

Что в имени твоём?

Химические элементы, открытые благодаря минералам

Р.К.Расцветова¹, С.М.Аксенов¹

¹Институт кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН (Москва, Россия)

Хорошо известно, что минералы состоят из химических элементов — одного (железо Fe), двух (галит NaCl), трех (кальцит CaCO₃) и более. Как правило, природные соединения многокомпонентны и содержат десятки элементов. Часто минералы носят названия, производные от химических элементов, из которых они состоят. Однако есть такие химические элементы, которые были открыты благодаря исследованию минералов, и тогда, наоборот, эти элементы наследуют имена минералов. Название элемента в таких случаях представляет интерес в отношении истории его открытия. В данном очерке приводятся основные данные о свойствах некоторых таких элементов и их роли в структуре минералов.

Ключевые слова: химический элемент, минерал, кристаллическая структура, названия минералов.

Известно, что минералы состоят из химических элементов — одного (железо Fe), двух (галит NaCl), трех (кальцит CaCO₃) и более. Как правило, природные соединения многокомпонентны и состоят из десятков элементов. К примеру, в эвдиалите содержится половина элементов таблицы Менделеева [1].

С древнейших времен в природе известны некоторые из существующих химических элементов. Это самородные золото, серебро, медь, олово, железо, сера, ртуть. В дальнейшем опыты ученых (в основном химиков) увеличили число найденных элементов, и к началу XIX в. человечеству было известно их около 50. За последующие десятилетия количество химических элементов выросло более чем в два раза, чему способствовали, в частности, спектроскопические методы исследования. Они позволили открывать элементы, присутствующие даже в мизерных количествах.

В XX в. научились синтезировать элементы. Многие из них впоследствии определили и в минералах, но 26 элементов в природе не встречаются. Первым искусственным химическим элементом стал полученный в 1937 г. технеций. Синтез новых трансактиноидов и суперактиноидов, которые отсутствуют в природе, продолжается до сих пор.



Рамиза Кераровна Расцветова, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН, соавтор открытий более 80 минералов. Область научных интересов — структурная минералогия, кристаллохимия, рентгеноструктурный анализ. Постоянный автор «Природы».
e-mail: rast.crys@gmail.com



Сергей Михайлович Аксенов, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник того же института. Специалист в области кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа. Неоднократно публиковался в «Природе».
e-mail: aks.crys@gmail.com

Часто минералы носят названия, произведенные от названий химических элементов, из которых они состоят. Например, алюминит, борацит, ванадит, галлит, титанит, хромит, цинкит и многие другие. Иногда названия охватывают несколько элементов: алванит (алюминий и ванадий), аурастибит (золото и сурьма), армангит (мышьяк и марганец), моурит (молибден и уран), плюмбоферрит (свинец и железо), калкурмолит (кальций, уран, молибден), плюмалсит (свинец, алюминий и кремний), цирсианит (цирконий, кремний и натрий), фосинаит (фосфор, кремний и натрий) и др.

Однако есть такие химические элементы, которые изначально открыты благодаря исследованию минералов, и тогда, наоборот, они наследуют их имена [2]. Название элемента в таких случаях представляет интерес в отношении истории его открытия (иногда полной драматизма). Несколько химических элементов, открытие и название которых связаны с минералами, описаны в этом очерке в алфавитном порядке.

Барий (Ba) — химический элемент с атомным номером 56. В 1774 г. шведские химики Ю.Ган и К.Шееле исследовали один из самых тяжелых минералов — BaSO_4 (тяжелый шпат) и установили, что в нем содержится оксид неизвестного элемента. Несколько позднее, в 1779 г., французский химик Л.Б.Гитон де Морво назвал этот оксид баротом, а в дальнейшем **баритом** (от греческого βαρυς — тяжелый). И только в 1808 г. британский химик Г.Дэви, подвергнув электролизу этот оксид, получил из него новый неизвестный металл, который стали называть барием.

Барий — щелочноземельный металл, мягкий, ковкий, серебристо-белого цвета. В большинстве соединений он проявляет максимальную степень окисления +2. В структурах минералов встречается в различной координации (от 6 до 12) с ионными радиусами (r) в пределах 1.35–1.61 Å. В структуре барита [3] барий может формировать 12-вершинник с расстояниями Ba–O от 2.7657 до 3.3148 Å; либо, если ограничить его сферу расстояниями Ba–O до 2.8154 Å, он образует шестивершинник. Атомы серы находятся в тетраэдрах, объединяющих полиэдры бария в каркасную постройку (рис.1).

Минералы, содержащие барий, как правило, имеют указание на этот элемент в своих названиях: барит BaSO_4 , барилит $\text{BaBe}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, баритокальцит $\text{BaCa}(\text{CO}_3)_2$, бариоолыгит $\text{Ba}(\text{Na},\text{Sr},\text{REE})_2\text{Na}[\text{PO}_4]_2$, бариомикролит $\text{Ba}(\text{Ta},\text{Nb})_2(\text{O},\text{OH})_7$, бариоферрит $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ и др.

Мы открыли новый минерал набалампрофиллит $\text{Ba}(\text{Na},\text{Ba})_2\text{Na}_3\text{Ti}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_2(\text{OH},\text{F})_2$ из Ков-

дорского массива [4]. Названия еще двух наших новых минералов также говорят о присутствии в них бария: леммлейнит-Ba $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ba}_{1-x}\text{Ti}_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O},\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и парацепинит-Ba $(\text{Ba},\text{Na},\text{K})_2(\text{Ti},\text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH},\text{O})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ [5, 6].

Бериллий (Be) — элемент с атомным номером 4 — был открыт в 1798 г., когда при исследовании зеленовато-голубых кристаллов **берилла** из Лиможа французский химик Н.Л.Воклен понял: минерал содержит не только оксиды алюминия и кремния (что было известно и раньше), но и оксид неизвестного химического элемента. Название *бериллий* ввели известные химики М.Г.Клапрот и А.Экеберг. Академик А.Е.Ферсман еще в начале XX в. предсказал исключительное значение этого элемента в решении многих важных научно-технических проблем*.

Бериллий — легкий светло-серый щелочноземельный металл, весьма широко распространенный в природе. Он двухвалентен и координирован атомами кислорода по тетраэдру или октаэдру (ионные радиусы 0.16–0.45 Å). Чаще всего в минералах бериллий находится в тетраэдрах. Названия некоторых содержащих его минералов включают приставки *берилл* или *бер*: берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$, бериллит $\text{Be}_3\text{SiO}_4(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, бериллонит NaBePO_4 , бергслагит $\text{CaBe}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$, берборит $\text{Be}_2(\text{VO}_3)(\text{OH},\text{F}) \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Структура берилла состоит [7] из шестичленных колец тетраэдров кремния и 12-членных колец из чередующихся тетраэдров Be и октаэдров Al (рис.2).

Бор (B) — элемент с атомным номером 5 — впервые получен в 1808 г. французскими химиками Ж.Гей-Люссаком и Л.Тенаром при нагревании борного ангидрида B_2O_3 с металлическим калием. А позже Дэви получил его электролизом расплавленного B_2O_3 . Название элемента произошло от арабского слова *бурак* или персидского *бурах*, обо-

* См., например: Кизильштейн Л.Я. Бериллий в ископаемых углях: геохимия, ресурсы, экология // Природа. 2018. №8. С.67–69.

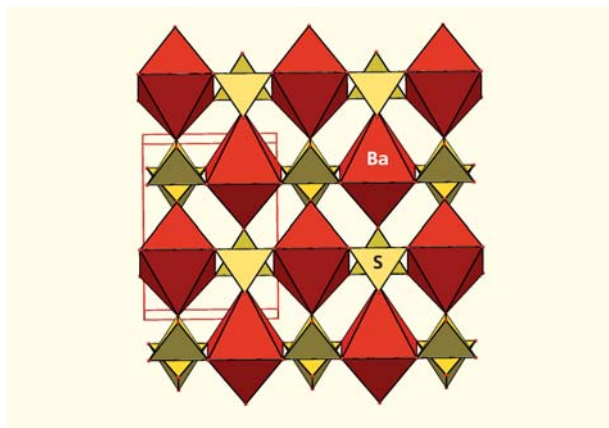


Рис.1. Структура барита.

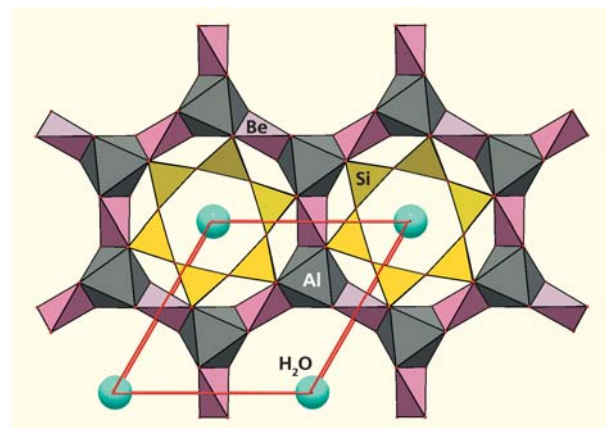


Рис.2. Структура берилла.

значавших **буру**. Известно более 10 аллотропных модификаций бора, образование и взаимные переходы которых определяются температурой, при которой этот элемент был получен.

Бор — либо кристаллическое вещество (бесцветное, серое или красное), либо аморфное (темное). Содержание его в земной коре невысоко, а элементарный бор в природе не встречается. Несмотря на это, известно около 100 собственных минералов бора. Почти во всех них он связан с кислородом. В виде боросиликатов и боратов, а также как изоморфная примесь бор входит в состав многих изверженных и осадочных пород. Основные его минералы — боросиликаты (датолит CaBSiO_4OH , данбурит $\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) и бораты (ашарит $\text{MgBO}_2(\text{OH})$, бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, гидроборатит $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Присутствие бора (наряду с кальцием и бериллием) отражено и в названии открытого нами минерала калькибеборосилита $(\text{REE}, \text{Ca})_2(\text{B}, \text{Be})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH}, \text{O})_2$ [8].

Бор проявляет степень окисления +3, его уникальная особенность — способность находиться в двух типах координации: в виде тетраэдра, где ионный радиус 0.11 Å, и в виде треугольника с исчезающе малым радиусом (0.01 Å). Часто оба типа полиэдров присутствуют в одной структуре, в том числе в буре [9], где тетраэдры бора соединены вершинами в диортогруппы, которые вместе с двумя треугольниками образуют изолированные кластеры. В объединении кластеров в трехмерную постройку участвуют атомы натрия в октаэдрах, сгруппированных в зигзагообразные ленты, и водородные связи молекул воды в вершинах октаэдров и OH-групп в свободных вершинах B-полиэдров (рис.3).

Вольфрам (W) — химический элемент с атомным номером 74 — унаследовал название от минерала **вольфрамит**, который был известен еще в XVI в. Минерал получил свое имя от немецкого

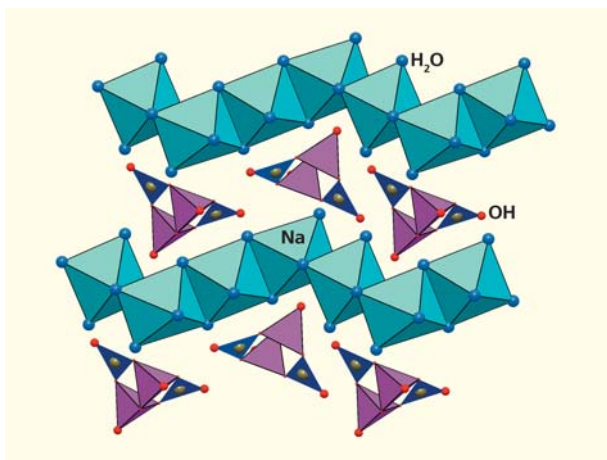


Рис.3. Структура буры.

Wolf Rahm (волчьих сливок, волчий крем) из-за того, что его присутствие мешало выплавке олова (он «пожирал олово, как волк овцу»). В 1783 г. испанские химики братья Х. и Ф. д'Эльгуйяр получили из вольфрамитов оксид нового металла, а затем и сам металл. Сейчас в Великобритании, США и Франции для вольфрама используют название *tungsten* (от шведского *tung sten* — тяжелый камень), а для минералов вольфрама — *тангстаты*.

Твердый блестящий серебристо-серый переходный металл вольфрам встречается в природе главным образом в шестивалентном состоянии с оксидами железа, марганца и кальция, а иногда — свинца, меди, тория и других редкоземельных элементов. Промышленное значение имеют вольфрамит марганца $n\text{FeWO}_4 \cdot (1-n)\text{MnWO}_4$, ферберит $\text{Fe}^{2+}\text{WO}_4$, гюбнерит MnWO_4 и шеелит CaWO_4 . Средняя концентрация вольфрама в земной коре невысока — всего $1.3 \cdot 10^{-4} \%$.

Вольфрам проявляет переменную степень окисления: +4, +5 и +6, но чаще всего входит в структуру минералов как 6-валентный ($r = 0.60 \text{ \AA}$) и в октаэдрическом окружении. В структуре ферберита зигзагообразные колонки из реберносвязанных октаэдров Fe^{2+} и колонки из W-октаэдров располагаются в шахматном порядке и объединяются вершинами в каркасную постройку [10] (рис.4).

Кальций (Ca) — элемент с атомным номером 20. Его соединения встречаются в природе повсеместно. Человечество знакомо с ними с древнейших времен. Издавна в строительном деле находила применение известь. А в 1808 г. Дэви сумел получить из нее электролизом новый металл, который и назвал кальцием (от латинского *calx* — известь).

Кальций — химически активный щелочноземельный металл, мягкий, серебристо-белого цвета. Он проявляет валентность +2, а его ионный радиус варьирует от 1.00 до 1.34 Å в зависимости от координационного полиэдра с вершинами от 6 до 12. Кальций входит в состав большого числа минералов. Из них около 20 включают в свое название приставку *кальцио* (например, кальциоилерит $\text{CaZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), *кальци* (кальциборит CaB_2O_4), *каль* (кальцитрит $\text{CaZr}_3\text{TiO}_9$). Недавно с нашим участием в вулканических породах горы

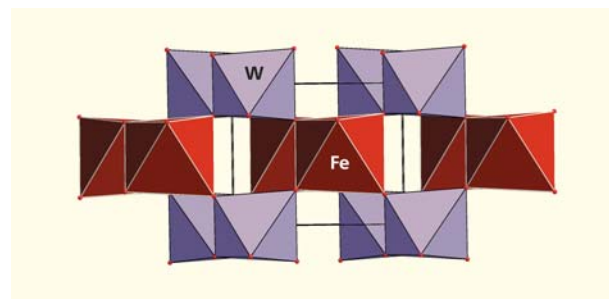


Рис.4. Структура ферберита.

Айфель (Германия) был открыт новый минерал $\text{KNa}[\text{CaH}_2\text{O}][\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, который мы назвали кальцинакситом [11].

Наиболее известный минерал кальция — кальцит CaCO_3 . В его структуре Ca находится в октаэдрах, объединенных карбонатными треугольниками в слой, а вершинами октаэдров и треугольников слои соединяются в каркасную постройку [12].

Кобальт (Co) — химический элемент под номером 27. В 1735 г. шведский минералог Г.Брандт выделил из минерала **кобальтина** (CoAsS) неизвестный ранее металл, который и назвал кобальтом. Ученый также выяснил, что соединения именно кобальта окрашивают стекло в синий цвет (этим свойством пользовались еще в древности (в Ассирии и Вавилоне)).

Кобальт — серебристо-белый, слегка желтоватый металл с розоватым или синеватым отливом. Его валентность переменна (+2, +3, +4), но в большинстве соединений он проявляет степень окисления +2 (ионный радиус 0.58 \AA в тетраэдре и 0.90 \AA в 8-вершиннике). Но в структуре минералов кобальт чаще всего формирует октаэдры, где его ионный радиус равен 0.65 \AA . В названиях кобальтсодержащих минералов часто присутствует приставка *кобальт*: кобальтпентландит Co_9S_8 , кобальтциппеит $\text{Co}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)\text{O}_2 \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$, кобальтартурит $\text{CoFe}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и др.

В структуре кобальтартурита октаэдры кобальта дискретны, а октаэдры Fe соединяются друг с другом ребрами в тетрамеры [13]. Оба октаэдрических фрагмента через вершины As-тетраэдров объединяются в трехмерную постройку (рис.5).

Литий (Li) — химический элемент с атомным номером 3 — был открыт в 1817 г. шведским химиком и минералогом И.Арфведсоном сначала в минерале петалите $(\text{Li},\text{Na})[\text{Si}_4\text{AlO}_{10}]$, а затем в лепидолите $\text{K}_2\text{Li}_3\text{Al}_5[\text{Si}_6\text{O}_{20}](\text{F},\text{OH})_4$ и в сподумене $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Лепидолит уже дискредитирован, поскольку установили, что он представляет собой промежуточный член ряда полилитиионита — трилитиионита. Свое название литий получил из-за того, что был обнаружен в «камнях» (от греческого λίθος — камень). Сначала он именовался литион, а современное название предложил выдающийся шведский химик Й.Я.Берцелиус.

Литий — серебристо-белый щелочной металл, мягкий и пластичный. Это литофильный элемент, распространенный в верхней части земной коры. Однако большие скопления лития обнаружены и в некоторых гигантских звездах. Степень окисления лития +1. Чаще всего в структуру минералов он входит в тетраэдрическом (ионный радиус 0.58 \AA) или в октаэдрическом ($r = 0.78 \text{ \AA}$) окружении и реже в виде изоморфной примеси в 8-вершинниках ($r = 0.92 \text{ \AA}$) совместно с крупными одновалентными

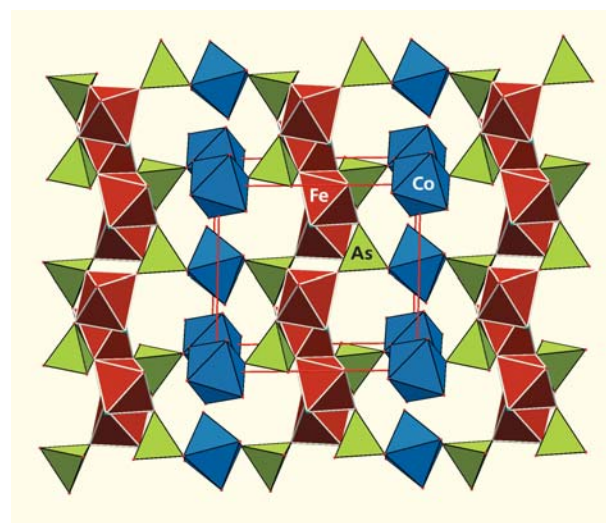


Рис.5. Структура кобальтартурита.

ми катионами Na, K, Rb и Cs. В структуре петалита атомы Li и Al находятся в тетраэдрах [14], чередуясь, соединяются ребром в цепочки, а тетраэдрами кремния объединяются в трехмерную постройку (рис.6).

Минералы линтисит $\text{Na}_3\text{LiTi}_2[\text{Si}_4\text{O}_{14}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и налипоит NaLi_2PO_4 (открытый А.П.Хомяковым в пегматитах горы Аллуайв Ловозерского щелочного массива на Кольском п-ове) в своих названиях также содержат указание на присутствие в их составе лития [15, 16].

Магний (Mg) — элемент с атомным номером 12 — входит в состав соединений, которые были известны человеку с давних времен. **Магнезитом** называли мягкий белый минерал (мыльный камень), который находили в районе древнего города Магнезии в Малой Азии. В 1792 г. малоизвестный австрийский химик А. фон Рупрехт выделил из белой магнезии неизвестный металл, названный им австрием. В 1808 г. Дэви из магнезии получил амальгаму неизвестного металла, которому дал название

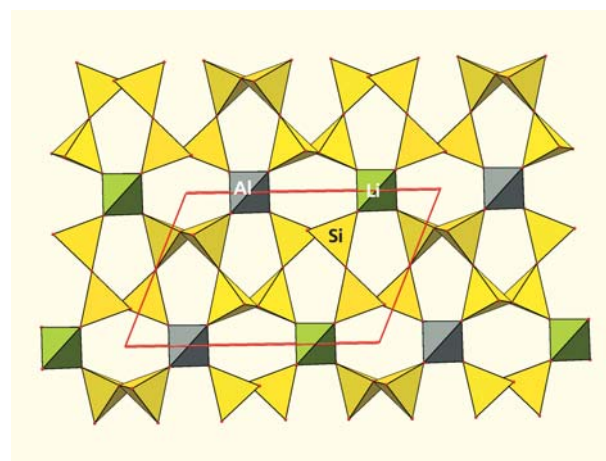


Рис.6. Структура петалита.

магнезиум, сохранившееся до сих пор во многих странах. В России принято наименование *магний*.

Магний — легкий, ковкий металл серебристо-белого цвета, Двухвалентный, с ионным радиусом 0.57–0.89 Å. В структурах магний окружают 4, 5, 6 или 8 атомов кислорода, но в минералах он чаще всего образует октаэдры, которые в структуре магнезита $MgCO_3$, как и в кальците, соединяются вершинами в слой, а треугольниками — в трехмерную постройку [17] (рис.7).

Около 30 минералов, в состав которых входит магний, добавили к своему названию приставку *магнезио*: магнезиоаксинит $Ca_2MgAl_2BSi_4O_{15}(OH)$, магнезиокарфолит $MgAl_2Si_2O_6(OH)_4$, магнезиоферрит $MgFe_2O_4$, магнезиохромит $MgCr_2O_4$ и ряд других. А в 2015 г. открытый нами минерал состава $K_2Mg_5Fe_3Al(SO_4)_{12} \cdot 18H_2O$ из месторождении Алкапарроса (Чили) был назван магнезиовольтаитом [18].

Никель (Ni) — химический элемент под номером 28. История его открытия растянулась почти на полвека. Руда, похожая на медную, была известна саксонским горнякам давно. Ее применяли для получения стекол зеленого цвета, но все попытки выплавить из нее медь оказались неудачными — по мнению рудокопов, из-за вмешательства гнома. Руду стали называть купферникелем, что примерно означает *медный дьявол* (Kupfer по-немецки — медь, а Nickel — имя гнома). В 1751 г. молодой шведский металлург и минералог А.Ф.Кроншtedт выделил из этой руды неизвестный ранее металл и назвал его никелем. Открытие более 20 лет оспаривалось: современники полагали, что никель — не самостоятельный элемент, а сплав уже известных металлов с мышьяком и серой. И только в 1775 г., через 10 лет после смерти Кроншtedта, его соотечественнику химику Т.Бергману удалось убедить ученых в том, что никель — действительно новый металл. Но окончательно в качестве элемента он утвердился только в начале XIX в.

Никель — переходный металл, пластичный, ковкий, серебристо-белого цвета. Известно более

100 минералов никеля, и те, в которых никель преобладает над другими элементами, сохраняют приставку *никел(ь)* в своих названиях: никелин $NiAs$, никельаустинит $Ca(Ni,Zn)(AsO_4)(OH)$, никельскуттерудит $NiAs_{2-3}$, никельфосфид Ni_3P , никельциппеит $Ni_2(UO_2)_6(SO_4)_3(OH)_{10} \cdot 16H_2O$ и др.

Никель в природе чаще всего двухвалентный, с ионным радиусом 0.55–0.69 Å. Он находится либо в тетраэдрической, либо в октаэдрической координации атомов кислорода. Например, в структуре никельаустинита Ni-октаэдры объединяются в пары, которые соединяются тетраэдрами мышьяка в трехмерную постройку [19]. А в ее каналах располагаются крупные 8-вершинники Ca, укрепляющие структуру (рис.8).

Самарий (Sm) — элемент с атомным номером 62. На протяжении всего периода открытия редкоземельных элементов (*REE*) оставалось неясным, сколько же их существует в природе. Из-за своего исключительного химического сходства они содержатся в рудах и минералах, как правило, совместно. Растянувшаяся на полтора века история открытия *REE* (с момента обнаружения иттрия в 1794 г.) связана с совершенствованием методики разделения смесей на составляющие и с последовательным выделением отдельных элементов (точнее, их оксидов). Самарий — один из таких элементов.

Он был выделен из минерала **самарскита** $(Y,Ce,U,Fe)_3(Nb,Ta,Ti)_5O_{16}$, который нашли в XIX в. на Урале, в Ильменских горах, близ г.Златоуста. Немецкий химик Г.Розе переименовал минерал уранотантал (названный по содержанию урана и тантала) в самарскит — в честь русского горного инженера полковника В.Е.Самарского-Быховца, приславшего ему образцы данного минерала. Позднее самарскит нашли в Северной Америке, в штате Северная Каролина. Многие химики занимались анализами этого минерала. Новый, ранее неизвестный элемент был обнаружен французскими химиками М.Делафонтемом в 1878 г. и Л. де Буабодраном в 1879 г. спектроскопически (по неизвестным ранее двум голубым линиям в спектре). Конечно

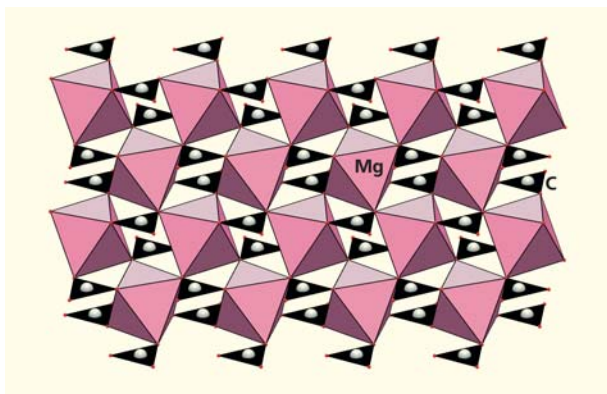


Рис.7. Структура магнезита.

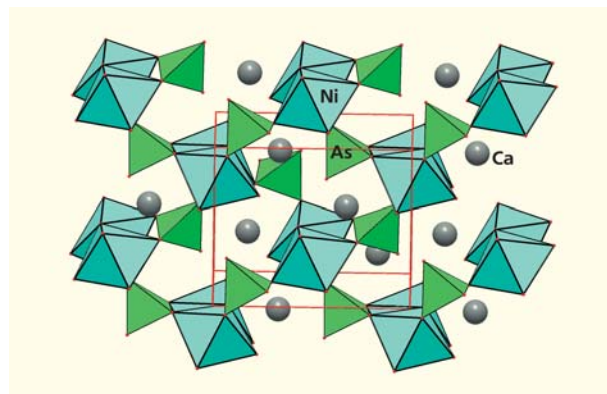


Рис.8. Структура никельаустинита.

же, повезло полковнику, в честь которого назвали не только минерал, но и химический элемент, хотя он и не принимал участие в исследовании ни того, ни другого...

Самарий — твердый металл белого цвета. Наряду с другими редкоземельными элементами он присутствует в таких минералах, как бастнезит $\text{Ce}(\text{CO}_3)\text{F}$, лопарит $(\text{Ce}, \text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$, гадолинит $\text{Y}_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$, монацит-(Sm) SmPO_4 , флоренсит-(Sm) $\text{SmAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$. И хотя в формуле самарскита этот элемент не «прописан» из-за его малого содержания (как и в некоторых других минералах), он входит в качестве примеси в первую скобку (радиус иона Sm^{3+} равен 1.24 \AA). А в структуре флоренсита-(Sm) 12-вершинники самария (ионный радиус Sm^{2+} равен 1.32 \AA) заполняют каналы в каркасе из Al-октаэдров, соединенных вершинами в цепочки и объединенных P-тетраэдрами [20] (рис.9).

А какие тайны скрывает в своем имени элемент семейства актиноидов — торий?

Торий (Th) — элемент с атомным номером 90. История его открытия сложна и запутана. Первоначально Берцелиус ошибочно назвал торием несуществующий элемент (Thorium — имя древнескандинавского божества Тора). Спустя 10 лет, в 1828 г., тот же Берцелиус, анализируя образец минерала, найденного в сиенитах на о.Левен (Норвегия), обнаружил, что он состоит из кремнезема и оксида неизвестного металла, который снова получил название торий, а новый минерал назвали торитом ThSiO_4 . Таким образом, оба открытия случились одновременно — находка нового минерала и выделение из него нового элемента. Первый чистый препарат металлического тория, который оказался радиоактивным, получил в 1882 г. шведский химик Л.Ф.Нильсон.

Степень окисления тория +4, а ионный радиус меняется в пределах $0.94\text{--}1.21 \text{ \AA}$. В соответствии с этим координационные полиэдры варьируют от 6- до 12-вершинников.

Торий в свободном виде не встречается. Однако известно более 30 его минералов. Среди них — торнасит $\text{Na}_{12}\text{Th}_3(\text{Si}_8\text{O}_{19})_4 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, торианит ThO_2 , торит ThSiO_4 , торутит $(\text{Th}, \text{U}, \text{Ca})\text{Ti}_2(\text{O}, \text{OH})_6$. Основной промышленный источник этого элемента — монацит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})\text{PO}_4$. Содержится торий также в ильменитовых, рутиловых и касситеритовых рудах.

В структуре минералов торий часто находится в крупных полиэдрах совместно с редкоземельными элементами. Так, в структуре монацита [21] он занимает позицию в 9-вершинниках, которые соединяются по ребру в ленты, объединенные P-тетраэдрами в трехмерную постройку (рис.10).

Фтор (F) — элемент №9 — непосредственно связан с минералом **флюоритом** CaF_2 . Название минерала (который иначе называется плавиковым

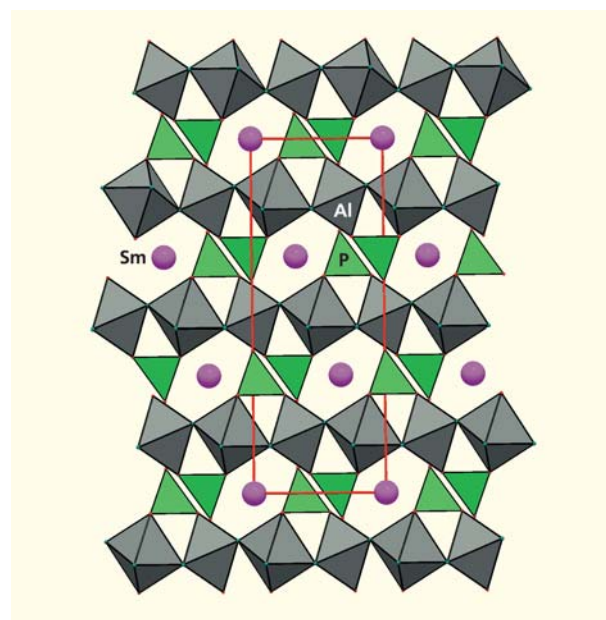


Рис.9. Структура флоренсита-(Sm).

шпатом) происходит от латинского fluo — течь. Его добавка понижает температуру плавления руды. И за новым элементом укрепилось название *флюор* — текучий.

История открытия фтора полна трагизма из-за высокой активности этого газообразного элемента. Никогда еще при попытках обнаружения новых элементов не было принесено столько жертв (таких исследователей называли «мучениками фтора»), как при экспериментах, имевших целью выделить свободный фтор. Вероятно, поэтому в 1816 г. для нового элемента было предложено хотя и сходное по звучанию, но совершенно иное по смыслу название *фтор* (от греческого фтора — разрушающий). Это название элемента принято только в русском языке, французы и немцы продолжают называть его fluor, англичане — fluorine.

Фтор — двухатомный газ (F_2) бледно-желтого цвета с резким запахом, напоминающим озон или хлор. Структура флюорита [22] состоит из атомов

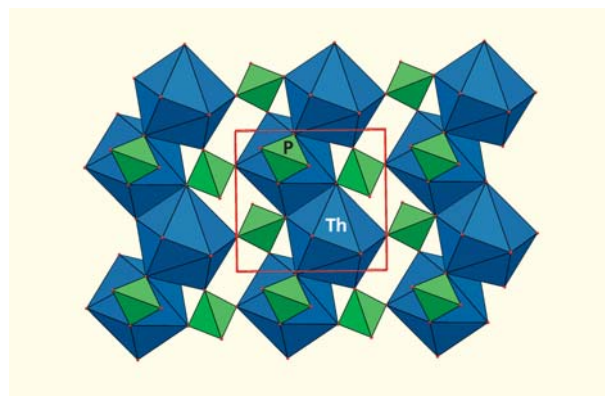


Рис.10. Структура монацита.

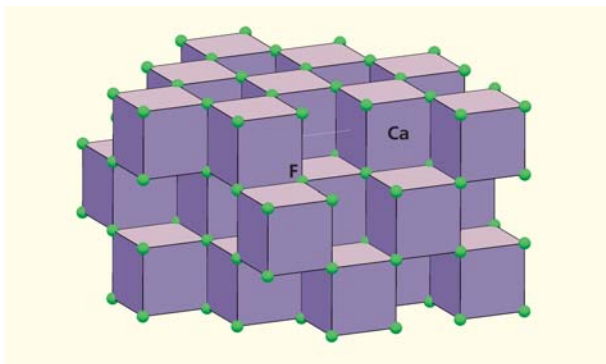


Рис.11. Структура флюорита.

кальция в окружении атомов фтора, образующих кубы (рис.11).

Многие природные соединения содержат фтор. Приставка *флюо* или *фтор* участвует в названии более 60 минералов — это фторапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, флюоцерит $(\text{Ce}, \text{La})\text{F}_3$, флюоборит $\text{Mg}_3(\text{BO}_3)(\text{F}, \text{OH})_3$, и др. Данный список дополнили открытые нами минералы фторкафит $\text{Ca}(\text{Sr}, \text{Na}, \text{Ca})(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ce})_3(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (со структурным мотивом апатита) и фторканасит $\text{K}_3\text{Na}_3\text{Ca}_5[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}](\text{F}, \text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ из Хибинского щелочного массива (Кольский п-ов) [23, 24]. А недавно в статусе минерального вида утвержден еще один минерал, также открытый при нашем участии. В его названии отражено содержание и бария, и фтора. Это — фторбаритолампрофиллит $(\text{Ba}, \text{Sr})_2[(\text{Na}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Ti}, \text{Mg})\text{F}_2][\text{Ti}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2]$ [25].

Цирконий (Zr) — химический элемент с атомным номером 40 — впервые выделил в 1789 г. немецкий химик Клапрот при анализе минерала **циркона**, привезенного с берегов Цейлона. Полученное Клапротом вещество не было новым элемен-

том, но оказалось оксидом нового элемента, который впоследствии занял в таблице Менделеева сороковую клетку. Чистый цирконий в виде блестящего металла серебристо-серого цвета удалось получить Берцелиусу лишь спустя 35 лет, в 1824 г.

Происхождение слова *циркон* неясно, но элемент унаследовал это имя и стал называться цирконием. Это литофильный элемент. Его соединения широко распространены в литосфере. В природе практически всегда он встречается с кислородом, преимущественно в виде оксидов и силикатов (хотя также есть фосфаты и даже один сульфат — циркосульфат $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Несмотря на то что цирконий — рассеянный элемент, насчитывается более 120 минералов, в которых отмечено его присутствие.

Цирконий четырехвалентен, ионный радиус 0.59–0.89 Å. В структурах он образует полиэдры с координационными числами от 4 до 9. Самые распространенные минералы циркония — циркон (ZrSiO_4), бадделеит (ZrO_2) и минералы со сложным переменным составом (например, эвдиалит). В структуре самого циркона Zr находится в крупном восьмивершиннике, но наиболее часто он встречается в октаэдрическом окружении, как в эвдиалите, который может служить потенциальным сырьем на цирконий [1].

* * *

Итак, элементы, синтезированные или найденные в природе, по-разному получали свои названия. Из нашего краткого обзора видно, что элементов, обнаруженных в уже известных минералах и унаследовавших их имена, не очень много, но они свидетельствуют о существенном вкладе минералогии в открытие новых химических элементов. ■

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках Государственного задания ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН в части сравнительного кристаллохимического анализа минералов и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-29-12005) в части сбора материалов по химическим элементам.

Литература / References

1. *Расцветоваева Р.К., Чуканов Н.В., Аксенов С.М.* Минералы группы эвдиалита: кристаллохимия, свойства, генезис (монография). Нижний Новгород, 2012. [Rastsvetaeva R.K., Chukanov N.V., Aksenov S.M. Minerals of the eudialyte group: crystal chemistry, properties, genesis (monograph). Nizhny Novgorod, 2012. (In Russ.)]
2. *Митчелл Р.С.* Названия минералов. Что они означают? М., 1982. [Mitchell R.S. Mineral Names. What do they mean? New York, 1979.]
3. *Colville A. A., Staudhammer K.* A refinement of the structure of barite. Amer. Mineral. 1967; 52: 1877–1880.
4. *Чуканов Н.В., Моисеев М.М., Пеков И.В., Лазебник К.А., Расцветоваева Р.К. и др.* Набалампрофиллит $\text{Ba}(\text{Na}, \text{Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH}, \text{F})_2\}$ — новый слоистый титаносиликат группы лампрофиллита из щелочно-ультраосновных массивов Инагли и Ковдор, Россия. Записки РМО. 2004. (1): 59–72. [Chukanov N.V., Moiseev M.M., Pekov I.V., Lazebnik K.A., Rastsvetaeva R.K. et al. Nabalamporphylite $\text{Ba}(\text{Na}, \text{Ba})\{\text{Na}_3\text{Ti}[\text{Ti}_2\text{O}_2\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH}, \text{F})_2\}$, a new layer titanosilicate of the lamprophyllite group from Inagli and Kovdor alkaline-ultrabasic massifs, Russia. Zapisky RMO. 2004; (1): 59–72. (In Russ.)]
5. *Чуканов Н.В., Пеков И.В., Расцветоваева Р.К. и др.* Леммлейнит-Ва $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ba}_{1-x}\text{Ti}(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал группы лабунцовита. Записки РМО. 2001; 130(3): 36–43. [Chukanov N.V., Pekov I.V., Rastsvetaeva R.K. et al. Lemmleinite-Ba $\text{Na}_2\text{K}_2\text{Ba}_{1-x}\text{Ti}(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a new mineral of the labuntsovite group. Zapisky RMO. 2001; 130(3): 36–43. (In Russ.)]
6. *Чуканов Н.В., Пеков И.В., Задов А.Е., Расцветоваева Р.К. и др.* Новые минералы цепинит-К $(\text{K}, \text{Ba}, \text{Na})_2(\text{Ti}, \text{Nb})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и парацепинит-Ва $(\text{Ba}, \text{Na}, \text{K})_{2-x}(\text{Ti}, \text{Nb})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и их соотношения с другими минералами группы лабунцовита. Записки РМО. 2003; (1): 38–51. [Chukanov N.V., Pekov I.V., Zadov A.E., Rastsvetaeva R.K. et al. New minerals tsepinite-K

- (K,Ba,Na)₂(Ti,Nb)₂(Si₄O₁₂)(OH,O)₂·3H₂O and pararsepinitite-Ba (Ba,Na,K)_{2-x}(Ti,Nb)₂(Si₄O₁₂)(OH,O)₂·4H₂O and their relationship with other labuntsovite group members. *Zapisky RMO*. 2003; (1): 38–51. (In Russ.)]
7. *Artioli G., Rinaldi R., Stahl K., Zanazzi P.F.* Structure refinements of beryl by single-crystal neutron and X-ray diffraction. *Amer. Mineral*. 1993; 78: 762–768.
 8. *Расцветова Р.К., Пушчаровский Д.Ю., Пеков И.В., Волошин А.В.* Кристаллическая структура калькибеборосилита и ее место в изоморфной серии датолит–гадолинит. *Кристаллография* 1996; 41(1): 65–69. [*Rastsvetaeva R. K., Pushcharovsky D. Yu., Pekov I.V., Voloshin A.V.* Crystal structure of calybeborosilite and its place in the datolite–gadolinite isomorphous series. *Kristallografiya*. 1996; 41: 235–239.]
 9. *Gainsford G.J., Kemmitt T., Higham C.* Redetermination of the borax structure from laboratory X-ray data at 145 K. *Acta Cryst.* 2008; 64: 24–25.
 10. *Ulku D.* Untersuchungen zur Kristallstruktur und magnetischen Struktur des Ferberits FeW04. *Z. Krist.* 1967; 124: 192–219.
 11. *Chukanov N.V., Aksenov S.M., Rastsvetaeva R.K. et al.* Calcinaksite, KNaCa(Si₄O₁₀) H₂O, a new mineral from the Eifel volcanic area, Germany. *Miner. Petrol.* 2015; 109(4): 397–404.
 12. *Markgraf S. A., Reeder R. J.* High-temperature structure refinements of calcite and magnesite. *Amer. Mineral*. 1985; 70: 590–600.
 13. *Kampf A. R.* The crystal structure of cobaltarthurite from the Bou azzer district, Morocco: the location of hydrogen atoms in the arthurite structure-type. *Can. Mineral*. 2005; 43: 1387–1391.
 14. *Tagai T., Ried H., Joswig W., Korekawan M.* Kristallographische untersuchungen eines petalits mittels neutronenbeugung und Transmissionselektronenmikroskopie. *Z. Krist.* 1982;160: 159–170.
 15. *Ercit T.S.* The crystal structure of nalipoite. *Can. Mineral*. 1991; 29: 569–573.
 16. *Хомьяков А.П., Полежаева Л.И., Мерлино С., Пазеро М.* Линтисит Na₃LiTi₂Si₄O₁₄·2H₂O — новый минерал. *Записки ВМО*. 1990; CXIX(3): 76–80. [*Khomyakov A.P., Polezhaeva L.I., Merlino S., Pazerо M.* Linitisit Na₃LiTi₂Si₄O₁₄·2H₂O — a new mineral. *Zapisky VMO*. 1990; CXIX(3): 76–80. (In Russ.)]
 17. *Oh K., Morikawa H., Iwai S., Aoki H.* The Crystal Structure of Magnesite. *Amer. Mineral*. 1973; 58: 1029–1033.
 18. *Chukanov N.V., Aksenov S.M., Rastsvetaeva R.K. et al.* Magnesiovoltaite, K₂Mg₃Fe³⁺Al(SO₄)₁₂·18H₂O, a new mineral from the Alcaparrosa mine, Antofagasta region, Chile. *European Journal of Mineralogy*. 2016; 28: 1005–1017.
 19. *Cesbron F.P., Ginderow D., Giraud R. et al.* La nickelaustinite Ca(Ni,Zn)(AsO₄)(OH): nouvelle espece minerale du district cobalto-nickelifere de Bou-Azzer, Maroc. *Can. Mineral*. 1987; 25: 401–407.
 20. *Репина С.А., Попова В.И., Чуринов Е.И. и др.* Флоренцит-(Sm), (Sm,Nd)Al₃(PO₄)₂(OH)₆ — новый минерал группы алунита-ярозита с Приполярного Урала. *Записки РМО*. 2010; (4): 16–25. [*Repina S.A., Popova V.I., Churin E.I. et al.* Florencite-(Sm), (Sm,Nd)Al₃(PO₄)₂(OH)₆ — a new mineral of alunite-jarosite group from the Subpolar Urals. *Zapisky RMO*. 2010; (4): 16–25. (In Russ.)]
 21. *Ni Y., Hughes J.M., Mariano A.N.* Crystal chemistry of the monazite and xenotime structures. *Amer. Mineral*. 1995; 80: 21–26.
 22. *Palache, C., Berman H., Frondel C.* Dana's system of mineralogy. 7th edition. 1951; II: 29–37.
 23. *Хомьяков А.П., Куликова И.М., Расцветова Р.К.* Фторкафит Ca(Sr,Na,Ca)(Ca,Sr,Ce)₃(PO₄)₃F — новый минерал со структурным мотивом апатита. *Записки РМО*. 1997; 126(3): 87–97. [*Khomyakov A.P., Kulikova I.M., Rastsvetaeva R.K.* Fluorcapthite Ca(Sr,Na,Ca)(Ca,Sr,Ce)₃(PO₄)₃F — a new mineral with the apatite structural motif. *Zapisky RMO*. 1997; (3): 87–97. (In Russ.)]
 24. *Хомьяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Кривоконев Г.К., Расцветова Р.К. и др.* Фторканасит, K₃Na₃Ca₅Si₁₂O₃₀(F,OH)₄·H₂O — новый минерал из Хибинского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) и новые данные о канасите. *Записки РМО*. 2009; 138(2): 52–66. [*Khomyakov A.P., Nechelyustov G.N., Krivokoneva G.K., Rastsvetaeva R.K. et al.* Fluorcanasite K₃Na₃Ca₅Si₁₂O₃₀(F,OH)₄·H₂O — a new mineral from Khibiny alkaline massif (Kola Peninsula, Russia) and new data of canasite. *Zapisky RMO*. 2009; (2): 52–66. (In Russ.)]
 25. *Filina M.I., Aksenov S.M., Sorokhtina N.V. et al.* The new mineral fluorbarytolamprophyllite, (Ba,Sr)₂[(Na,Fe²⁺)₃(Ti,Mg)F₂][Ti₂(Si₂O₇)₂O₂] and chemical evolution of lamprophyllite-group minerals in agpaitik syenites of the Kola Peninsula. *Mineral. Petrol.* 2019. In press.

What do Their Names Mean? Chemical Elements Discovered by Minerals

R.K.Rastsvetaeva¹, S.M.Aksenov¹

¹Shubnikov Institute of Crystallography, RAS (Moscow, Russia)

It is well-known that the minerals consist of chemical elements — one (iron Fe), two (halite NaCl), three (calcite CaCO₃), or more. As a rule natural compounds are multicomponent and contain dozens of elements. Very often minerals are named after chemical elements they consist of. But there are such chemical elements which originally were discovered due to minerals' investigation and then otherwise these minerals transmit their names to elements. Element name in such case is of particular interest because of its discovery history (sometimes very dramatically). Chemical elements which discovery and names are related to minerals are considered in this article. Main data about the properties of these elements and their role in the mineral structure is given.

Keywords: chemical element, mineral, crystal structure, mineral names.