



Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. Е. Ферсманъ, Минералогическія замѣтки. IV. Количественный составъ земной коры въ процентахъ числа атомовъ,
Извѣстія Императорской Академіи Наукъ. VI серія,
1912, том 6, выпуск 4, 367–372

<https://www.mathnet.ru/im6751>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.170

20 мая 2025 г., 03:27:53



Минералогическія замѣтки¹⁾.

IV. Количественный составъ земной коры въ процентахъ числа атомовъ.

А. Е. Ферсмана.

(Представлено въ засѣданіи Физико-Математическаго Отдѣленія 18 января 1912 г.).

Несомнѣнно, что попытка Clarke и Vogt'a²⁾ выяснитъ количественный составъ земной коры является однимъ изъ тѣхъ исключительно интересныхъ обобщеній, которыя намъ дала химія земной оболочки за послѣднія 15—20 лѣтъ. Несмотря на то, что въ таблицу распространенія элементовъ, данную названными изслѣдователями, за послѣдніе годы вносятся все новыя и новыя поправки³⁾, тѣмъ не менѣе для нѣкоторыхъ простыхъ тѣлъ цифры остаются весьма проблематичными и нуждаются въ дальнѣйшей переработкѣ. Мнѣ кажется, однако, что въ общемъ *порядокъ* слѣдованія элементовъ врядъ-ли испытаетъ въ дальнѣйшемъ крупныя измѣненія, и что въ настоящемъ своемъ видѣ эта табличка даетъ уже возможность судить объ

1) См. А. Ферсманъ. Изв. Акад. Наукъ, С.-Пб. 1910, 465 и 733; *ibidem* 1911, 539.

2) W. Clarke. Philos. Soc. Wash. 1889. II. Bull. Geol. Survey, W. 1891. № 78. 34; 1897. № 148, 13. J. Vogt. Zeit. f. prakt. Geol. 1898. 225, 314, 377, 413; 1899. 10, 274; 1906. 223. В. Вернадскій. Опыт опис. минер. С.-Пб. 1908. I (1). 121—125 (съ литературой). В. Вернадскій. Минералогія. Москва. 1910. I. 9—14. А. Ферсманъ. «Русская Мысль», М. 1912, февраль.

3) См. В. Вернадскій. I. с. 1908. Daly. Bull. U. S. Geol. Survey. 1903. № 110. 209. W. Askroyd. Chem. News. L. 1902. LXXXVI. 187. Повидимому, необходимо внести еще поправки въ цифры Zr, V и особенно Mg, количество котораго, несомнѣнно, больше обычно даваемой цифры. О послѣднемъ элементѣ см. А. Ферсманъ. Изслѣд. въ области магн. силик. Записки Акад. Наукъ. С.-Пб. 1912 (въ печати).

относительной роли отдѣльныхъ элементовъ въ реакціяхъ поверхностныхъ частей земной коры.

Химическая роль каждаго элемента въ природныхъ процессахъ находится въ зависимости отъ цѣлаго ряда факторовъ: отъ термодинамическаго режима, при которомъ протекаетъ процессъ, отъ химической природы окружающей среды, отъ индивидуальныхъ химическихъ свойствъ даннаго элемента и отъ относительнаго его количества. Среди реакцій земной коры, гдѣ преобладаютъ процессы обратимаго характера, этотъ послѣдній факторъ согласно закону массъ играетъ очень большую роль. Поэтому неудивительно, что учетъ относительнаго количества элементовъ, хотя бы и въ такой общей формѣ, какъ онъ данъ у Clarke и Vogt'a, является весьма важнымъ для правильнаго пониманія природныхъ процессовъ.

Табличка, данная этими двумя изслѣдователями, даетъ общій составъ земной коры въ вѣсовыхъ процентахъ; но она не можетъ дать намъ ясныхъ представлений о химической роли каждаго элемента уже потому, что мы привыкли выражать природныя реакціи опредѣленными химическими формулами и уравненіями, въ которыя входятъ не вѣсовыя количества, а число атомовъ (молекулъ) каждаго элементарнаго тѣла. Для того, чтобы ясно представить относительную химическую роль каждаго элемента въ отдѣльности, необходимо перечислить вѣсовыя количества на *число атомовъ*, что и было мною сдѣлано въ нижеслѣдующихъ табличкахъ¹⁾.

За основу для перечисленія я взялъ числа, нѣсколько измѣненныя и дополненныя В. И. Вернадскимъ²⁾; при этомъ всюду, гдѣ стоялъ лишь порядокъ числа, я ставилъ условно цифру 5.

При перечисленіи элементы съ малымъ атомнымъ вѣсомъ заняли въ новой табличкѣ болѣе высокое мѣсто, тогда какъ тяжелые элементы понизились. Въ общемъ это измѣненіе и перечисленіе, хотя и внесло совершенно новый принципъ порядка, тѣмъ не менѣе не особенно глубоко нарушило самый порядокъ: въ большинствѣ случаевъ измѣненіе ограничивалось лишь переходомъ въ сосѣднія декады или только перемѣной мѣста въ предѣлахъ одной и той же группы элементовъ³⁾.

1) Аналогичное перечисленіе было сдѣлано Н. Rosenbusch'емъ для выясненія законностей химическаго состава горныхъ породъ. См. Н. Rosenbusch. Tsch. Min. Petr. Mitth. 1890. XI. 159.

2) В. Вернадскій, I. с. 1908. В. Вернадскій, I. с. 1910.

3) Въ таблицу внесены атомные вѣса элементовъ, установленные Международной химической комиссіей на 1912 годъ.

Таблица I.

Элементы.	Знакъ.	Атомный вѣсъ.	Количество атомовъ въ процентахъ.	Сумма группы.	Группа.	Вѣсовыя количества по Вернадскому.
Кислородъ	O	16,0	53,81	} 91,60	I	49,7
Водородъ	H	1,01	17,18			1,0
Кремній	Si	28,3	15,85			26,0
Алюминій	Al	27,1	4,76			7,45
Натрій	Na	23,00	1,80	} 7,25	II	2,4
Магній	Mg	24,32	1,67			2,35
Кальцій	Ca	40,09	1,44			3,25
Железо	Fe	55,85	1,30			4,2
Калій	K	39,10	1,04			2,35
Углеродъ	C	12,00	0,58	} 0,86	III	0,4
Титанъ	Ti	48,1	0,18			0,5
Хлоръ	Cl	35,46	0,10			0,2
Фосфоръ	P	31,04	0,056	} 0,266	IV	0,1
Сѣра	S	32,07	0,054			0,1
Азотъ	N	14,01	0,049			0,04
Фторъ	F	19,00	0,036			0,04
Марганецъ	Mn	54,93	0,028			0,09
Литій	Li	6,94	0,025			0,01
Боръ	B	11,0	0,017			0,01
Бериллій	Be	9,1	0,0095			0,005
Цирконій	Zr	90,6	0,0057	} 0,0247	V	0,03
Барій	Ba	137,37	0,0054			0,04
Ванадій	V	51,06	0,0034			0,01
Хромъ	Cr	52,0	0,0033			0,01
Никкель	Ni	58,68	0,0029			0,01
Бромъ	Br	79,92	0,0021			0,01
Стронцій	Sr	87,62	0,0019			0,01
Олово	Su	119,0	0,00073	} 0,00163	VI	0,005
Кобальтъ	Co	58,97	0,00029			0,001
Иттрий	Y	89,0	0,00019			0,001
Аргонъ	Ar	39,88	0,00017			0,0004
Цинкъ	Zn	65,37	0,00013			0,0005
Церій	Ce	140,25	0,00012			0,001
Лантанъ	La	139,0	0,000060	} 0,000255	VII	0,00005
Танталъ	Ta	181,0	0,000048			0,0005
Вольфрамъ	W	184,0	0,000047			0,0005
Свинецъ	Pb	207,10	0,000042			0,0005
Рубидій	Rb	85,45	0,000020			0,0001
Йодъ	J	126,92	0,000014			0,0001
Мѣдь	Cu	63,57	0,000013			0,00005
Мышьякъ	As	74,96	0,000011			0,00005
Ніобій	Nb	93,5	—			—

Элементы.	Знакъ.	Атомный вѣсъ.	Количество числа атомовъ.	Сумма группы.	Группа.	Вѣсовыя количества по Вернадскому.
Молибденъ	Mo	96,0	0,000009	} 0,000033	VIII	0,00005
Сурьма	Sb	120,2	0,000007			0,00005
Торій	Th	232,42	0,000007			0,0001
Неодимій	Nd	144,3	0,000006			0,00005
Уранъ	U	238,5	0,000003			0,00005
Селенъ	Se	79,2	0,000001			0,000005
Кадмій	Cd	112,4	— 1)			—
Цезій	Cs	132,81	—			—
Гелій	He	3,99	—	—		
Теллуръ	Te	127,5	0,0000006	} 0,000015	IX	0,000005
Прозодимій	Pr	140,6	0,0000005			0,000005
Таллій	Tl	204,0	0,0000004			0,000005
Галлій	Ga	69,9	—			—
Палладій	Pd	106,7	—			—
Серебро	Ag	107,88	—			—
Руть	Hg	200,0	—			—
Индій	In	114,8	—			—
Золото	Au	197,2	—			—
Висмутъ	Bi	208,0	—			—

Внѣ таблицы остается еще 18 элементовъ ²⁾ со слѣдующими атомными вѣсами:

Гадолиний	Gd — 157,3	Радій	Ra — 226,45
Германій	Ge — 72,5	Родій	Rh — 102,9
Иридий	Ir — 193,1	Рутеній	Ru — 101,7
Иттербій	Yb — 172	Самарій	Sa — 150,4
Криптонъ	Kr — 83,0	Скандій	Sc — 44,1
Ксенонъ	X — 130,2	Тербій	Tb — 159,2
Неонъ	Ne — 20,2	Тулій	Tu — 168,5
Осмій	Os — 190,9	Эвроній	Eu — 152,0
Платина	Pl — 195,0	Эрбій	Er — 167,4

Если мы расположимъ элементы по отдѣльнымъ декадамъ, какъ это сдѣлали Vogt и Вернадскій, то получимъ нижеслѣдующую табличку:

1) Черточки обозначаютъ, что извѣстны только декады, къ которымъ принадлежитъ элементъ.

2) Сюда же относятся элементы: диспрозій, неоэрбій, полоній, актиній, лютецій и др., положеніе которыхъ въ общей системѣ еще не вполне выяснено.

Таблица II.

‰ по вѣсу.	Декады.	‰ по колич. атомовъ.	
O, Si	I	10—100	O, H, Si.
Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H	II	1—10	Al, Na, Mg, Ca, Fe, K.
Ti, C, Cl, S, P	III	0,1—1	C, Ti, Cl.
Mn, N, Ba, B, V, Li, Mn, Ni, Sr, } F, Cr, Zr, Br	IV	0,01—0,1	P, S, N, F, Mn, Li, B, Be.
Be, Y, Sn, Ce, Co	V	0,001—0,01	Zr, Ba, V, Cr, Ni, Br, Sr.
Ar, J, Rb, Pb, Zn, Th, W, Ta	VI	0,0001—0,001	Sn, Co, Y, Ar, Zn, Ce.
La, Mo, As, Cu, Nd, Nb, Sb, U	VII	0,00001—0,0001	La, Ta, W, Pb, Rb, J, Cu, As, Nb.
Bi, Hg, Se, Ag, Tl, Cs, Cd, Te, } Pr, Au	VIII	0,000001—0,00001	Mo, Sb, Th, Nd, U, Se, Cd, Cs, He.
Ga, In, Pt, He, Pd, Sc	IX	0,0000001—0,000001	{ Te, Pr, Tl, Ga, Pd, Ag, Hg, In, Au, Bi, Sc.
Gd, Ge, Yb, Ir, Kr, X, Ne, Os, Rh, } Ru, Tb, Tu, Er, Eu, Sa, Ra.	X	меньше 0,0000001	{ Gd, Ge, Yb, Ir, Kr, X, Ne, Os, Rh, Ru, Tb, Tu, Er, Eu, Sa, Ra, Pt.

Въ результатѣ нашего перечисленія мы получили въ общихъ чертахъ формулу земной коры; при этомъ порядкомъ слѣдованія элементовъ въ нашей таблицѣ далъ намъ возможность болѣе правильно оцѣнить роль каждаго элементарнаго тѣла въ химіи земной оболочки.

Первенствующее мѣсто заняли O, H, Si, Al — четыре основныхъ элемента, которые особенно накапливаются въ самыхъ поверхностныхъ частяхъ земной оболочки: первый — кислородъ — является важной составной частью атмосферы; первые два характеризуютъ составъ одного изъ важнѣйшихъ минераловъ природы — воды; всѣ четыре вмѣстѣ накапливаются въ корѣ вывѣтриванія, образуя глины ($H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O$) или агрегатъ кварца и коллоидовъ глинозема и кремневой кислоты въ латеритовыхъ почвахъ.

Съ гораздо большей очевидностью, чѣмъ въ таблицѣ Clarke и Vogt'a, выступаютъ въ перечисленныхъ цифрахъ нѣкоторыя законности количественнаго распространенія элементовъ въ природѣ: преобладаніе элементовъ съ малыми атомными вѣсами, приблизительно одинаковое присутствіе элементовъ близкихъ химическихъ свойствъ и близкаго положенія въ Менделѣевской системѣ и др.

Я далекъ отъ мысли связывать нѣкоторыя изъ этихъ законностей съ вопросами космогоническаго характера, но не могу не отмѣтить, что обобщенія De-Launay¹⁾, уже намѣченные у Elie de Beaumont²⁾, нашли въ этой табличкѣ свое подтвержденіе, и что гипотетическія зоны глубинъ De-Launay съ рѣзкой точностью отвѣчаютъ нисходящему порядку моей таблицы I.

1) L. De-Launay. La science géol. Paris. 1905. 638. J. Vogt. Probl. géol. ore depos. W. 1901. 52.

2) Elie de Beaumont. Sur l'éman. volc. et mét. Bull. soc. géol. Paris. IV (II). 78.

Мнѣ кажется, что въ такомъ видѣ наши представленія о составѣ земной коры являются болѣе правильными, и что эта новая форма выраженія количества элементовъ земной оболочки не только болѣе рѣзко подчеркиваетъ своеобразный химическій характеръ этой коры, но и даетъ возможность усмотрѣть существованіе болѣе общихъ законностей.

Съ другой стороны, такого рода перечисленіе отчасти даетъ возможность сравнивать количественное содержаніе элементовъ въ земной корѣ и по объему (согласно закону Авогадро). Чтобы сдѣлать сравнимыми объемныя количества элементовъ въ газообразномъ состояніи, необходимо при пользованіи таблицей принять во вниманіе количество атомовъ, образующихъ одну молекулу даннаго элемента.

Москва.

Минералогическая Лабораторія

Московского Городского Университета имени Шанявскаго.

Декабрь 1911.