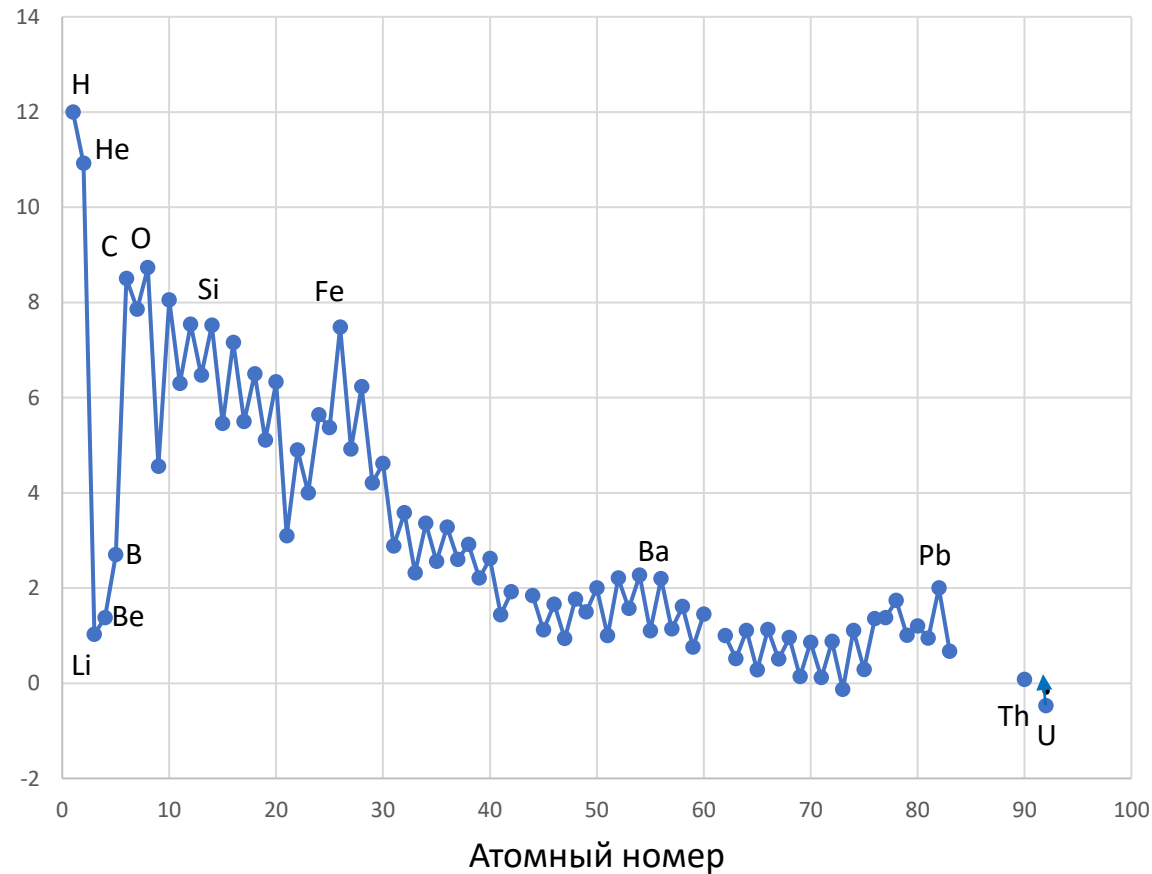
Следствие:
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{K_{e1}}{K_{e2}} \times \frac{N_{e1}}{N_{e2}}$$

В качестве «референсного» элемента e_2 использовались Mg, Si, H.

Дополнительно, для оценки распространенности ультра-микроэлементов и соотношений изотопов нелетучих элементов используются данные по метеоритам – хондритам.

“Космическая распространенность” элементов

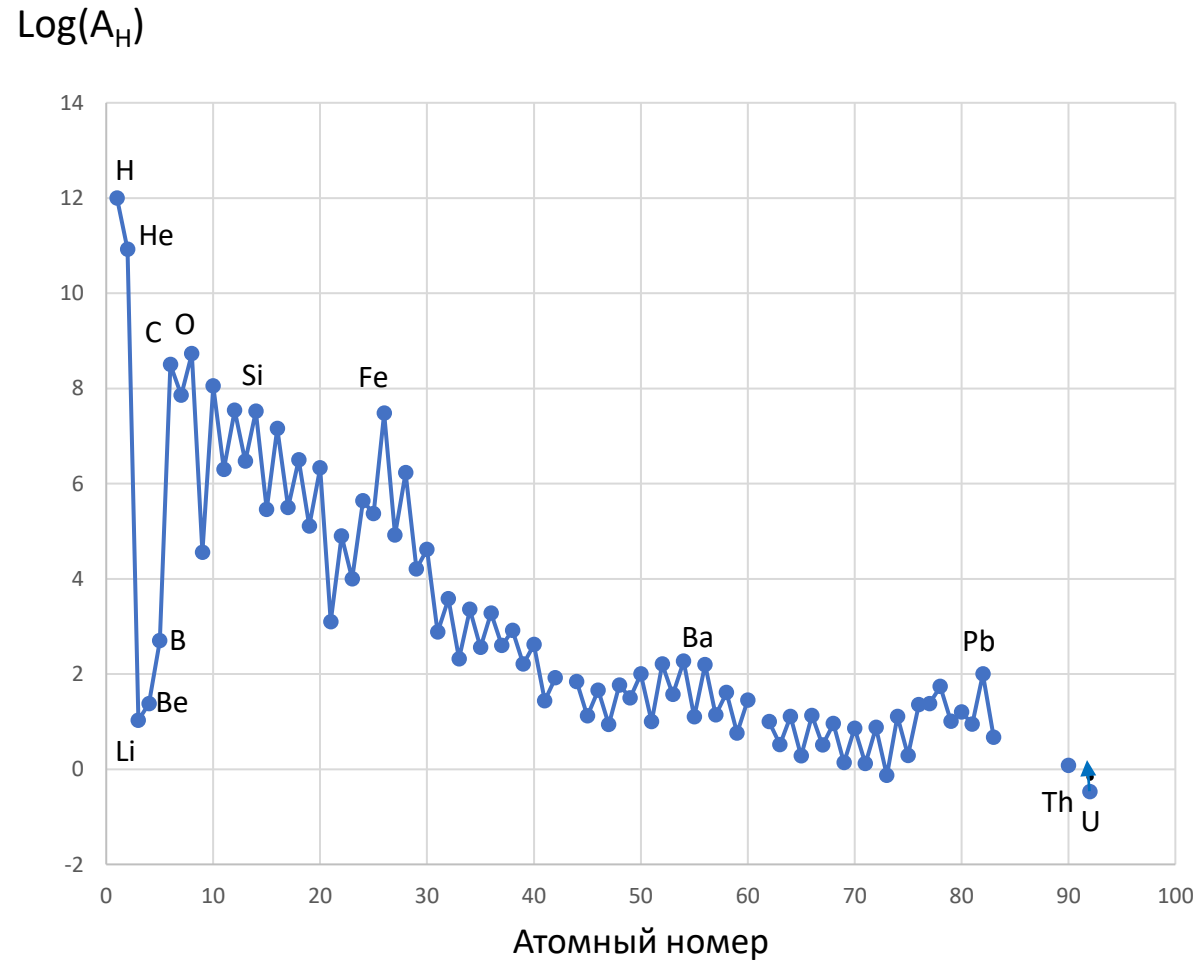
$\text{Log}(A_H)$



A_H – атомные распространенности на 10^{12} атомов водорода.

(По данным Palme et al., 2013)

“Космическая распространенность” элементов

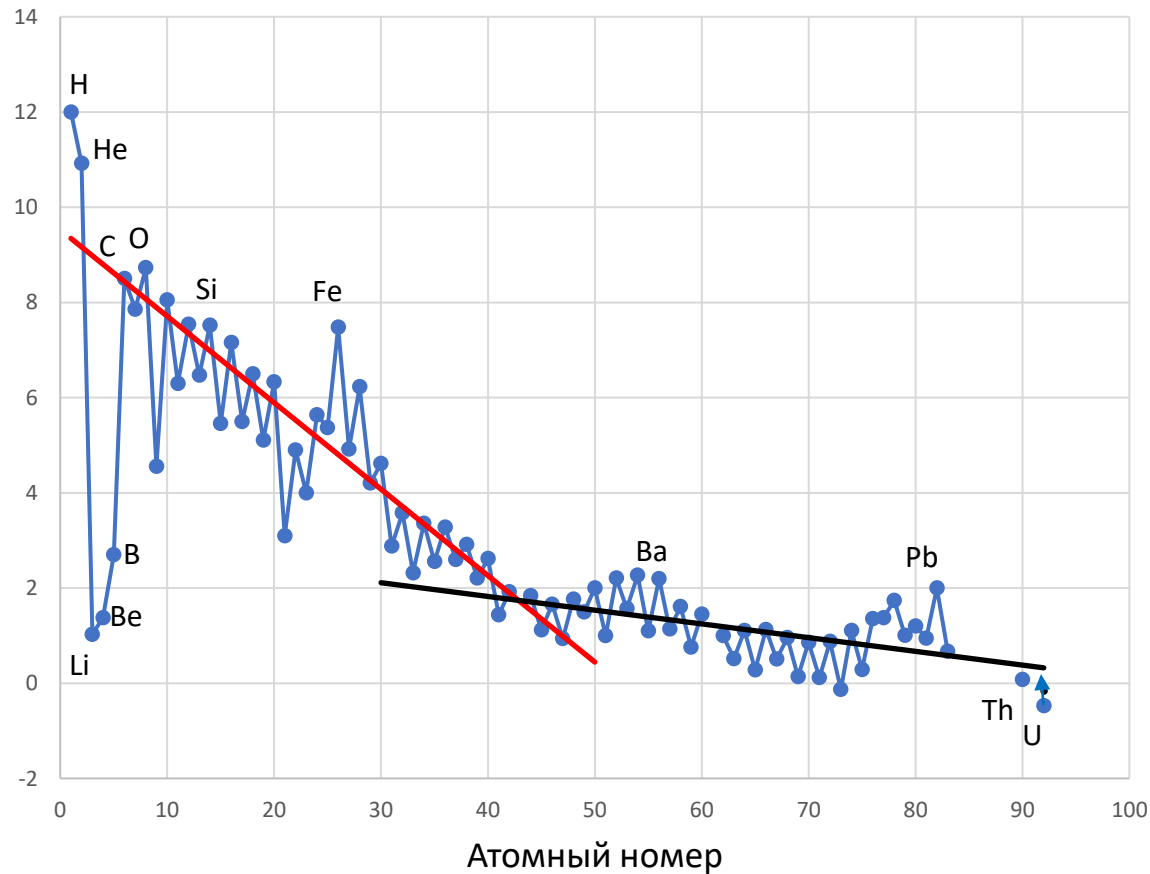


1 закономерность:

“Космическая распространенность” элементов убывает с увеличением атомного номера.

“Космическая распространенность” элементов

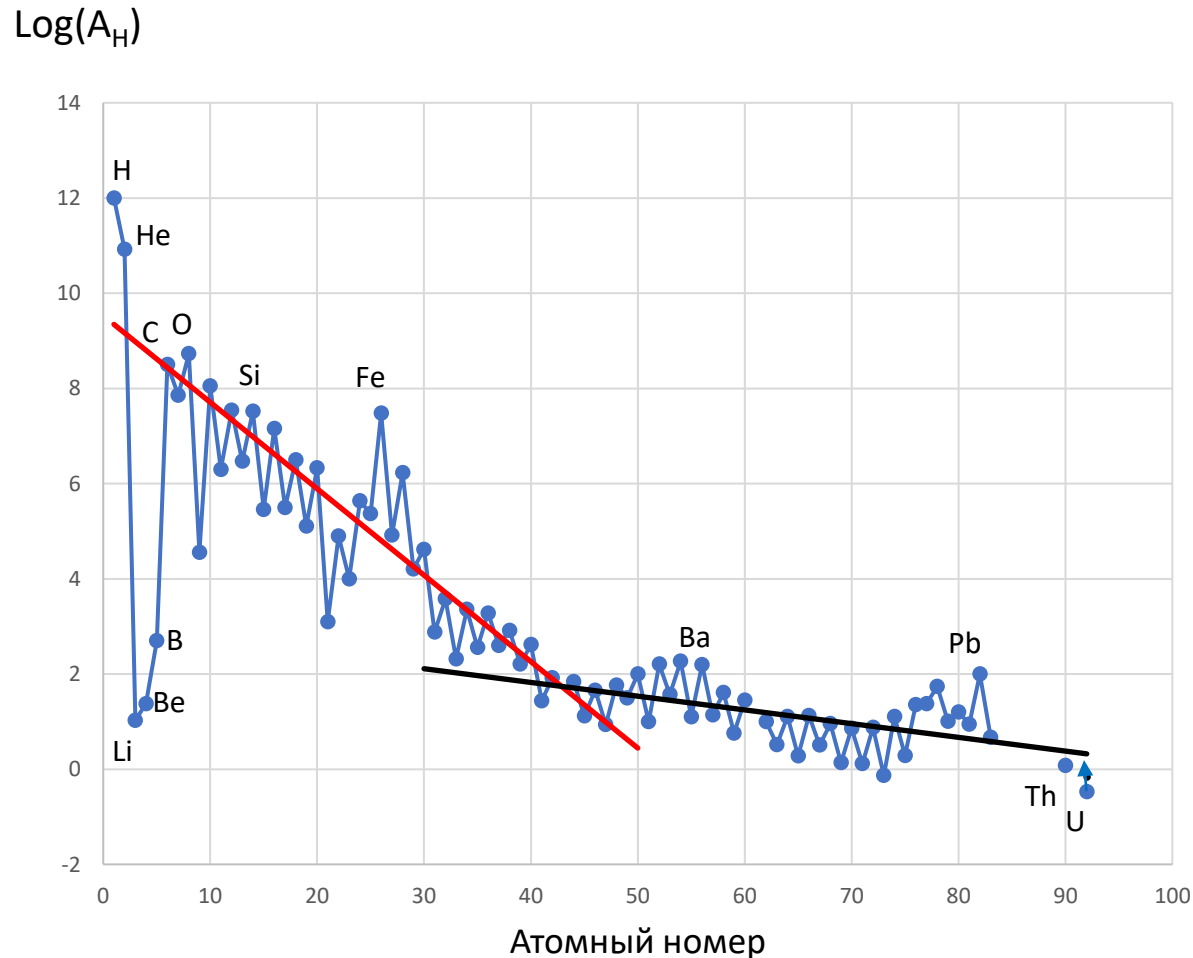
$\text{Log}(A_H)$



2 закономерность:

Выделяются две ветви:
крутая для легких
элементов (до $N \sim 40$) и
пологая для тяжелых
элементов.

“Космическая распространенность” элементов



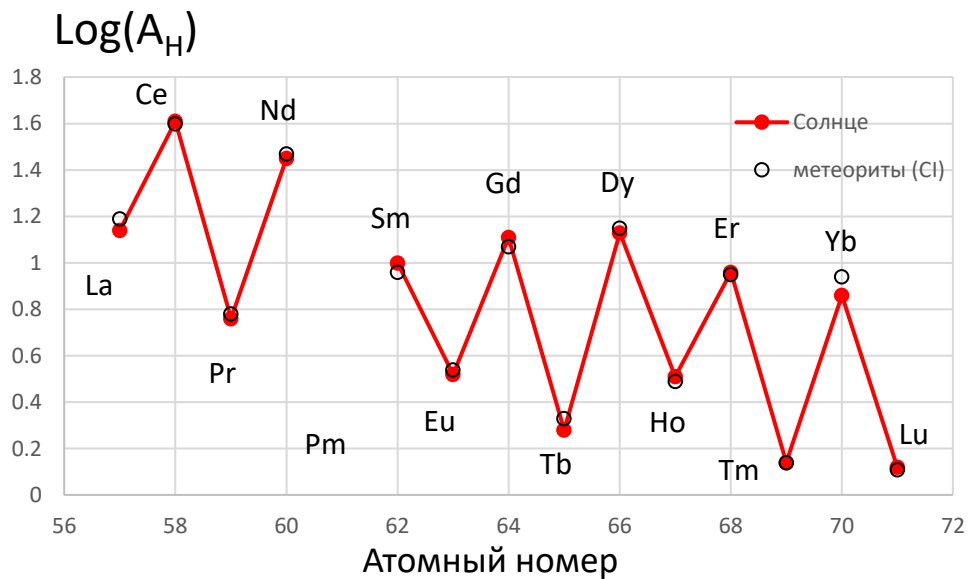
3 закономерность:

(зубчатый характер
графика)

Правило Оддо-Харкинса:

Распространенность
четных элементов
больше, чем их нечетных
соседей.

“Космическая распространённость” элементов

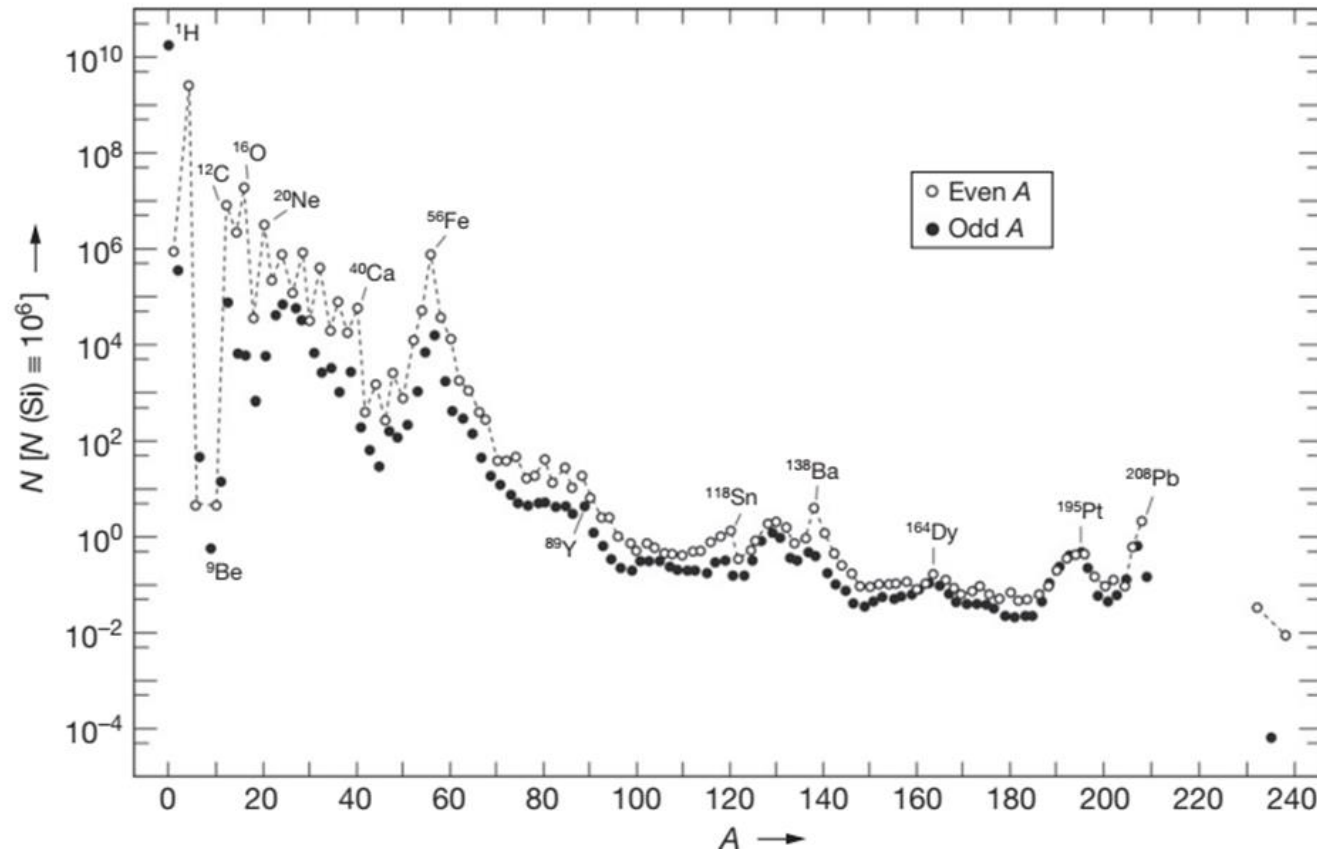


Правило Оддо-Харкинса на примере распространённости редкоземельных элементов (РЗЭ).

Для сравнения приведена распространённость РЗЭ в метеоритах (перенормированная по Si)

(По данным Palme et al., 2013)

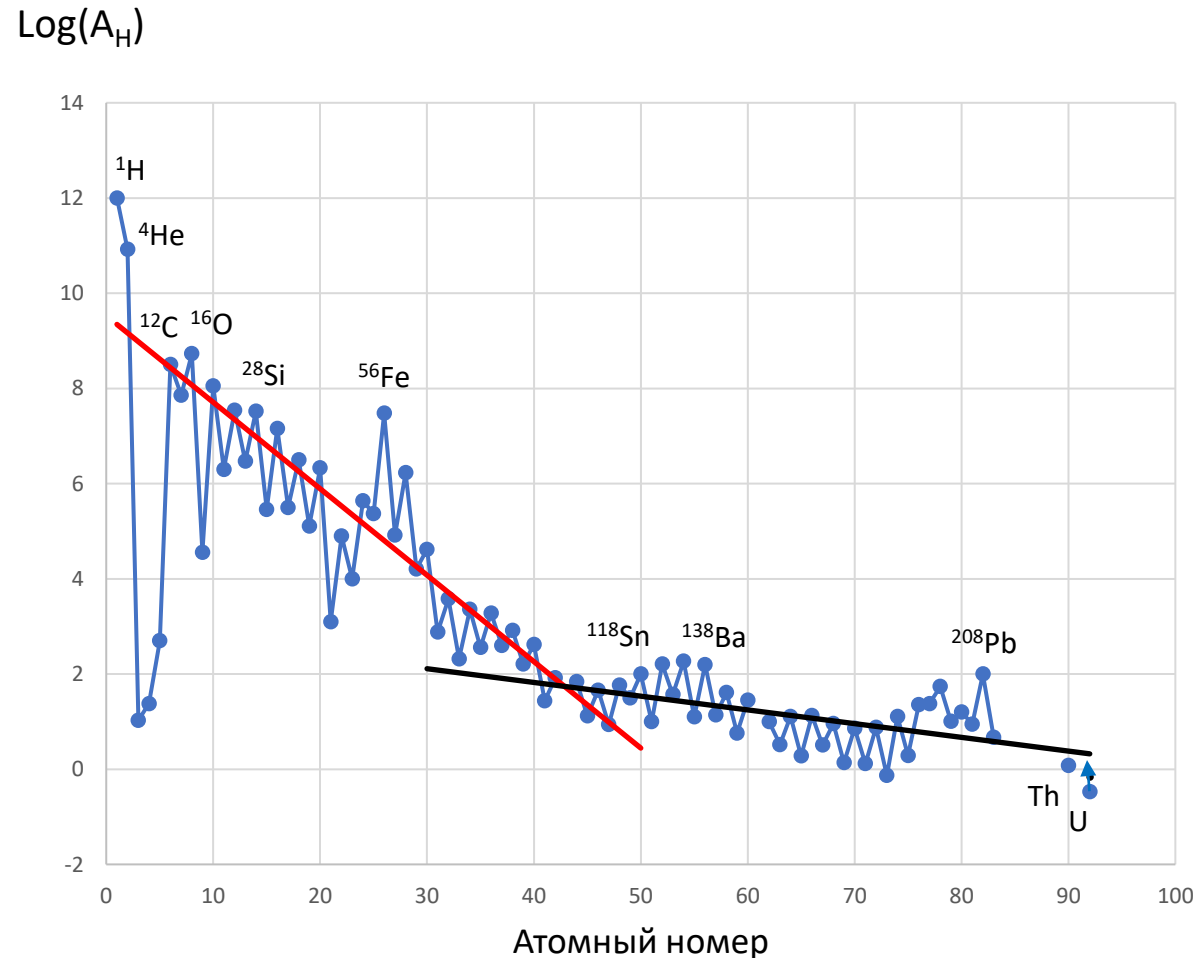
“Космическая распространенность” элементов



Правило Оддо-Харкинса
применительно к
изотопам элементов.

Нормировано на 10^6 атомов Si.
(Palme et al., 2013)

“Космическая распространенность” элементов



4 закономерность:

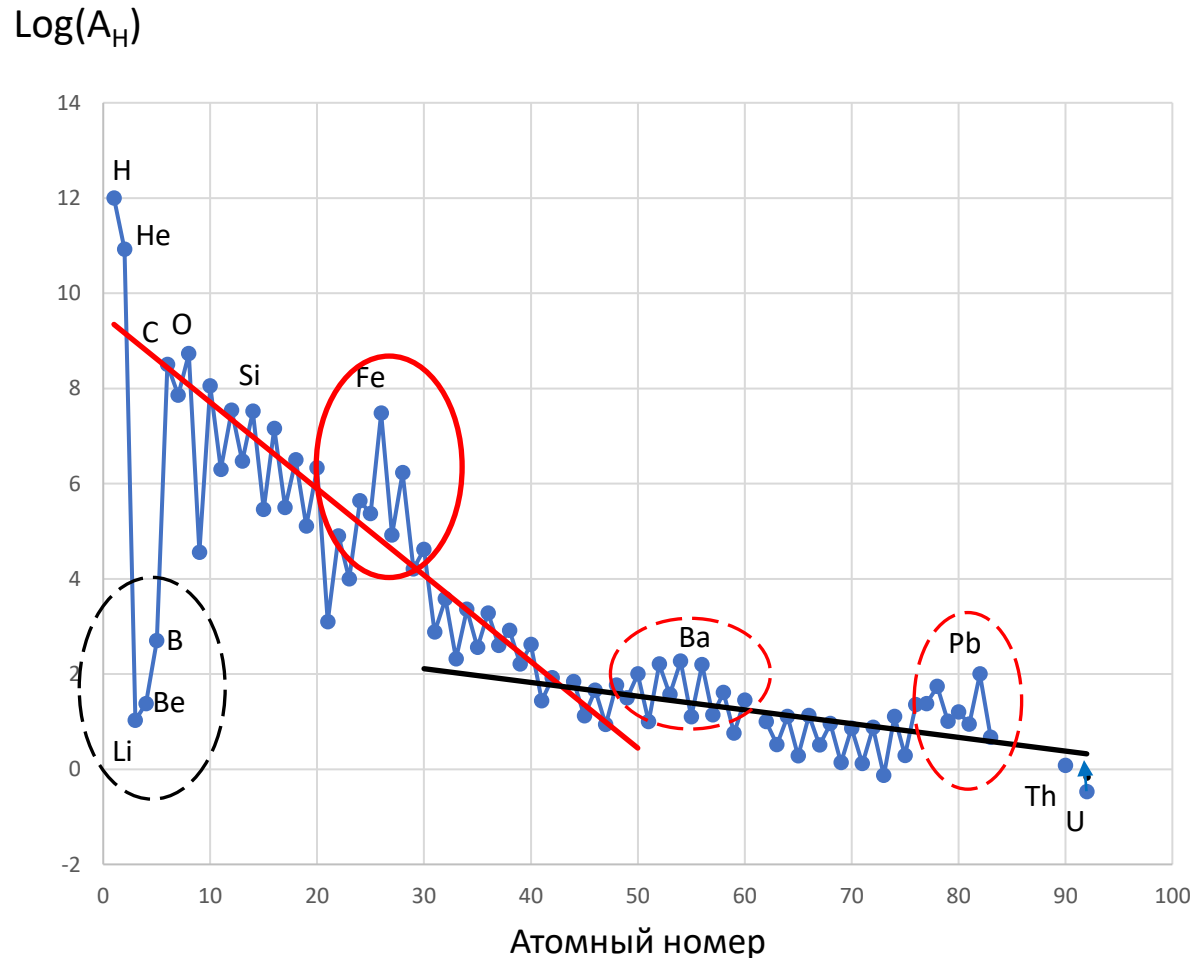
Преобладание изотопов с массами, кратными 4 (правило “4q” Ферсмана)

В Солнечной системе преобладают изотопы с массами, кратными 4 – четным числом протонов и четным числом нейтронов (исключение – ^1_1H):

^4_2He , $^{12}_6\text{C}$, $^{16}_8\text{O}$, $^{20}_{10}\text{Ne}$, $^{24}_{12}\text{Mg}$, $^{28}_{14}\text{Si}$, $^{32}_{16}\text{S}$, $^{40}_{20}\text{Ca}$, $^{56}_{26}\text{Fe}$.

(Правило перестает работать для тяжелых элементов)

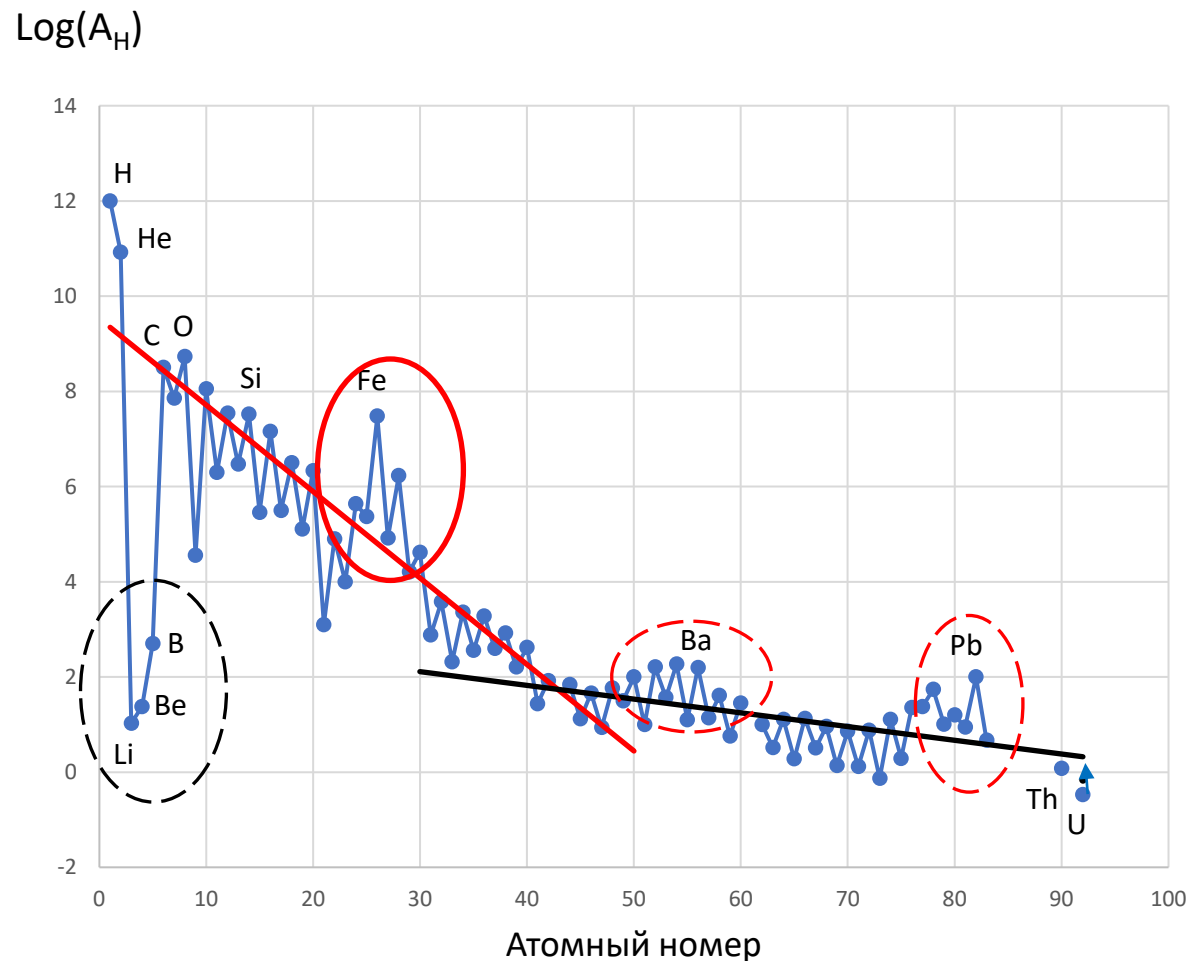
“Космическая распространенность” элементов



Локальные особенности:

1. Максимум в области Fe.
2. Дефицитные легкие элементы Li, Be, B.
3. Слабо выраженные максимумы в области ^{138}Ba и ^{208}Pb .

“Космическая распространенность” элементов

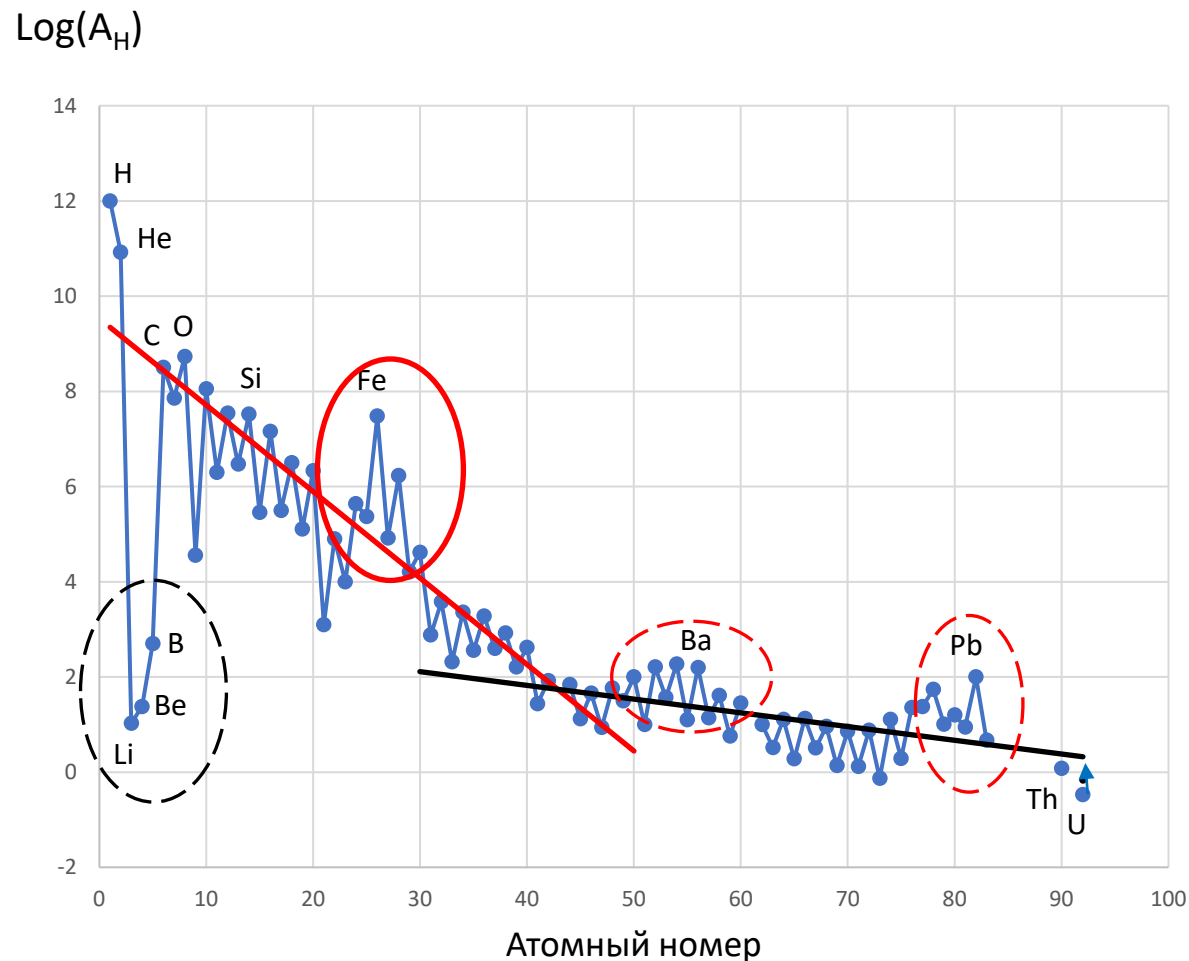


Глобальный характер закономерностей «космической распространенности» элементов и изотопов указывает на общий источник вещества Солнечной системы.

Следствия:

1. Закономерности «космической распространенности» несут в себе отпечаток процессов образования вещества Солнечной системы.
2. Отклонения от «космической распространенности» («первичного состава») используются для расшифровки геологических процессов дифференциации вещества.
3. Отклонения от «космической распространенности» могут быть использованы для поиска вне-Солнечного вещества.

“Космическая распространенность” элементов

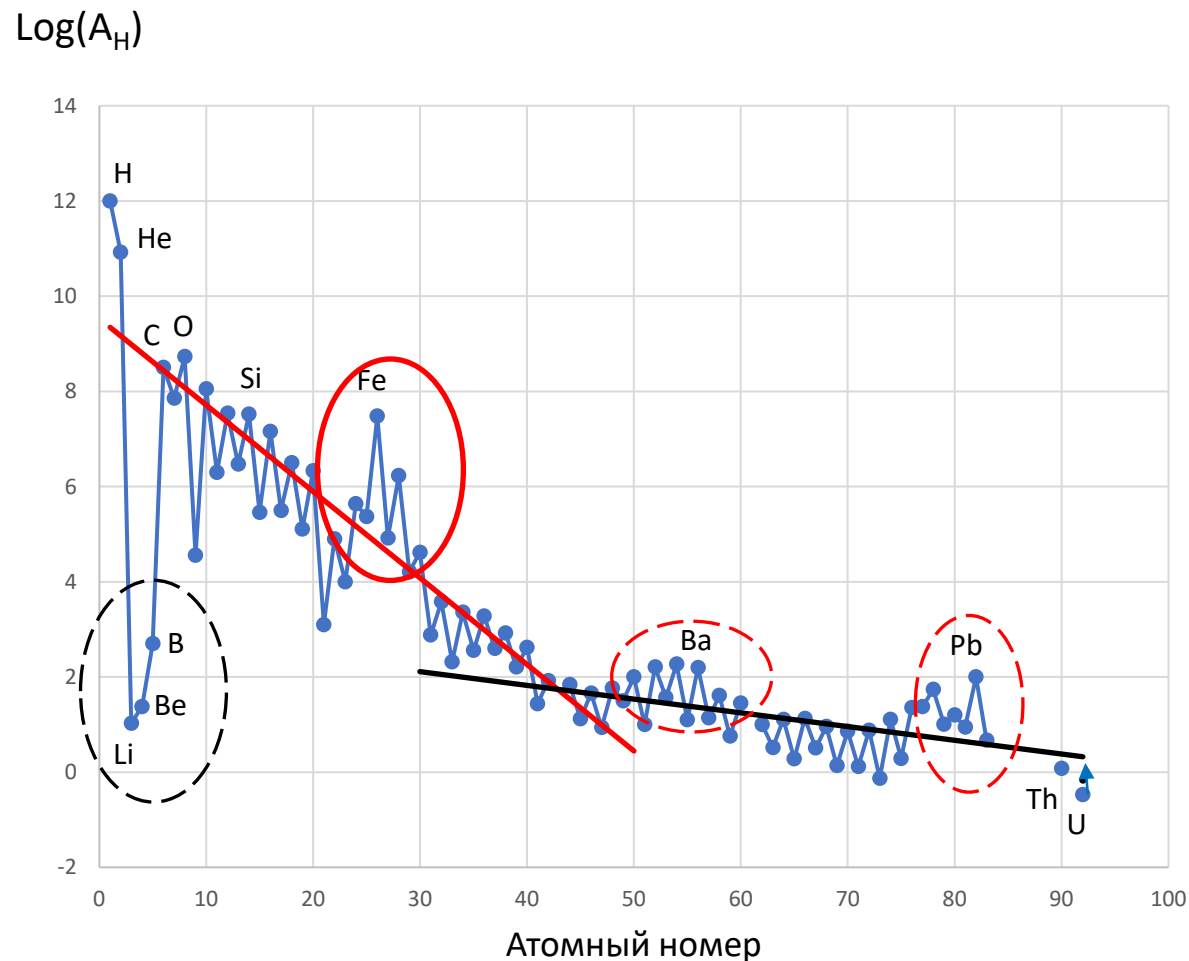


Глобальный характер закономерностей «космической распространенности» элементов и изотопов указывает на общий источник вещества Солнечной системы.

Следствия:

1. Закономерности «космической распространенности» несут в себе отпечаток процессов образования вещества Солнечной системы.
2. Отклонения от «космической распространенности» («первичного состава») используются для расшифровки геологических процессов дифференциации вещества.
3. Отклонения от «космической распространенности» могут быть использованы для поиска вне-Солнечного вещества.

“Космическая распространенность” элементов

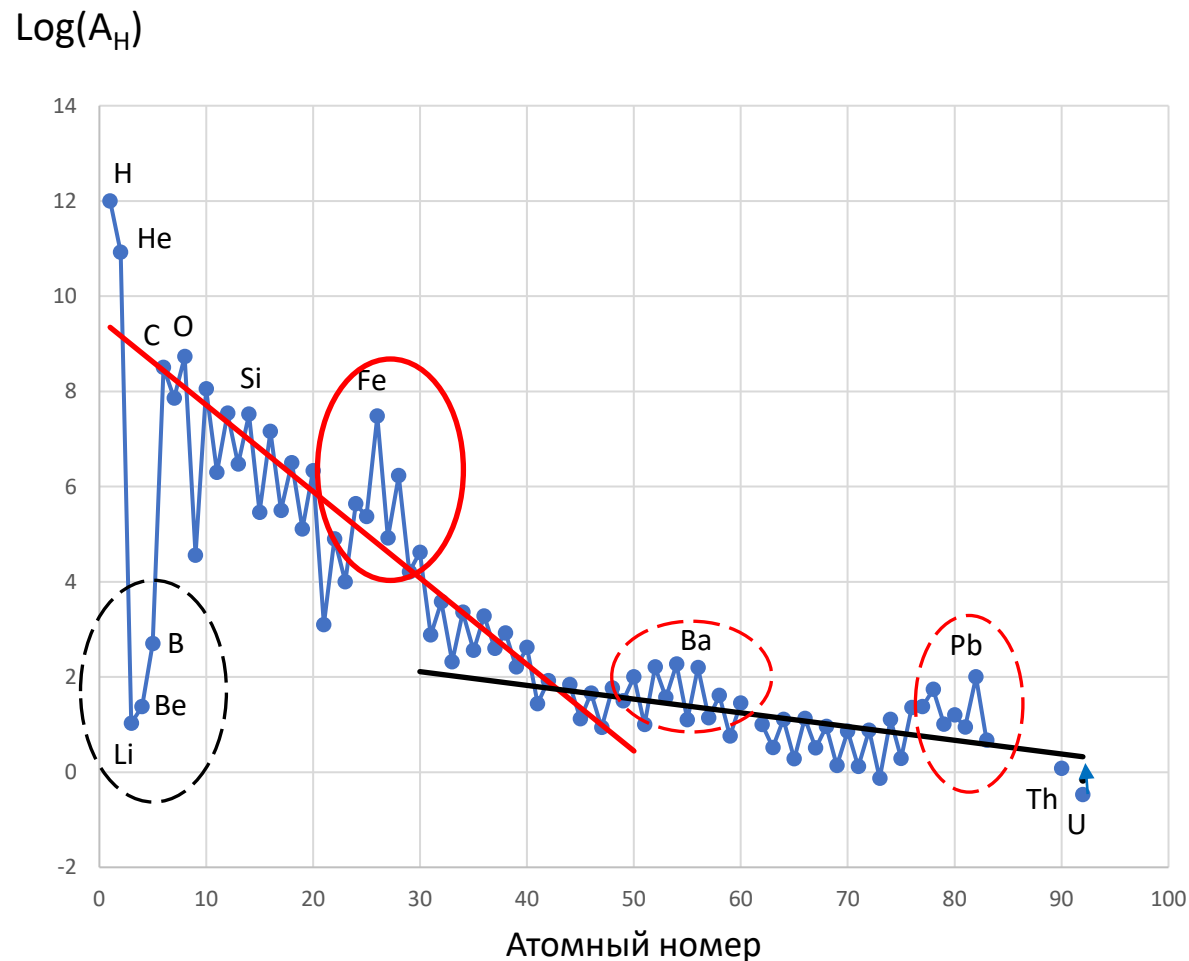


Глобальный характер закономерностей «космической распространенности» элементов и изотопов указывает на общий источник вещества Солнечной системы.

Следствия:

1. Закономерности «космической распространенности» несут в себе отпечаток процессов образования вещества Солнечной системы.
2. Отклонения от «космической распространенности» («первичного состава») используются для расшифровки геологических процессов дифференциации вещества.
3. Отклонения от «космической распространенности» могут быть использованы для поиска вне-Солнечного вещества.

“Космическая распространенность” элементов



Глобальный характер закономерностей «космической распространенности» элементов и изотопов указывает на общий источник вещества Солнечной системы.

Следствия:

1. Закономерности «космической распространенности» несут в себе отпечаток процессов образования вещества Солнечной системы.
2. Отклонения от «космической распространенности» («первичного состава») используются для расшифровки геологических процессов дифференциации вещества.
3. Отклонения от «космической распространенности» могут быть использованы для поиска вне-Солнечного вещества.

