

ГЕОХИМИЯ

Проф. Н.К. Чертко

Связь кларка с геохимией и миграцией элементов

Среднее содержание химического элемента в земной коре по предложению А. Е. Ферсмана назван **кларком** честь американского геохимика Ф. Кларка, который впервые рассчитал средние величины основных элементов для пород земной коры. Для региона используется **региональный кларк** или **фон**.

-Существует тенденция к уменьшению содержания элементов при увеличении их порядкового номера в Периодической системе, т. е. повышением массы атома.

-Четные элементы имеют более высокие кларки, чем нечетные, так как их ядра более устойчивы. Энергетически более выгодно в природе образование элементов, которые находятся в середине Периодической системы.

Кларк и мигр. элем. 1

- **Величина кларка определяет геохимию элемента в земной коре по закону Гольдшмидта и связана с его химическими свойствами. Например, элементы с одинаковыми кларками ведут себя по-разному (Ga, Ni, Co, Sn, U), а с разными имеют сходство (S и Se, Cu и Sr). В природе химические элементы вступают во взаимодействие не пропорционально их массам, а в соответствии с количеством их атомов. Поэтому различают массовые и атомные кларки (см. ниже табл.).**

Атомные и массовые кларки

Легкие элементы			Тяжелые элементы		
Элемент	Массовый кларк	Атомный кларк	Элемент	Массовый кларк	Атомный кларк
O	47	58	U	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Li	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	Au	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$
Be	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	Ra	$2 \cdot 10^{-10}$	$9 \cdot 10^{-12}$

Кларк и миграция элементов 2

- В земной коре преобладают легкие элементы до железа включительно.
- Доминируют элементы с четными номерами по атомной массе (86,43 %) как наиболее устойчивые, и очень мало их с нечетными номерами (13,53 %).
- Особенно большие кларки имеют те элементы, атомная масса которых делится на четыре, например, O, Mg, S, Ca и т. д.
- Среди атомов одного и того же элемента преобладают изотопы с массовым числом, кратным четырем, например: ^{16}O – 99,76 %; ^{17}O – 0,04; ^{18}O – 0,2; ^{32}S – 95,01; ^{33}S – 0,75; ^{34}S – 4,22; ^{36}S – 0,02 %.
- Элементы с четными порядковыми номерами имеют большее число изотопов, чем с нечетными: № 50 Sn – 10 изотопов; № 9 F – 1 изотоп.

Кларк и миграция элементов 3

- Среди четных элементов, начиная с № 2 – He, наибольшим кларком обладает каждый шестой: № 8 – O; № 14 – Si; № 20 – Ca; № 26 – Fe; № 32 – Ge; № 38 – Sr и т.д.
- Аналогичное правило среди нечетных элементов, начиная с № 1 – H: № 7 – N; № 13 – Al; № 19 – K; № 25 – Mg; № 31 – Ga и т. д.
- Редкие элементы мигрируют интенсивнее, чем близкие им по химическим свойствам более распространенные. Поэтому редкие анионы (CrO_4^{2-} , SeO_4^{2-}) соединяются с распространенными катионами (Ca, Mg, Fe) и наоборот.

Кларк и миграция элементов 4

- Ведущие элементы определяют геохимические особенности системы и выступают в роли **типоморфных элементов или геохимических диктаторов**. Примером может служить водород. При высоком его содержании в растворе среда имеет кислую реакцию, которая разрушает минеральные соединения и переводит их в миграционную форму.
- Кларк влияет на способность элементов образовывать минералы. *Число минеральных видов элемента уменьшается с уменьшением его кларка*. Например, при величине кларка от 1 до 10 % элемент может образовывать до 239 соединений, при кларке 10^{-5} – 10^{-6} % – всего до 23 минеральных видов. С уменьшением кларков отсутствуют условия для концентрации элементов, труднее достигаются произведение растворимости и выпадение самостоятельной фазы из расплава.

Кларк и миграция элементов 5

- Почти половина твердой земной коры состоит из одного химического элемента – **O**. Второе место по кларку занимает **Si**, третье – **Al**. В сумме они составляют **84,55 вес. % земной коры**. Если к ним прибавить кларк Fe, Ca, K, Mg и Ti, то на долю восьми химических элементов приходится **99,48 вес. %**.
- Остальные 80 элементов занимают **0,52 вес. % земной коры**. Кларки большинства из них не превышают **0,01–0,0001 %**, поэтому они называются **редкими**. Если они не концентрируются в земной коре, их называют **редкими рассеянными** (индий, гафний, рений и др.).

Кларк и миграция элементов 6

- В современных научных исследованиях кларк используется для **классификации** химических элементов и для **оценки** их концентрации или рассеяния (экологический аспект).
- В геологических науках по величине кларка химические элементы делят на **основные, редкие** и **рассеянные**. К основным элементам относят те из них, кларк которых выше **0,01 %** (O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Ti, H, C, Cl, S, P), к редким с кларком **0,01–0,00001 %** (B, Mn, Cu, Co, Zn, Ni, Zr), к **рассеянными с кларком менее 0,00001 %** (Ga, Ge, As, Sc, Br, Rb и др.).
- В биологических науках соответственно выделяют **макро-, микро- и ультрамикроэлементы**.