Объемная модель периодической системы химических элементов в геологическом аспекте

Лабушев М. М.^{1*}, Лабушев Т. М.²

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

² Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: mlabushev@yandex.ru

Реферат

Актуальность работы обусловлена необходимостью получения новых знаний о проявлении периодического закона в природе.

Целью работы является установление связи периодической системы химических элементов с химическим составом и структурой природных объектов.

Метод исследований заключается в создании объемной модели периодической системы химических элементов и сопоставлении с ней объектов некоторых рудных формаций, проявлений изоморфизма химических элементов и геохимии некоторых природных процессов.

Результаты исследований. Предложен объемный вариант периодической системы первых 95 химических элементов с условным нулевым элементом. Каждая объемная ячейка характеризует один химический элемент с соответствующей элементарной кристаллической решеткой простого вещества. Подобные модели могут быть составлены из минералов и горных пород, которые можно ассоциировать с веществом земной коры. 16 вертикальных групп в модели распределены по меевидной траектории. Предлагается модель земной коры, состоящая из «кубов» химических элементов, минералов и ассоциаций минералов. Элементы смежных пространственных групп совместно концентрируются в природе и часто проявляют изоморфизм при вхождении в кристаллическую решетку минералов. Взаимное расположение смежных «кубов» подчиняется правилу трансляции во взаимно перпендикулярных направлениях. Химические элементы первой группы, вероятно, пространственно соответствуют вулканам, а также грязевым вулканам. Место «нулевого» химического элемента занимают элементы смежных пространственных групп. Предполагается, что грани «куба» химических элементов являются проницаемыми областями, по которым осуществляется перенос химических элементов.

Выводы. Модель находит подтверждение при рассмотрении рудных формаций, изоморфизма химических элементов в минералах и геохимии вулканических процессов.

Ключевые слова: химические элементы; объемная модель периодической системы; рудные формации; изоморфизм в кристаллах; геохимия вулканических процессов.

Введение. В декабре 2017 г. на заседании сессии Генеральной ассамблеи Организации Объединенных Наций была принята резолюция об объявлении 2019 г. «Международным годом периодической таблицы химических элементов в целях повышения осведомленности мировой общественности о фундаментальных науках и расширения образования в области фундаментальных наук... для будущих достижений в области научных исследований и разработок».

Это прозвучало как предложение мирового сообщества исследователям в области естественных наук приложить дополнительные усилия с целью получения

новых знаний. По мнению авторов статьи, важным направлением является установление связи периодической системы химических элементов с химическим составом и структурой природных объектов.

Методика проведения исследований. Авторами рассмотрена предложенная ранее единая периодическая система химических элементов, минералов и химических соединений [1, 2]. Эта система включает один короткий и 24 длинных периода химических соединений, состоящих из пакетов численностью по 95 химических соединений, при этом короткий период включает пакет первых 95 химических элементов периодической системы и 47 пакетов минералов.

Средние значения массивов информационных коэффициентов пропорциональности [1] относительных атомных масс химических элементов в составе минералов, неорганических и органических соединений предложены как классификационные показатели, в некотором отношении подобные относительным атомным массам химических элементов. Были найдены природные аналоги таких моделей, названные массами Ферсмана, подтверждающие фундаментальную природу предложенных расчетов [3].

Дальнейшие исследования требуют решения проблемы адекватного представления периодической системы химических элементов с максимально возможной информацией о свойствах химических элементов и системных связях химических элементов в природе.

Объемная модель периодической системы. В общепринятых формах периодической системы химических элементов недостатком являются «пустые клетки» [4]. Авторы предположили возможность составления объемного варианта периодической таблицы, в котором каждая пространственная ячейка характеризует собой химический элемент с соответствующей элементарной кристаллической решеткой простого вещества. Предполагается, что подобные модели могут состоять также из минералов и горных пород, которые можно ассоциировать с кубическими объемами вещества земной коры.

При расчете структуры такого «куба» использовались 95 первых химических элементов и условный «нулевой» химический элемент (вакансия) с неизвестными свойствами, что предположительно может быть связано с проблемой существования темной материи. Необходимость его учета обусловлена характером изоморфизма химических элементов и предлагаемым принципом делимости пакета химических элементов, согласно которому число химических элементов, образующих систему, должно находиться в отношении $1/3$ и $2/3$.

Число групп химических элементов объемной модели было принято близким к числу групп «длиннопериодического» варианта таблицы химических элементов, при этом единственным вариантом такой модели оказалась компоновка химических элементов вида $4 \times 4 \times 6$, которая при определенных параметрах кристаллической решетки простых веществ слагающих его химических элементов и определенных расстояниях между различными ячейками вероятно формирует «куб», несмотря на отклонение от варианта $4 \times 4 \times 4$.

Составлена таблица, состоящая из 16 вертикально расположенных групп по 6 химических элементов, в которых слева направо и сверху вниз увеличивался порядковый номер химического элемента. Верхнюю левую клетку занял условный нулевой химический элемент – вакансия, нижнюю правую – америций.

Рассматривались разные варианты взаимного расположения вертикальных пространственных групп с увеличением относительных атомных масс от ячейки к ячейке. Приемлемым оказался вариант расположения групп «змейкой» (рис. 1) с учетом предположения о том, что элементы смежных групп имеют тенденцию к совместному концентрированию в природных объектах.

На рисунке группы химических элементов показаны на некотором расстоянии друг от друга. Это удобно для отображения пространственных связей химических элементов. Такой «куб» предлагается характеризовать вертикальными группами по 6 химических элементов и горизонтальными группами по 4 элемента. Все группы удобно называть по их первому и последнему химическим элементам.

Ассоциации групп предлагается рассматривать в привязке к граням «куба» и плоскостям, которые им параллельны. Грани характеризуются четырьмя химическими элементами, которые ассоциированы с соответствующей гранью в вершинах «куба», с их перечислением в порядке возрастания относительных атомных масс. В соответствии с этим определяются грани (в скобках их номера) H-Li-Mg-P (1), H-Li-Hg-Bi (2), Li-Mg-Bi-U (3), H-P-Hg-Am (4), Mg-P-U-Am (5), Hg-Bi-U-Am (6).

Рис. 1. Объемная модель системы химических элементов с пронумерованными вертикальными пространственными группами
Fig. 1. Solid model of chemical elements system with numbered vertical spatial groups

Четные грани можно использовать для характеристики всего «куба». Вторая грань определяется группами 1-2-3-4 и отличается максимальным размахом атомных масс стабильных химических элементов. Группы 1-2-3-4 считаем также группами первой матрицы второй грани, а группы 8-7-6-5, 9-10-11-12 и 16-15-14-13 – соответственно группами второй, третьей и четвертой матрицы этой грани. Группы четвертой матрицы формируют уже другую грань, их можно упоминать и как группы пятой грани.

Четвертую грань составляют элементы групп 1-8-9-16 с максимальным размахом варьирования атомных масс всех химических элементов «куба». Группы 1-8-9-16 определяем как группы первой матрицы четвертой грани. Остальные

группы характеризуются плоскостями, которые параллельны этой грани – 2-7-10-15, 3-6-11-14. Это соответственно вторая и третья матрицы четвертой грани.

Вторая и четвертая грани дают возможность полной характеристики положения в кубе вертикальных пространственных групп, а также их ассоциаций в системе двух взаимно перпендикулярных плоскостей. В связи с первой гранью можно рассматривать химические элементы в коротких непрерывных и дискретных горизонтальных периодах. Непрерывность или дискретность подчеркивают различия в изменчивости атомных масс химических элементов в таких периодах. В пределах этой грани «параллельно» и «перпендикулярно» второй грани располагаются химические элементы, объединенные соответственно в 16 непрерывных и 16 дискретных коротких периодов по 4 химических элемента в каждом.

Относительные атомные массы химических элементов в смежных коротких непрерывных периодах изменяются разнонаправленно, увеличиваясь в нечетных и уменьшаясь в четных периодах. Например, увеличиваются в первом 0-N-He-Li и уменьшаются в двадцать четвертом периоде – Am-Pu-Np-U. В смежных коротких дискретных периодах атомные массы возрастают, например в первом (0-N-O-P) и в двадцать четвертом (Bi-Po-Pa-U).

Предлагается также характеризовать короткие периоды в связи с четырьмя матрицами первой грани. Эта характеристика принимается по аналогии с матрицами второй и четвертой граней. Кроме граней характеризуются ребра «куба», их предлагается называть как по первому и последнему химическим элементам, так и по всем четырем химическим элементам, связанным с рассматриваемым ребром, например ребро Hg-Tl-Pb-Bi или ребро Hg-Bi.

Нумерацию коротких периодов начинаем с химических элементов с наименьшими атомными массами. Вместо нулевого химического элемента в названиях граней и ребер допустимо, как это будет показано далее, упоминать водород.

В геологическом аспекте объемной модели периодической системы предлагается модель, в которой рассматриваются «кубы» химических элементов, минералов и ассоциаций минералов (горных пород). Элементы одной пространственной группы и смежных пространственных групп предположительно имеют тенденцию к совместному нахождению в составе минералов и горных пород, а также к изоморфизму при вхождении в кристаллическую решетку минералов. Их пространственные взаимоотношения также предлагается характеризовать трансляциями таких «кубов» во взаимно перпендикулярных направлениях.

Расположением элементов в одной группе, например, характеризуются широко распространенные рудные ассоциации Au-Ag, Pt-Pd, Zr-Hf, Ta-Nb, Mo-W [5–10]. К смежным группам относятся ассоциации Co-Ni, Cu-Ni, Fe-Al-Mn, Fe-Ti, Au-Sb, Os-Ir, C-Ti. Последняя ассоциация характеризует месторождения углеводородов в ассоциации с минералами титана [3].

Известны месторождения пятиэлементной формации с рудами, содержащими Ag, Co, Ni, Bi, U [11]. Согласно предлагаемой объемной модели, в смежных группах химических элементов находятся Co, Ni и U, а Ag и Bi располагаются в разных пространственных группах, на максимальном удалении от ячеек первых трех химических элементов. Совмещение в пространстве всех пяти элементов возможно при добавлении к кубу таких же смежных кубов. При этом смежными будут группы Li-Bi и Mg-U, а также Mg-U и P-Am.

Аналогично можно объяснить, например, совместное нахождение в месторождениях ассоциации Au-U. Исследователи указывают на сложный характер связи золотого и уранового оруденения, в одних случаях образуются комплексные золото-урановые месторождения, например австралийские, с тесной парагенетической связью U и Au, в других (Канадский щит) концентрации Au-U или

разобщены, или контуры распространения золотого и уранового оруденения смещены относительно друг друга на несколько километров [12]. Комплексные Os-Au-U руды Витватерсрандского бассейна рассматриваются в связи с разнородными рудными системами [13]. Такой характер Au-U оруденения согласуется с представлениями о смежных «кубах» химических элементов и минералов.

Таблица 1. Взаимозамещающиеся химические элементы в вертикальных пространственных группах объемной модели

Table 1. Vertical spatial groups of interchanging chemical elements in a solid model

Химические элементы	Положение в смежных (+) и несмежных (–) группах		Химические элементы	Положение в смежных (+) и несмежных (–) группах	
	1 вариант	2 вариант		1 вариант	2 вариант
Fe-Mg	+	–	Ca-Sr	–	+
Na-Ca	+	–	Sr-Ba	+	–
K-Na	–	–	Ti-Zr	+	–
Ca-La	–	–	Nb-Ta	+	+
Ca-Ce	+	–	Zr-Hf	+	+
Ca-U	–	–	W-Mo	+	+
Y-U	–	–	Cr-V	+	+
Ce-U	+	–	Cr-Ti	+	–
Th-U	+	–	Ti-V	+	+
Ag-Na	+	+	Ti-Nb	+	–
Al-Si	+	+	Ti-Ta	+	–
Al-Ga	–	–	Fe-Cr	–	+
In-Zn	+T	–	Ce-Th	+	+
Cd-Zn	+T	–	Ce-Y	–	+
Pb-Bi	+	+	La-Lu	+	+
Fe-Cu	+	–	Rb-Cs	–	–
Al-In	+T	+T	K-Rb	+	+
Ga-In	+	+T	K-Cs	+T	+
Cd-In	+T	+T	Li-Mg	+T	–
Cd-Hg	+	+	Fe-Al	+	–
Si-Ge	+T	–	Fe-Si	+	+
Ge-Sn	–	+T	Fe-Zn	+	+
Al-Sn	+T	–	Mn-Zn	+	–
In-Sn	+	+	Cr-Al	–	–
Al-Zn	+	+	Ti-Al	–	–
Ag-Cu	–	–	Mo-Re	+	+
Fe-Mn	+	+	P-As	+T	+T
Fe-Ni	+	–	S-Se	–	+T

T – химические элементы располагаются в трансляционно смежных пространственных группах.

Все пространственные группы и составляющие их химические элементы по расположению относительно друг друга предлагается разделять на смежные, несмежные и трансляционно смежные. При нахождении химических элементов в одной группе рационально упоминать групповую принадлежность элементов и указывать на внутригрупповую смежность. В некоторых случаях рационально

конкретизировать только несмежное расположение химических элементов, не разделяя два типа смежности.

Элементы пространственных групп проявляют и более сложные взаимоотношения. Во многих месторождениях выделяются сходные ассоциации химических элементов [14]: Bi-Sb-As; Co-Ni-As; Sb-Ag-As; Au-Ag-Cu; Sn-Pb-Ge; Mn-Cu-Zn-Pb; Ga-In-Tl; Cu-Zn-Ga-Ge; Fe-Co-Ni-Pt. Курсивом отмечены несмежные химические элементы. Предположительно при этом проявлены повторяющиеся количественные соотношения $2/3$ и $1/3$ межгрупповых «смежных» и «несмежных» химических элементов.

Необходимость учета нулевого химического элемента следует из предположения о том, что элементы смежных пространственных групп имеют тенденцию к изоморфизму. Рассматривались взаимозамещающиеся химические элементы в парах [15]. Под межгрупповой смежностью расположения химических элементов в данном случае понимаем позиции «грань к грани» и «ребро к ребру». Представленный ранее «куб» химических элементов рассматривался как первый вариант расположения в смежных и несмежных группах взаимозамещающихся химических элементов, во втором варианте исключался из рассмотрения нулевой химический элемент и в «куб» добавлялся кюри (табл. 1).

Первый вариант расположения химических элементов в пространственных группах позволяет объяснить дополнительно 18 случаев изоморфизма по сравнению со вторым вариантом, а второй вариант по сравнению с первым – только 5. В абсолютном отношении первый вариант объясняет 75 % рассмотренных случаев изоморфизма, а второй вариант – 50 %. При этом в модели не учитывались свойства химических элементов. Эти расчеты указывают на «эффект нулевого химического элемента».

Химические элементы первой пространственной группы можно связать с центральными частями вулканов, как обычных, так и грязевых. Место нулевого химического элемента в них занимают элементы смежных пространственных групп, в первую очередь это H, S, Cl, N, O и C, например в виде выделений сольфатар и мофет. Химическими элементами фумарольных залежей кроме указанных химических элементов также являются Cu, Zn, Pb, As, V, K, Na, Re, In, Se, Bi, Cd, Tl, Cs, Mo, Br, I [16].

Из 23 перечисленных химических элементов только S и Cd относятся к первой пространственной группе, которую предлагается ассоциировать с центрами вулканов. Еще шесть элементов располагаются в смежных группах: N, Cl, As, V, Ti, Cl. Если добавить к «кубу» химических элементов четыре смежных «куба», к смежным элементам добавятся Zn, K, Si, Mg, Ca. В целом больше половины рассмотренных химических элементов являются смежными элементами первой пространственной группы.

Также предполагается, что грани «кубов» объемной модели являются участками повышенной проницаемости, по которым может осуществляться перенос химических элементов, составляющих эти грани. Этим можно объяснить концентрирование в вулканах всех перечисленных элементов, за исключением Mo и I. Такой проницаемостью можно объяснить все случаи изоморфизма химических элементов, не находящие объяснения в 1 и 2 варианте пространственного размещения химических элементов в кубической модели (см. табл. 1), в этих случаях один из двух химических элементов пары «принадлежит» какой-либо грани куба. Это следует из геометрических соотношений рассматриваемой модели.

Для грязевых вулканов Керченско-Таманской области установлено, что значительное число элементов-примесей в составе сопочного ила имеют относительно небольшие кларки концентрации. Только для Hg, Ge, Cd и Ni в двух из трех про-

Таблица 2. Минералы первого пакета с показателем I_{av}
Table 2. The first packet minerals with I_{av} classification index

№	Минерал	I_{av}	№	Минерал	I_{av}
0	—	—	41	Ольдгамит CaS	0,333808
1	Данбаит $CuZn_2$	0,331870	42	Клиносафлорит Сафлорит $CoAs_2$	0,333819
2	Чжанхенит $CuZn$	0,331874	43	Крутовит Парараммельсбергит Раммельсбергит $NiAs_2$	0,333887
3	Амальгама свинца $HgPb_2$	0,331879	44	Селлаит MgF_2	0,334014
4	Тэнит (Ni,Fe)	0,331905	45	Курилит Ag_8Te_3Se	0,334101
5	Аварунит Ni_3Fe	0,331915	46	Лангисит Моддерит $CoAs$	0,334114
6	Новоднеприт $AuPb_3$	0,331918	47	Маухерит $Ni_{11}As_8$	0,334156
7	Хромферрид $Fe_{1,5}Cr_{0,2}$	0,331925	48	Никелин $NiAs$	0,334192
8	Ферхромид $Cr_{1,5}Fe_{0,2}$	0,331927	49	Криолит Na_3AlF_6	0,334220
9	Анюит $AuPb_2$	0,331932	50	Миесит $Pd_{11}Te_2Se_2$	0,334280
10	Хунчунит Au_2Pb	0,331933	51	Хлорманганокалит K_4MnCl_6	0,334396
11	Тетратэнит $FeNi$	0,331940	52	Жоллифеит $NiAsSe$	0,334418
12	Уайраунит $CoFe$	0,331957	53	Орегонит $FeNi_2As_2$	0,334492
13	Мальдонит Au_2Bi	0,331966	54	Изомертиит $Pd_{11}Sb_2As_2$	0,334506
14	Инсизваит $PtBi_2$	0,332008	55	Хиолит $Na_5Al_3F_{14}$	0,334561
15	Атокит Pd_3Sn	0,332202	56	Мейерит CO_2	0,334644
16	Дискразит $Ag_{3,2}Sb_{0,8}$	0,332221	57	Пенроузит $(Ni,Co,Cu)Se_2$	0,334683
17	Сильвин KCl	0,332223	58	Трогталит $CoSe_2$	0,334755
18	Паоловит Pd_2Sn	0,332267	59	Лёллинит $FeAs_2$	0,334781
19	Станнопалладинит Pd_3Sn_2	0,332300	60	Кулерудит $NiSe_2$	0,334836
20	Хлорокальцит $KCaCl_3$	0,332318	61	Нинингерит MgS	0,334857
21	Шанкуртуаит N_2O_5	0,332406	62	Торнрусит $Pd_{11}As_2Te_2$	0,334876
22	Домейкит Cu_3As	0,332665	63	Вербикит $PdSe_2$	0,335034
23	Коутекит Cu_5As_2	0,332735	64	Новакит $(Cu,Ag)_{21}As_{10}$	0,335050
24	Паксит $CuAs_2$	0,332783	65	Андуоит $RuAs_2$	0,335051
25	Теларгпалит $(Pd,Ag)_3Te$	0,332835	66	Одлинит CO	0,335071
26	Кейтконнит $Pd_{20}Te_7$	0,332866	67	Науманнит Ag_2Se	0,335146
27	Иодаргирит AgI	0,332889	68	Трюстедтит Вилкманит Ni_3Se_4	0,335189
28	Штютцит $Ag_{5-x}Te_3$	0,332914	69	Фребольдит $CoSe$	0,335203
29	Боровскит Pd_3SbTe_4	0,332965	70	Вестервелдит $FeAs$	0,335234
30	Сопчеит $Ag_4Pd_3Te_4$	0,332967	71	Эскеборнит $CuFeSe_2$	0,335250
31	Дрисдаллит $MoSe_2$	0,333201	72	Родарсенид Rh_2As	0,335256
32	Штиллеит $ZnSe$	0,333250	73	Винсентит Pd_3As	0,335295
33	Виллиомит NaF	0,333281	74	Седерхолмит Мэкинениит $NiSe$	0,335297
34	Крутаит $CuSe_2$	0,333467	75	Палладсеит $Pd_{17}Se_{15}$	0,335309
35	Скуттерудит $CoAs_{3-x}$	0,333494	76	Бромаргирит $AgBr$	0,335377
36	Беллидонит Cu_2Se	0,333529	77	Крисстанлеит $Ag_2Pd_3Se_4$	0,335394
37	Умангит Cu_3Se_2	0,333651	78	Полкановит $Rh_{12}As_7$	0,335439
38	Клочманит $Cu_{5,2}Se_6$	0,333687	79	Парадокразит $Sb_2(Sb,As)_2$	0,335473
39	Атабаскаит Cu_5Se_4	0,333693	80	Стиллауотерит Арсенопалладинит Pd_8As_3	0,335510
40	Нейборит $NaMgF_3$	0,333723	81	Калунгаит $PdAs_5Se$	0,335684

№	Минерал	I_{av}	№	Минерал	I_{av}
82	Колимаит K_3VS_4	0,335745	89	Ачавалит FeSe	0,336534
83	Черепановит RhAs	0,335790	90	Хлоромгнезит $MgCl_2$	0,336620
84	Остербошит $(Pd,Cu)_7Se_3$	0,335853	91	Кадмоселит CdSe	0,336717
85	Джаркенит Ферроселит $FeSe_2$	0,335890	92	Рутениридосмин (Ir,Os,Ru)	0,336748
86	Палладоарсенид Палладодимит Pd_2As	0,335994	93	Милотаит $PdSbSe$	0,336846
87	Ферроскуттерудит $(Fe,Co)As_3$	0,336079	94	Рутенарсенит $(Ru,Ni)As$	0,337159
88	Нитратин $NaNO_3$	0,336370	95	Сильванит $AgAuTe_4$	0,337463

анализированных проб их величина превышает 3 [17]. Эти химические элементы, за исключением никеля, относятся к первой пространственной группе, с которой предположительно связаны центры вулканов, а никель входит в состав смежной трансляционной группы.

В связи с грязевым вулканизмом рассмотрим также поведение золота как еще одного химического элемента смежной трансляционной группы. На Керченском полуострове золотины были обнаружены только в пробах из трех вулканов, несмотря на поиски во многих подобных объектах [18]. Это объяснимо тем, что золото в объемной модели химических элементов несколько смещено относительно предполагаемого «центра вулканизма» — химических элементов первой пространственной группы.

Ранее были получены данные о минералах, которые можно отнести к первому пакету минералов [19]. Они предположительно составляют «куб» минералов. Состав первого пакета в уточненном виде приведен в табл. 2. Расчеты классификационного показателя I_{av} выполнены в программе с открытым исходным кодом Agemarket.

При формировании этого пакета предполагалось, что все минералы пакета учтены в перечне ИМА с добавлением трех минералов, не вошедших в указанный перечень из-за низких температур кристаллизации. Их предложено назвать мейеритом (CO_2), одлингитом (CO) и шанкуртуазитом N_2O_5 [19].

Обсуждение. Следует ли считать объемную модель распределения химических элементов, минералов и горных пород полностью реализованной в земной коре? Предлагается рассматривать такую организацию в качестве тенденции развития. В некоторых случаях, например при концентрировании химических элементов, такая модель, возможно, будет проявляться с большей определенностью, чем в случаях их рассеяния.

Предложенная модель предполагает, что место любого химического элемента и минерала может занимать объект другого куба, аналогичный или близкий по пространственному положению в модели. Так, например, место водорода может занимать гелий, а из «куба» минералов это может быть данбаит, или чжанхенит, или минералы (горные породы) из других модельных кубов.

Остается открытым вопрос о размерах и иерархических соотношениях «кубов» в рамках объемной модели. С такой моделью согласуется существование регулярной единой системы линеаментов океанов и континентов субмеридионального, субширотного, северо-восточного и северо-западного направлений, проявляющейся на различных иерархических уровнях на всей поверхности Земли [20]. Возможно, это следствие проявления двух кубических моделей «субмеридионально-субширотной» и «северо-восточно-северо-западной». Эти модели могут быть разновозрастными, подобно тому, как это предполагается для линеаментов.

Достаточно ли при анализе объемной модели расположения химических элементов рассматривать только группы химических элементов с учетом их смежности между собой? Уже первое рассмотрение коротких дискретных и непрерывных периодов позволяет оценить важность их рассмотрения. Представление о коротких периодах приводит к «сближению» ртути, галлия, цезия и франция. Все эти четыре металла характеризуются жидким состоянием при температуре 30° С. Из них ртуть и франций ассоциируются с одним коротким периодом, все эти металлы относятся к грани Н-Р-Hg-Am.

Предстоит выяснить движущие силы естественной «сборки» объемных моделей и формирования «кубов» с постоянным взаимным расположением химических элементов и минералов. Возможно, причиной является совместное нахождение в природе газов и твердых химических элементов с образованием масс Ферсмана [3]. Так, взаимное расположение химических элементов грани Н-Li-Mg-P образует структуру «взаимного проникновения», которая может благоприятствовать формированию F-масс.

Выводы. Совместное нахождение химических элементов и минералов в природе можно характеризовать объемной моделью, в которой они рассматриваются в пространственных группах, коротких дискретных и непрерывных периодах. Предложены термины для пространственной характеристики таких моделей. Модели находят подтверждение при рассмотрении рудных формаций, изоморфизма химических элементов в минералах и геохимии вулканических процессов.

Проведенный анализ показывает актуальность систематизации минералов по 95 разновидностям в пакеты, рассмотрение на этой же основе горных пород с определением их места в объемных моделях и соотношении их с пакетами минералов. Можно ожидать, что при внедрении таких моделей в практику геологических исследований появятся новые возможности прогнозно-металлогенического картирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лабушев М. М. О предельно возможном числе минералов, неорганических и органических химических соединений // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. 2008. Т. 1. № 3. С. 221–233.
2. Labushev M. M. The periodic table as a part of the periodic table of chemical compounds. URL: <http://arxiv.org/abs/1103.3972> (дата обращения: 09.03.2019).
3. Лабушев М. М. Бинарные массы земной коры и биосферы // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 1. С. 37–43.
4. Михайлов О. В. Альтернативные варианты периодической системы химических элементов в учебном процессе // Высшее образование в России. 2016. № 5. С. 157–160.
5. Bineli Betsi T., Ponce M., Chiaradia M. Petrogenesis of the Rio Blanco epithermal Au-Ag mineralization in the Cordillera Occidental of southwestern Ecuador: Assessment from host rocks petrochemistry and ore constituents isotopic (O, S, H, and Pb) compositions // Journal of South American Earth Sciences. 2018. Vol. 86. P. 70–93.
6. Cabri L. J., Wilhelmij H. R., Eksteen J. J. Contrasting mineralogical and processing potential of two mineralization types in the platinum group element and Ni-bearing Kapalagulu Intrusion, western Tanzania // Ore Geology Reviews. 2017. Vol. 90. P. 772–789.
7. Spandler C., Morris C. Geology and genesis of the Toongi rare metal (Zr, Hf, Nb, Ta, Y and REE) deposit, NSW, Australia, and implications for rare metal mineralization in peralkaline igneous rocks // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2016. Vol. 171. No. 12. P. 104–128.
8. Wang Y.-H., Zhang F.-F., Liu J.-J., Xue C.-J., Zhang Z.-C. Genesis of the Wurinitu W-Mo deposit, Inner Mongolia, northeast China: Constraints from geology, fluid inclusions and isotope systematics // Ore Geology Reviews. 2018. Vol. 94. P. 367–382.
9. Кравцова Р. Г., Тарасова Ю. И., Макшаков А. С., Павлова Л. А. Особенности распределения и формы нахождения золота, серебра и сопутствующих элементов в потоках рассеяния золото-серебряных зон Дукатского месторождения (северо-восток России) // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 4. С. 676–698.
10. Augé T., Morin G., Bailly L., Serafimovsky T. Platinum-group minerals and their host chromitites in Macedonian ophiolites // European Journal of Mineralogy. 2017. Vol. 29. No. 4. P. 585–596.
11. Staudé S., Werner W., Mordhorst T., Wemmer K., Jacob D.E., Markl G. Multi-stage Ag-Bi-Co-Ni-U and Cu-Bi vein mineralization at Wittichen, Schwarzwald, SW Germany: geological setting, ore mineralogy, and fluid evolution // Mineralium Deposita. 2012. Vol. 47. Iss. 3. P. 251–276.

12. Минеева И. Г., Макаров А. И., Одерова А. В. Новая методология глубинных поисков U и Au-U месторождений в палеорифтогенных структурах // Разведка и охрана недр. 2013. № 7. С. 3–11.
13. Баданина И. Ю., Малич К. Н., Меркле Р. К., Антонов А. В., Капитонов И. Н., Хиллер В. В. Химический и изотопный состав Os-содержащих сплавов и сульфидов золоторудного поля Эвандер Витватерсрандского бассейна (Южная Африка) // Литосфера. 2016. № 6. С. 129–144.
14. Кокин А. В., Батурин А. Л. Сохранение информации в распределении химических элементов на разных уровнях организации вещества в пространстве и времени // Вестник Госкомгеологии. 2005. № 1(7). С. 19–30.
15. Макаров Е. С. Фактор химической индифферентности взаимозамещающихся атомов в кристаллах твердых растворов, образованных интерметаллическими соединениями // Доклады АН СССР. 1969. Т. 186. № 2. С. 313–315.
16. Pekov I. V. Mineralogy of volcanic fumarole deposits: an overview and geochemical insight // Moscow International School of Earth Sciences: Abstracts of Int. Conf. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS Vernadsky State Geological Museum RAS, Lomonosov Moscow State University. M., 2016. P. 19–20.
17. Федоров Ю. Н., Маслов А. В., Ронкин Ю. Л. Систематика элементов-примесей в продуктах извержений ряда грязевых вулканов Керченско-Таманской области (по данным ICP-MS) // Литосфера. 2011. № 5. С. 117–123.
18. Шнюков Е. Ф., Сокол Э. В., Нигматулина Е. Н., Иванченко В. В., Юшин А. А. Золото в грязевых вулканах Керченского полуострова как показатель глубинности грязевулканических флюидов // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2013. № 4. С. 79–89.
19. Labushev M. M. Three packets of minerals of the periodic table of chemical elements and chemical compounds. URL: <http://arxiv.org/abs/1304.1280> (дата обращения: 09.03.2019).
20. Ломакин И. Э., Анохин В. М., Кочелаб В. В., Покалюк В. В., Шафранская Н. В., Шураев И. Н. Тектонолинеamenty и некоторые вопросы геотектоники // Геология и полезные ископаемые мирового океана. 2016. № 3. С. 59–75.

Поступила в редакцию 18 июля 2019 года

Сведения об авторах:

Лабушев Михаил Михайлович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии месторождений и методики разведки Института горного дела, геологии и геотехнологий Сибирского федерального университета. E-mail: mlabushev@yandex.ru

Лабушев Тимофей Михайлович – студент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. E-mail: tim.labushev@gmail.com

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-1-36-47

The periodic system of chemical elements solid model in the geological aspect

Mikhail M. Labushev¹, Timofey M. Labushev²

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

² Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia.

Abstract

The topicality of the research comes from the need to obtain new knowledge about the manifestation of the periodic law in nature.

Research aim is to associate the periodic system of chemical elements with the chemical composition and structure of natural objects.

The research method suggests the creation of a solid model of the periodic system of chemical elements along with its comparison with ore formation objects as well as the manifestation of chemical elements isomorphism and some natural processes geochemistry.

Research results. The solid version of the periodic table of the first 95 chemical elements together with a conventional zero element is proposed. Each volume cell characterizes a chemical element with an elementary crystal lattice of simple substance. Similar models can be composed of minerals and rocks associating with material substance of the earth's crust. 16 vertical groups in the model are arranged in a snake-like pattern. The model of the earth's crust with the “cubes” of chemical elements, minerals and mineral associations is proposed. The elements of adjacent spatial groups are naturally concentrated in combination, showing isomorphism while minerals enter the crystal lattice. The relative position of adjacent “cubes” follows the rule of translation in mutually perpendicular directions. The chemical elements of the first group can correspond spatially to volcanoes as well as mud volcanoes. The place of the zero chemical element is considered to be occupied by the elements of adjacent spatial groups. It is assumed that the faces of the “cube” of chemical elements are permeable areas through which chemical elements can be transferred.

Summary. The confirmation of the model follows while considering ore formations, isomorphism of chemical elements in minerals and geochemistry of volcanic processes.

Key words: chemical elements; solid model of periodic system; ore formations; isomorphism in crystals; geochemistry of volcanic processes.

REFERENCES

1. Labushev M. M. On the marginal number of minerals, non-organic and organic chemical compounds. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Ser. Tekhnika i tekhnologii = Journal of Siberian Federal University. Ser. Engineering and Technologies*. 2008; 1(3): 221–233. (In Russ.)
2. Labushev M. M. The periodic table as a part of the periodic table of chemical compounds. Available from: <http://arxiv.org/abs/1103.3972> [Accessed 09th March 2019].
3. Labushev M. M. Binary masses of the earth's crust and biosphere. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2018; 329(1): 37–43. (In Russ.)
4. Mikhailov O. V. Alternative versions of periodic system of chemical elements in the educational process. *Vyshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2016; 5: 157–160. (In Russ.)
5. Bineli Betsi T., Ponce M., Chiaradia M. Petrogenesis of the Rio Blanco epithermal Au-Ag mineralization in the Cordillera Occidental of southwestern Ecuador: Assessment from host rocks petrochemistry and ore constituents isotopic (O, S, H, and Pb) compositions. *Journal of South American Earth Sciences*. 2018; 86: 70–93.
6. Cabri L. J., Wilhelmij H. R., Eksteen J. J. Contrasting mineralogical and processing potential of two mineralization types in the platinum group element and Ni-bearing Kapalagulu Intrusion, western Tanzania. *Ore Geology Reviews*. 2017; 90: 772–789.
7. Spandler C., Morris C. Geology and genesis of the Toongi rare metal (Zr, Hf, Nb, Ta, Y and REE) deposit, NSW, Australia, and implications for rare metal mineralization in peralkaline igneous rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 2016; 171(12): 104–128.
8. Wang Y.-H., Zhang F.-F., Liu J.-J., Xue C.-J., Zhang Z.-C. Genesis of the Wurinitu W-Mo deposit, Inner Mongolia, northeast China: Constraints from geology, fluid inclusions and isotope systematics. *Ore Geology Reviews*. 2018; 94: 367–382.
9. Kravtsova R. G., Tarasova Iu. I., Makshakov A. S., Pavlova L. A. Distribution and modes of occurrence of Au, Ag, and associated elements in the sediment streams of Au-Ag zones at the Dukat deposit (northeastern Russia). *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*. 2016; 57(4): 676–698. (In Russ.)
10. Augé T., Morin G., Bailly L., Serafimovsky T. Platinum-group minerals and their host chromitites in Macedonian ophiolites. *European Journal of Mineralogy*. 2017; 29(4): 585–596.
11. Staude S., Werner W., Mordhorst T., Wemmer K., Jacob D. E., Markl G. Multi-stage Ag-Bi-Co-Ni-U and Cu-Bi vein mineralization at Wittichen, Schwarzwald, SW Germany: geological setting, ore mineralogy, and fluid evolution. *Mineralium Deposita*. 2012; 47(3): 251–276.
12. Mineeva I. G., Makarov A. I., Oderova A. V. New methodology of deep searches of U and Au-U of deposits in Paleo riftogeneous structures. *Razvedka i okhrana nedr = Prospect and Protection of Mineral Resources*. 2013; 7: 3–11. (In Russ.)
13. Badanina I. Iu., Malich K. N., Merkle R. K., Antonov A. V., Kapitonov I. N., Khiller V. V. Chemical and isotopic composition of Os-rich alloys and sulfides from the Evander Goldfield of the Witwatersrand Basin (South Africa). *Litosfera = Lithosphere*. 2016; 6: 129–144. (In Russ.)
14. Kokin A. B., Baturin A. L. Retaining the information in the allocation of chemical elements at different levels of substance organization. *Vestnik Goskomgeologii = Bulletin of the State Committee on Geology*. 2005; 1(7): 19–30. (In Russ.)
15. Makarov E. S. The factor of chemical indifference of atoms partitioning in the crystals of solid solutions formed by the intermetallic compounds. *Doklady AN SSSR = Proceedings of AS USSR*. 1969; 186(2): 313–315. (In Russ.)
16. Pekov I. V. Mineralogy of volcanic fumarole deposits: an overview and geochemical insight. In: *Moscow International School of Earth Sciences: Abstracts of Int. Conf. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS Vernadsky State Geological Museum RAS, Lomonosov Moscow State University*. Moscow; 2016. p. 19–20.
17. Fedorov Iu. N., Maslov A. V., Ronkin Iu. L. Systematization of impurity elements in ejecta of a range of mud volcanos of Kerch-Taman region (according to the data to ICP-MS). *Litosfera = Lithosphere*. 2011; 5: 117–123. (In Russ.)
18. Shniukov E. F., Sokol E. V., Nigmatulina E. N., Ivanchenko B. B., Iushin A. A. Gold in mud volcanos of Kerch Peninsula as an indicator of deep fluids. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana = Geology and Mineral Resources of the World Ocean*. 2013; 4: 79–89. (In Russ.)
19. Labushev M. M. Three packets of minerals of the periodic table of chemical elements and chemical compounds. Available from: <http://arxiv.org/abs/1304.1280> [Accessed 09th March 2019].
20. Lomakin I. E., Anokhin V. M., Kochelab V. V., Pokaliuk V. V., Shafranskaia N. V., Shuraev I. N. Tectono-lineaments and some issues of geotectonics. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana = Geology and Mineral Resources of the World Ocean*. 2016; 3: 59–75. (In Russ.)

Received 18 July 2019

Information about authors:

Mikhail M. Labushev – PhD (Geology and Mineralogy), associate professor of the Department of Reservoir Geology and Exploration Technique, Institute of Mining, Geology and Geotechnology, Siberian Federal University. E-mail: mlabushev@yandex.ru

Timofey M. Labushev – student of Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. E-mail: tim.labushev@gmail.com

Для цитирования: Лабушев М. М., Лабушев Т. М. Объемная модель периодической системы химических элементов в геологическом аспекте // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 1. С. 36–47. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-1-36-47

For citation: Labushev M. M., Labushev T. M. The periodic system of chemical elements solid model in the geological aspect. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 1: 36–47 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-1-36-47