

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 549.

© Почетный член А. Г. БУЛАХ, д. чл. А. А. ЗОЛОТАРЁВ, С. Н. БРИТВИН

К ИСТОРИИ ОТКРЫТИЯ МИНЕРАЛОВ И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

A. G. BULAKH, A. A. ZOLOTAREV, S. N. BRITVIN. ON THE HISTORY OF MINERAL DISCOVERIES
AND A LOOK IN THE FUTURE

*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра минералогии,
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, bulakh@AB5062.spb.edu*

Actually, there are nearly 4000 mineral species registered. The most numbers of minerals were discovered, for the first time, in the United States (about 600), Russia (about 550) and Germany (nearly 250). In the period 1775—1956 the intensity of discoveries was roughly at one and the same level: from 10 to 20 mineral species per year. This rate stayed practically independent on the progress of investigation techniques — even the X-ray method invention didn't accelerate it. On the contrary, the mere organizing events have changed the inflow. In 1956—1959 commissions on new minerals and mineral names have been formed in the Russian Mineralogical Society and the International Mineralogical Association and since this date the annual amount of the newly discovered minerals achieved the new level — from 30 to 50 species, and become stable. Two peaks of discoveries correspond to the years 1980—1984 and the period after publication of the nomenclature of amphiboles. The first microprobe analyses of minerals become known in 1962—1963, but, in the whole, this way of study become significant after 1974 only. The paper shows data on distribution of mineral discoveries over countries, through time and by scientists-discoverers. There are two clear champions among mineralogists — A. P. Khomyakov and P. Dunn. The following problems are discussed also: 1) necessity to distinguish structural varieties of minerals; 2) habitually repeated uncertainties in written formulas of the new minerals; 3) unwarranted detection of «new minerals» with composition close to the 50% point, and on the base of some single-time observations; 4) necessity to apply the 50% rule under consideration of interrelated isomorphous replacements over all structural sites.

Сейчас известно более 4000 самостоятельных минералов (минеральных видов). Ежегодно их число стремительно возрастает. Описания минералов, отвечающие современным стандартам, начали публиковаться с середины XVIII века. В период с 1819 по 1892 г. вышло много фундаментальных сводок — Вернера, Хаусманна, Бёданта, Брейтгаупта, Глокера, Хайдингера, Кенготта, Дана, Кокшарова и др. В них дана характеристика большого числа минералов, известных и неизвестных ранее. К концу XIX века публикации о новых минералах постепенно сосредоточились в специальных журналах.

С конца XVIII века наибольшее число минералов было открыто на территориях Германии, России и США (табл. 1). Как известно, Германия долго была центром горнорудного дела и местом средоточения лучших минералогических научных школ. Позднее Германия в силу значительной изученности ее месторождений отошла на второй план, а главная доля открытий сосредоточилась в России и США (рис. 1).

Большое число открытий в России в 1825—1850 годы и в США в 1875—1940 годы отражает, на наш взгляд, массовое изучение состава горных пород и руд на вновь осваиваемых территориях и на новых месторождениях. В период 1959—1972 годов в бывшем СССР было открыто 158 новых минералов, в США — 104, в Германии (ФРГ) — 27 (Бонштедт-Куплетская, Арбузова, 1974). Затем после некоторого спада Россия вновь стала первенствовать. Более всего это связано с необыкновенной активностью изучения Хибинского, Ловозерского и других массивов щелочных горных пород.

Количества минералов, открытых на разных территориях мира
Numbers of minerals discovered in different countries over the World

Страна State	База данных Никеля, 2000 Nickel database, 2000			Blackburn, Dennen, 1997
	всего минералов A full number of minerals	незванные минералы Unnamed minerals	минералы A+G статуса Minerals of status A+G	
В целом по миру Total in the World	5425 (100 %)	819 (100 %)	3833 (100 %)	Цифра не приведена
США USA	735 (13.5 %)	35 (4.3 %)	637 (16.6 %)	617
Быв. СССР f. USSR	1021 (18.8)	284 (34.7)	573 (15.1)	530
Россия/Russia	788 (14.5)	220 (26.9)	448 (11.7)	425
Германия Germany	313 (5.8)	18 (2.2)	255 (6.7)	220
Италия Italy	241 (4.4)	13 (1.6)	203 (5.3)	168
Канада Canada	249 (4.6)	64 (7.8)	167 (4.4)	163
Швеция Sweden	191 (3.5)	11 (1.3)	162 (4.2)	147
Австралия Australia	159 (2.9)	36 (4.4)	109 (2.8)	100
Франция France	113 (2.1)	13 (1.6)	94 (2.5)	76
Заир Zaire	102 (1.9)	3 (0.4)	93 (2.4)	89
Мексика Mexico	96 (1.7)	4 (0.5)	83 (2.2)	64
Китай China	167 (3.1)	50 (6.1)	76 (2.0)	84
Чили Chile	86 (1.6)	3 (0.4)	71 (1.9)	70
Намибия Namibia	83 (1.5)	6 (0.7)	68 (1.8)	62
Гренландия Greenland	84 (1.5)	9 (1.1)	65 (1.7)	64
Норвегия Norway	76 (1.4)	7 (0.9)	56 (1.5)	49
<i>Итого</i> <i>In total</i>	<i>3716 (68.5)</i>	<i>556 (67.9)</i>	<i>2712 (70.8)</i>	<i>2503</i>

Вот несколько примеров минералов из России, давно известных и вновь установленных: это крокоит, открытый еще в 1766 году, гроссуляр (1790), хромит (1798), ильменит (1826), монацит (1829), уваровит (1832), палыгорскит (1862), лампрофилит (1894), тетраферрифлогопит (1964), чароит (1978), ковдорскит (1980), перлилит (1984), вилуит (1998). Сначала главным районом находок был Урал, всего здесь открыто по нынешний день 78 минералов. Другими важными районами являются Кольский полуостров (185 новых минералов), Якутия (41) и Норильский горнорудный узел (30). Отдельные периоды в истории открытий минералов в России не раз освещались в литературе. Наиболее полна в этом отношении замечательная книга И. В. Пекова (Реков, 1998).

Цифры минералов, открытых на территории России (б. СССР), несколько расходятся между собой по данным разных авторов. Так, в канадском справочнике

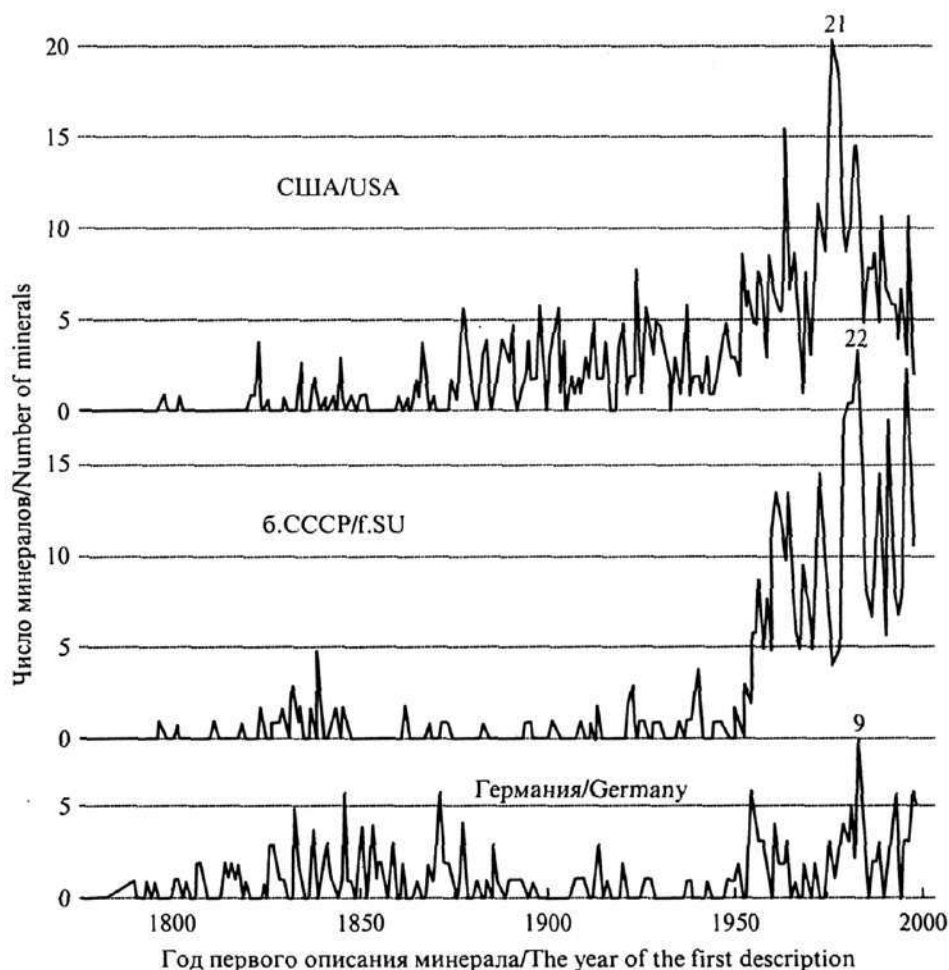


Рис. 1. Число открытых минералов в разные годы.

Fig. 1. Number of minerals discovered in different years.

(Blackburn, Dennen, 1997) указано 530 открытий, в книге И. В. Пекова — 582 (на 1996 год), в банке данных А. Хольцеля — 449 (на 1999 год). В банке же данных Е. Никеля (на 2000 год) для России указано 573 минерала, в справочнике Е. И. Семенова и Е. П. Зарубеевой (1998) их 545. Расхождение цифр для России кроется в различных причинах.

Во-первых, авторы по-разному трактуют статус некоторых номенклатурных подразделений и самих минералов в них. Так, Э. Никель среди учитываемых им минералов приводит порознь все различающиеся по преобладающему редкоземельному элементу минералы, например монацит-(Ce), монацит-(La) и т. п. монациты, а в словаре Е. И. Семенова и Е. П. Зарубеевой такие минералы даны под одним названием единой. Далее, в книге И. В. Пекова и словаре Е. И. Семенова с Е. П. Зарубеевой, например, вообще отсутствует карпинскит, а в канадском справочнике он числится как минерал из России, у Э. Никеля — это дискредитированный минерал.

Во-вторых, техногенные вещества учитываются в цитируемых книгах по-разному — то все, то только некоторые из них.

В-третьих, имеются расхождения в трактовке первого места находки минерала. Например, гроссуляр и хромит указаны И. В. Пековым и Е. И. Семеновым с Е. П. Зарубеевой как минералы из России, в канадской же сводке их первые находки не

указаны. Ирацит был описан в первой публикации о нем одновременно в образцах из ЮАР и России, в канадском же справочнике есть указание только на ЮАР, как его «type locality». Точно так же когаркоит, впервые открытый и описанный в России, включен в канадский справочник как минерал из США, где был позднее описан «типовой образец» этого минерала. Надо понимать, что понятия «типовое место нахождения (type locality)» и «типовой образец», недавно введенные в обиход музейной работы (Dunn, Mandarino, 1987), не могут подменять собой места первой находки минерала.

Расхождений немало. Их невозможно рассмотреть в объеме этой статьи. Так или иначе, приводимые в табл. 1 и на рис. 1 цифры достаточно образно показывают уровень «вклада» разных территорий в общее число известных сегодня минералов. Цифры по месторождениям мира опубликованы И. В. Пековым (2001).

Показательна динамика мировых открытий минералов по годам (рис. 2). С первого учтенного на рисунке — 1775 до начала 1950 годов число открытий мало менялось, но есть годы, особо обильные по их числу. Эти всплески хорошо сопоставимы, во-первых, с годами работы наиболее активных исследователей новых минералов и, во-вторых, — со временем выхода в свет наиболее полных «Минералогий» и других сводок. Интересно, что даже появление рентгеновского метода не дало всплеска в открытии новых минералов. Мы объясняем это для себя тем, что работы сразу же сосредоточились тогда на познании и выявлении общих закономерностей строения кристаллических структур разных веществ, а это легче и интересней всего было сделать для уже давно известных и хорошо изученных другими методами минералов. Первой победой была расшифровка структуры галита.

А в целом в течение всего периода с 1775 по 1950 год число ежегодных открытий находилось на одном и том же уровне. Возможно, это связано с тем, что в тот период всегда первыми и всегда главными в диагностике и обнаружении нового минерала оставались методы оптики и химии. Минералом, естественно, считалось то, что осязалось и виделось воочию.

С крутым склоном на графике на рис. 2 (1953—1959 годы) точно совпадают по времени два события. В 1955 году Д. П. Григорьевым была создана и начала свою работу Комиссия по новым минералам Всесоюзного минералогического общества. С 1959 года начала действовать такая же комиссия М. Флейшера в составе Международной минералогической ассоциации.

С 1959 года установился новый уровень в числе открытий минералов. Он выдерживается в среднем до сих пор. Но его нельзя связать напрямую с появлением микронзондового анализа. Что же касается всплесков (пиков на рис. 2) 1978 и 1997 годов, то они приходятся на время публикации результатов своей работы номенклатурной подкомиссией по амфиболам. Всплеск 1980—1984 годов является чем-то феноменальным. Интенсивность открытия новых минералов во всех странах была в эти четыре года необъяснимо для нас высокой.

Первым микронзондовым минералом стал в 1961 году геверсит PtSb_2 (Stumpfl), вторым в 1962 году был высокоцит $(\text{Pd,Ni})\text{S}$ (Генкин, Звягинцев). В 1963 году таких минералов уже оказалось несколько. Это кастэнит CuMoS_2 (Schüller, Ottemann), ныне исключенный из номенклатуры минералов, волинскит AgBiTe_2 (Безсмертная, Соболева), мончеит $(\text{Pt,Pd})(\text{Te,Bi})_2$, котульскит $\text{Pd}(\text{Te,Bi})$ и индит FeIn_2S_4 (Генкин и др.). Но эти открытия 1961—1963 годов не изменили уровня, установившегося в 1959 году.

Примерно до 1970 года среди новых минералов преобладали изученные методами старой аналитической химии. Судя по материалам Комиссии по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации (архив профессора В. А. Франк-Каменецкого), число микронзондовых минералов стало явно перевешивать лишь с 1972 года (табл. 2). В последнее время процент заявок на микронзондовые минералы близок к 95, в 2000 году их было 46 из 51.

Итак, постепенно микронзондовый анализ стал довлеющим в работе минералогов. Минерал стал восприниматься как кристаллическая фаза, которую достаточно диаг-

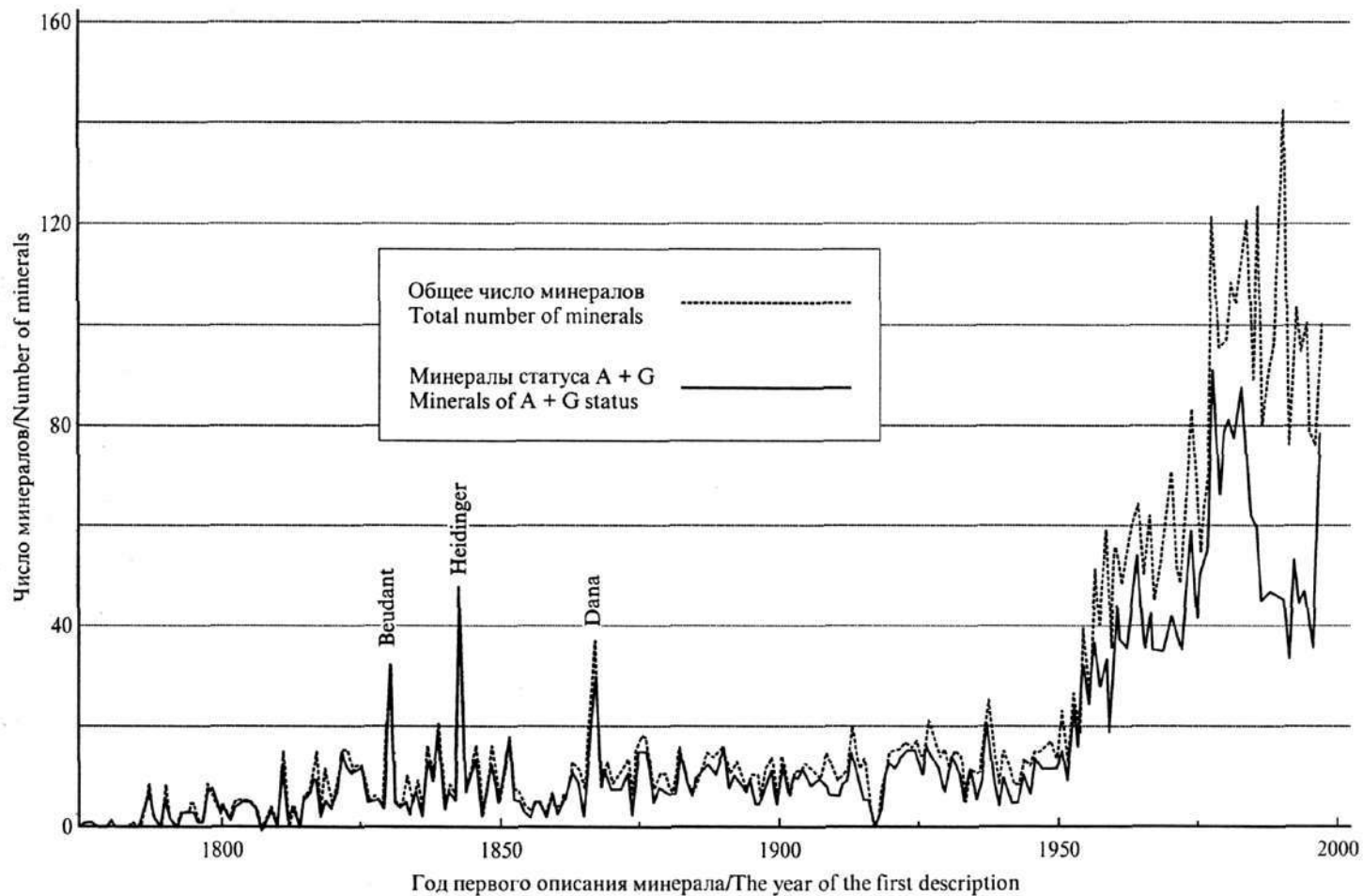


Рис. 2. Динамика мировых открытий минералов по годам.

The dynamic of world mineral discoveries.

Сведения об изученности минералов (1972—1980)
 Number of minerals analyzed with microprobe techniques and having refined structure
 in 1972—1980

Страны Методы	Количество заявок по годам подачи заявок Number of new mineral proposals				
	1972	1974	1976	1978	1980
Б. СССР/Г.С.У.	9	10	6	4	28
Микрозонд*	4	4	5	2	22
Структура**	1	1	—	—	1
США/USA	9	23	11	27	15
Микрозонд*	4	15	8	21	1
Структура**	3	4	2	1	1
Канада/Canada	6	3	7	12	5
Микрозонд*	5	2	5	10	4
Структура**	1	—	1	—	—
Мир/the World	33	63	58	82	103
Микрозонд*	21	36	39	64	81
Структура**	7	8	10	3	9

Примечание. * — микрозонд (microprobing), ** — структура (structure).

ностировать по составу и структурным признакам, но осознать не обязательно. Благодаря электронной микроскопии и микрозонду открылся и стал доступным для исследования микромир с характерными для него особыми явлениями и процессами, специфическими условиями существования минералов, экзотическими обстановками сохранения нестабильных фаз (Булах, 1998).

Имена лидеров в открытии минералов указаны в табл. 3, причем для разных периодов взят разный ограничительный предел числа минералов. Но, например, три минерала В. И. Вернадского, семь — Е. И. Нефедова, десять — Ю. Л. Капустина были для своего времени высоким показателем. Созаемся, что указание здесь именно этих трех, а не каких-либо других имен является субъективным выбором авторов. А единичные открытия? — каждое из них тоже имело свой смысл. Открыватель минералов — это особый тип наблюдательного и пытливого исследователя, всегда обладающего высоким мастерством и умением рационально использовать возможности новейших лабораторных методов. Талант этих исследователей позволяет вырабатывать и выдерживать высокий международный стандарт изучения минералов.

Неверно и несправедливо связывать открытие минерала только с первым автором статьи. Полноправными участниками открытия всегда являются разные специалисты. Химики А. В. Быкова и М. Е. Казакова установили химический состав 15 и соответственно 26 новых минералов. Им досталась судьба не быть первыми авторами статей об открытиях, которые не состоялись бы без них. Аналогично микрозондист Я. А. Пахомовский никогда не был первым автором статей о 38 новых минералах, химическую природу которых впервые установил он, за Г. Н. Нечелустовым как первым автором числится 1 из 14 изученных им новых минералов, за Н. Н. Мозговой — 1 из 6. Рентгенолог Ю. П. Меньшиков только 7 раз оказался первым автором статей о 33 новых минералах, открытых с его участием. У А. Н. Сапожникова это пропорция 4 : 9, у В. В. Кондратьевой — 2 : 6, у В. А. Дрица — 2 : 7, у А. И. Комкова — 1 : 4, у А. А. Кашаева — 1 : 6, у Б. Звягина — 1 : 7, у С. К. Филатова — 1 : 14, у Г. А. Сидоренко и Е. В. Соколовой — 1 : 23, у Д. Ю. Пушаровского — 0 : 13. Вне имен первых авторов остались фамилии А. А. Воронкова, Л. С. Дубакиной, Л. И. Егоровой, Ю. Г. Лаврентьева, И. П. Лапутиной, В. А. Молевой, Т. Н. Надежиной, Н. А. Пальчик, Е. А. Победимской, Р. К. Расцветаевой, Н. В. Трубкина,

Авторство в первопубликациях о новых минералах (статусов А+G)
 The authors — leaders in publishing data on the new minerals (A+G statuses)

Авторы Authors	Годы публикаций Years of publications	Общее число минералов A total number of minerals	Авторство/An authorship		
			первое the first	второе the second	иное other
<i>Мокрая химия (wet chemistry)</i>					
Werner	1788—1817	26	26	—	—
Найү	1797—1802	14	14	—	—
Berzelius	1804—1829	11	11	—	—
Breithaupt	1817—1870	45	45	—	—
Beadant	1824—1832	33	33	—	—
Haidinger	1825—1863	63	63	—	—
<i>+Оптическая микроскопия (optical microscopy)</i>					
Scacchi	1841—1884	20	20	—	—
Dana/Dana	1850—1890	39	31	8	—
<i>+Рентгеновский анализ (roentgenometry)</i>					
Flink	1886—1925	22	22	—	—
Frondel/Frondel	1942—1976	40	35	2	3
Strunz	1948—1966	21	17	4	—
Казакова	1951—1965	23	—	13	10
<i>+Микронзондовый анализ (microprobing)</i>					
Семенов	1955—1997	30	18	10	2
Johan	1958—1987	32	28	4	—
Walenta	1958—1999	41	37	—	4
Jambor	1962—1999	33	24	4	5
Хомяков	1964—2000	81	62	6	13
Moore	1965—1983	42	40	0	2
Deliens	1973—1999	36	22	11	3
Меньшиков	1973—1998	31	6	11	14
Peacor	1974—1999	80	25	55	—
Criddle	1974—1999	52	3	7	42
Sturman	1976—1996	36	9	9	18
Piret	1977—1993	34	8	23	3
Chao	1977—1998	36	21	9	6
Dunn	1978—2000	133	61	44	28
Волошин	1980—2000	30	24	6	—
Roberts	1980—2000	62	27	17	18
Пахомовский	1981—1997	38	—	23	15
Grice	1984—2000	67	21	16	30
Hawthorne	1984—2000	37	13	10	14
Gault	1988—2000	31	—	18	13

З. Ф. Ущাপовской, Н. И. Шумской и многих-многих других специалистов. Авторы настоящей статьи огорчены тем, что за краткостью публикации они не могут назвать всех и чувствуют свою вину за то, что имена многих искуснейших исследователей могли остаться за пределами их памяти и знаний.

Каждое открытие нового минерала важно как познание вещественного состава объектов природы. Некоторые из них оказываются новыми по своей сущности химическими соединениями или структурными новинками. В качестве примеров назовем следующие важные, на наш взгляд, открытия последних лет. В месторождениях боросиликатов в Сибири впервые установлены природные формиаты — минералы формиатит $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$ и новгородоваит $\text{Mg}(\text{HCOO})_2$. Далее, в дополнение к трем ранее известным обнаружено еще два фосфида — никельфосфид Ni_3P и флоренскинит FeTiP — и выявлен гидросульфид хрома кронсит $\text{Ca}_{0,2}\text{CrS}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, они встречены в метеоритах. Расшифровка структуры нового минерала моёлоита $\text{Pb}_6\text{Sb}_6\text{S}_{17}$ выявила в ней ионы Pb^{2+} , Sb^{3+} , S^{2-} и триады $(\text{S}^1-\text{S}^0-\text{S}^1)^{2-}$, а потому формула может быть написана в развернутом виде как $\text{Pb}_6^{2+}\text{Sb}_6^{3+}\text{S}_{14}^{2-}(\text{S}_2^1-\text{S}^0)^{2-}$ или как $\text{Pb}_6\text{Sb}_6\text{S}_{14}(\text{S}_3)$. Новый минерал сидпитерсит $\text{Pb}_4(\text{S}_2\text{O}_3) \cdot \text{O}_2(\text{OH})_2$ является природной солью тиосерной кислоты. Т. е. это тиосульфат с типичными для них двумя формами серы, а именно — S^{6+} и S^{2-} . Они присутствуют в минерале в виде комплекса $(\text{S}^{6+}\text{O}_3^2-\text{S}^{2-})$. В центре комплекса находится S^{6+} , а в четырех его вершинах — три иона O^{2-} и один ион S^{2-} . Валовой состав комплекса записывается как $(\text{S}_2\text{O}_3)^{2-}$. Новый минерал урусовит CuAlSiO_5 характеризуется равнозначностью структурной роли алюминия и мышьяка, вместе они формируют слои $\infty[\text{AlAsO}_3]^{2-}$.

Впервые структура нового минерала была изучена одновременно с его открытием в 1959 году для сейдозерита Е. И. Семенова и икунолита А. Като (Бонштедт-Куплетская, Арбузова, 1974). Доля таких минералов долгое время была небольшой (табл. 2). В 2000 году их было уже 28 из 51.

В последние несколько лет намечилось новое в изучении минералов — это особо детальное исследование тонких особенностей их структур и характера расселения одних и тех же химических элементов по подпозициям. Если среди пироксенов, амфиболов, слюд нет их деления на самостоятельные минералы по характеру расселения железа, магния, алюминия по подпозициям *M*, то теперь, будь они открываемы сейчас, они рассыпались бы на множества минеральных видов.

Ярким примером таких открытий являются все новые минералы в группе лабунцовита и ненадевичита. Обложка выпусков № 3 и 4 за 2001 год «Записок Всероссийского минералогического общества» известила читателя об открытии сразу еще шести таких минералов. Журнал, сведя их вместе в двух выпусках, невольно дал читателю удобную возможность сравнить характеристики этих объектов и оценить степень значимости критериев их различия друг от друга. На рассмотрении находятся очередные заявки. Математически просто показать по числу перестановок и



А. П. Хомяков (род. 1933) — ведущий научный сотрудник ИМГРЭ, Москва.

A. P. Khomyakov (1933 b.) — the leading scientific researcher of IMGRE, Moscow.



П. Дж. Данн (род. 1942) — минералог Смитсоновского института, Вашингтон.

P. J. Dunn (1942 b.) — mineralogist of Smithsonian Institution, Washington.

Постепенно среднее число ежегодных открытий достигнет какого-то предела, а затем будет выдерживаться на этом среднем уровне до новых правил КНМНМ ММА. Уже сейчас как разные минеральные виды трактуются фазы, различимые лишь при помощи тончайших методов исследования их структуры. Такие минералы смогут различать только физики-инструменталисты. Накопятся факты, и обязательно вновь придет время их переоценки, пересмотра номенклатурных принципов и новой договоренности об условностях при выборе границ между минеральными видами.

Мы уже не раз выдвигали тезис о необходимости выделения не только химических, но и структурных разновидностей минералов (Булах, 1975, 1989, 1999). В специальном сообщении были разобраны их примеры (Булах, 2000). Б. Е. Боруцким (1995, 2001) предложено ввести новое понятие — «минералы меняющегося состава и структуры». Эта проблема — особая тема для серьезной, всесторонней и неспешной дискуссии. Пока же обратим внимание на сделанные сейчас попытки по рационализации номенклатуры для минералов групп лабунцовита и ненадкевичита и эвдиалита. Предложено в названиях этих минералов использовать корневое слово (лабунцовит, ненадкевичит, эвдиалит) и дополнять его через дефис определителями (ими могут быть символы химических элементов, символы разных модификаций структур и т. д.). Сути дела это не меняет. Но мы видим здесь путь к рациональному замедлению непомерного разрастания числа новых случайных названий минералов.

Совершенствование локальных методов определения состава и структуры веществ рождает еще одну принципиальную проблему — где же размерная граница той группировки атомов, которую можно трактовать как минерал, и что считать самой физической границей между такими группировками атомов? Решение может обсуждаться долго, но никогда оно не будет однозначным, незыблемым и неизмен-

сочетаний, что число подобных открытий среди минералов группы лабунцовита и ненадкевичита может быть очень значительным.

Столь же ураганно многочисленными оказались новые «эвдиалиты» — они открываются один за другим, но нет явных и однозначных признаков для их повторной диагностики другими исследователями. Здесь также формально математически можно насчитать несчетное число сочетаний и перестановок.

Согласно правилам КНМНМ ММА (Никель, Грайс, 1998), главная основа «для выделения минерального вида по химическому составу состоит в том, чтобы, по крайней мере, одна структурная позиция в потенциально новом минерале была преимущественно занята иным химическим элементом, чем в других уже известных минералах». Но вместе с тем нет формулировки, что же относить к одной структурной позиции и что можно считать суперпозициями. Видимо, как и в 1953—1959 годах, начнется резкое увеличение числа открытий.

ным. Одно из них мы уже давали в своей дискуссионной статье (Булах, 1998). Отметим: минерал — это только часть из объектов минералогии (рис. 3), а микрогруппировки атомов, микрочастицы, микропленки, кластеры, нанообъекты, разные, по-особому построенные группировки атомов внутри кристаллической постройки минерала — все это есть, на наш взгляд, доминеральные и околоминеральные формы существования вещества.

Такие объекты нельзя исключать из минералогии, но относить к минералам не следует, как невозможно, например, считать человеком его эмбрион, хотя и здесь есть тот период развития плода, который плавно переводит его из одного состояния в другое. И всегда идут и будут идти споры, когда же кончается процесс зарождения и когда же начинается жизнь минерала? Не перешагнуть эту воображаемую границу при открытии новых минералов — в этом мы видим рациональную линию будущих исследований.

Немаловажной проблемой будущего является подход к написанию формул новых минералов и к использованию правила 50 %.

Формулы новых минералов часто слишком сложны тем, что в них вносится неоправданно большой набор изоморфных примесей, при этом часто допускаются два отхождения от истинной картины состава минерала. Во-первых, необъективно усложняется состав минерала. Во-вторых, нарушается правило электронейтральности и за счет этого создается неверная картина изоморфных замещений (Булах, Золотарев, 2000а). В результате формула дает путь к искаженному толкованию состава нового минерала.

В качестве показательного примера приведем формулу манжироита $(\text{Na}, \text{K})(\text{Mn}^{4+}\text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ из последнего «Флейшеровского словаря минеральных видов» (Mandarino, 1999). Согласно ей, пропорция количеств Mn^{4+} и Mn^{2+} может быть разной. Но для соблюдения принципа электронейтральности формула должна быть записана как $(\text{Na}, \text{K})(\text{Mn}_{7,5}^{4+}\text{Mn}_{0,5}^{2+})\text{O}_{16} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, т. е. соотношение количеств Mn^{4+} и Mn^{2+} строго фиксировано. Какая же из двух формул ближе отвечает действительности? В этом же словаре для ниобоэшенита-(Се) приведена формула $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Th})(\text{Nb}, \text{Ti})_2(\text{O}, \text{OH})_6$. Как же понять из нее состав минерала и смысл его открытия? Если записать CeNb_2O_6 , то заряды в такой формуле не скомпенсированы и поэтому надо написать CeNbTiO_6 . Далее возникает вопрос, как входят в минерал другие указанные в формуле химические элементы и группы ОН и в каком количестве они должны быть в минерале, называемом ниобоэшенитом? Варианты ответов и формулы могут быть разными. Что же из возможных толкований является верным? Мы обнаружили более 310 подобных формул в этом словаре, а это около 10 % от всего их числа, их примеры даны в нашей статье (Булах, Золотарев, 2000а). Формулы в словаре Е. И. Семенова и Е. П. Зарубеевой (1998) даны без нагромождений химических элементов в одной и той же структурной позиции и удовлетворяют принципу компенсации зарядов.

Правило 50 % очень часто стало слишком формально применяться для минералов у самой граничной точки: порой достаточно выхода в поле 51-го процента, чтобы Комиссия утвердила минерал как новый минеральный вид. Именно так среди вольфрамовых эвдиалитов было выделено два самостоятельных минерала со своими названиями по количеству Mn и Fe в них. Они находятся в одной и той же структурной позиции, но то марганец чуть преобладает над железом, то наоборот, и притом это происходит в одних и тех же образцах из одного и того же места. Более правомерен осторожный подход, который был рекомендован Э. Никелем (1995). Но поток открытий «чуть влево-чуть вправо от точки 50 %» все нарастает.

Далее, при использовании правила 50% нельзя ограничиваться рассмотрением колебаний состава только за счет замещений в одной структурной позиции. Всегда необходимо выявлять природу изоморфизма и установить, нет ли взаимосвязанных замещений атомов в разных структурных позициях. Так, на примере турмалинов было показано (Золотарев, Булах, 1998), что новый минерал россманит попадает в действительности в поле оленита, если учитывать взаимосвязанные изоморфные за-



Рис. 3. Объекты минералогии.

Fig. 3. Objects of Mineralogy.

мещения в разных структурных позициях. Такие же ошибки допускались при разделении минеральных видов в группе перовскита, они рассмотрены в статье В. Г. Кривовичева (1988).

В осторожном и грамотном использовании правила 50 % и выборе границ только после полного расчета минимального состава минерала (Булах и др., 1995; Кривовичев, Золотарев, 2001) мы видим путь к более рациональному выделению новых минералов в изоморфных сериях. Приложение этого правила к старым минералам, например к пироксенам (Булах, 1999; Булах, Золотарев, 2000б), может значительно упорядочить выбор границ между ними по их составу.

Авторы не стремились давать четких рекомендаций в этой статье. Она имеет характер обзора и дискуссии. Прогресс техники исследований и науки — это абсолютно, но условности и договоренности тоже имеют свое значение.

Авторы благодарны Э. Никелю, П. Данну, А. В. Волошину, А. П. Хомякову, Е. В. Соколовой за уточнение статистических данных по статье и за проверку списков минералов, открытых ими.

Список литературы

- Булах А. Г. Микромир минералов: границы, объекты, процессы // ЗВМО. 1998. № 5. С. 124—134.
- Булах А. Г. Общая минералогия // СПб.: Изд. СПбГУ, 1999. 356 с.
- Булах А. Г. Критерии самостоятельности минерала и могут ли быть у минерала структурные и химико-структурные разновидности // Материалы Международного симпозиума «Минералогические музеи в XXI веке». СПб., 2000. С. 26—28.
- Булах А. Г., Золотарев А. А. Новый «Словарь минеральных видов, по М. Флейшеру» (к проблеме унификации формул минералов) // ЗВМО. 2000. № 2. С. 128—130.
- Булах А. Г., Золотарев А. А. Состав моноклинных Са-Mg-Fe-Na пироксенов $C2/c$ и правило 50 % // ЗВМО. 2000. № 6. С. 69—79.
- Булах А. Г., Кривовичев В. Г., Золотарев А. А. Формулы минералов. Термодинамический анализ в минералогии и геохимии // СПб.: Изд. СПбГУ, 1995. 260 с.
- Золотарев А. А., Булах А. Г. Россманиит, оленит, эльбаит и правило 50 % при выборе границ между минеральными видами среди Li-Al турмалинов // ЗВМО. 1999. № 2. С. 32—38.
- Кривошеев В. Г. Графическое представление химического состава минералов и правило 50 % для определения минеральных видов // ЗВМО. 1998. № 4. С. 72—78.
- Кривовичев В. Г., Золотарев А. А. Химический состав минералов и графические способы его изображения // СПб.: Изд. СПбГУ, 2001. 84 с.
- Никель Е. Х. Содержание понятия минерал // ЗВМО. 1995. № 4. С. 98—100.
- Никель Е. Х., Грайс Д. Д. КНМНМ ММА: правила и руководства по номенклатуре минералов, 1998 // ЗВМО. 1999. № 2. С. 51—65.
- Пеков И. В. Новые минералы: где их открывают // Соросовский образовательный журнал. 2001. № 5. С. 65—74.
- Семенов Е. И., Зарубеева Е. П. Минералогический словарь // М.: Просветитель, 1998. 168 с.
- Франк-Каменецкий В. А., Булах А. Г., Гольмская О. А. Открытия новых минералов в СССР за 1973—1983 годы // Минер. журн. 1984. № 3. С. 14—22.
- Blackburn W. H., Dennen W. H. Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist Special Publ. 1, 1997. 360 p.
- Dunn P. J., Mandarino J. A. Formal definitions of type mineral specimens // Amer. Miner. 1987. Vol. 72. P. 1269—1270.
- Mandarino J. Fleisher's Glossary of mineral species // Tucson. The Mineralogical Record Inc. 1999. 280 p.
- Pekov I. V. Minerals first discovered on the territory of the former Soviet Union // Moscow. Ocean Pictures Ltd, 1998. 369 p.

Поступила в редакцию
20 апреля 2001 г.