

ISBN 5-900395-50-2

УДК 549

Новые данные о минералах. Вып. 38. М.: ЭКОСТ, 2003. 172 стр., 66 цв. фото

Статьи сборника посвящены вопросам минералогии, включая описание новых минеральных видов (телошенкоит - новый цезиевый минерал группы лейфита, нескевараит-Fe - новый минерал из группы лабунцовита) и новых находок минералов (пабстит с морены ледника Дара-и-Пиоз, Таджикистан, германолокулит из Кипуши, Катанга, минералы группы иллерита из Хибинского и Ловозерского массивов). Приведены результаты изучения минеральных ассоциаций золото-сульфидно-теллуридных руд месторождения Кайрагач, Узбекистан. Выявлены особенности состава редкого минерала германита. Предложена кавитационная модель образования минеральных микросферул. Рассмотрены проблемы изоморфизма в минералах семейства станнина и аддитивность оптических свойств в минералах серии гумита. В разделе «Минералогические музеи и коллекции» представлены статьи, посвященные описанию экспонатов (изделия Кольванской шлифовальной фабрики, коллекция П.А. Кочубея, новые поступления) и истории создания коллекций Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН, а также обсуждается вопрос географической привязки образцов.

Раздел «Минералогические заметки» содержит небольшую статью об особенностях фотосъемки минералов и воспоминания старейшего сотрудника Минералогического музея доктора геол.-минерал. наук М.Д. Дорфмана о встречах с известными минералогами и геохимиками - Н.А. Смольяниновым, П.П. Пилипенко, Ю.А. Билибиным.

Сборник представляет интерес для минералогов, геохимиков, геологов, а также работников естественно-исторических музеев, коллекционеров и любителей камня.

Главный редактор

доктор геолого-минералогических наук, профессор
М.И. Новгородова,

Ответственный редактор
выпуска

кандидат геолого-минералогических наук
Е.А. Борисова

Редакционная коллегия

доктор геол.-минерал. наук, М.Д. Дорфман
канд. геол.-минерал. наук С.Н. Ненашева,
канд. геол.-минерал. наук М.Б. Чистякова,
канд. геол.-минерал. наук Е.Н. Матвиенко,
канд. геол.-минерал. наук М.Е. Генералов,
Н.А. Соколова - секретарь

Фото

М.Б. Лейбов
Б.З. Кантор
Н.А. Пекова
М.И. Каламкаров

Руководитель издательской группы

М.Б. Лейбов

Выпускающий редактор

Л.А. Чешко (Егорова)

Художественный редактор

Н.О. Парлашкевич

Дизайн

Д. Ершов

дизайн и верстка текстового блока

С.Б. Двоскина

Утверждено к печати Минералогическим музеем им. А.Е. Ферсмана РАН

© текст, фото, иллюстрации, минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН

© дизайн, Ассоциация ЭКОСТ

Подгот овлен к печат и

Минералогический музей им А.Е. Ферсмана
Российской Академии Наук
117071 Москва, Ленинский пр. д.8, корпус 2
тел. (095) 952-0067; факс (095) 952-48-50
e-mail: mineral@fmm.ru
www.fmm.ru

Ассоциация Экоист

125009 Москва, а/я 368
тел./факс (095) 203-3574
e-mail: minbooks@online.ru
www.minbook.com

Напечатано в России

СОДЕРЖАНИЕ

Новые минералы и их разновидности, новые находки редких минералов, минеральные парагенезисы

<i>Агаханов А.А., Паутов Л.А., Белаковский Д.И., Соколова Е.В., Хоторн Ф.К.</i>	
Телюшенкоит $CsNa_6[Be_2(Si,Al,Zn)_{18}O_{39}F_2]$ — новый цезиевый минерал группы лейфита	5
<i>Чуканов Н.В., Субботин В.В., Пеков И.В., Загов А.Е., Цепин А.И., Розенберг К.А., Расцветаева Р.К., Феррарис Дж.</i>	
Нескевараит-Fe, $NaK_3Fe(Ti,Nb)_4(Si_4O_{12})_2(O,OH)_{4,6}H_2O$ — новый минерал из группы лабунцовита	9
<i>Паутов Л.А.</i> Пабстит с морены ледника Дара-и-Пиоз (Таджикистан)	15
<i>Пеков И.В., Чуканов Н.В., Кононкова Н.Н., Пуцаровский Д.Ю.</i>	
Редкометалльные «цеолиты» группы илерита	20
<i>Ненашева С.Н.</i> О составе германита	34
<i>Ненашева С.Н., Паутов Л.А.</i> О германоколусите из Кипуши (Катанга)	41
<i>Коваленкер В.А., Плотинская О.Ю., Конеев Р.И.</i>	
Минералогия эпitherмальных золото-сульфидно-теллуридных руд месторождения Кайрагач (Узбекистан)	45
<i>Новгородова М.И., Андриев С.Н., Самохин А.А.</i>	
Кавитационная модель образования минеральных микросферул в рудах гидротермального генезиса	57

Кристаллохимия, минералы как прототипы новых материалов, физические и химические свойства минералов

<i>Евстигнеева Т.Л., Русаков В.С., Кабалов Ю.К.</i>	
Изоморфизм в минералах семейства станнина	65
<i>Шкурский Б.Б.</i>	
Аддитивность оптических свойств в минералах полисоматической серии гумита	70

Минералогические музеи и коллекции

<i>Чистякова М.Б., Буганова Н.Р.</i> Изделия Кольванской шлифовальной фабрики в Минералогическом музее им. А.Е.Ферсмана РАН		81
<i>Моисеева М.Л.</i> Петр Аркадьевич Кочубей и его коллекция минералов в собрании Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана РАН		89
<i>Генералов М.Е.</i> Еще 10 лянгов в фонд Музея		99
<i>Белаковский Д.И.</i> Новые поступления в Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН за 5 лет (1997 – 2001)		101
<i>Евсеев А.А.</i> Географическая привязка первоначальных местонахождений минералов		113
<i>Булгак Л.В.</i> Архив Минералогического музея: поступления в фонды в 1909 – 1914 гг.		125
<i>Павлова Т.М.</i> А.Е.Ферсман в Минералогическом музее Российской Академии Наук		129
<i>Дусматов В.Д.</i> Вклад А.Е.Ферсмана в Систематическую коллекцию Минералогического музея Российской Академии Наук		135

Минералогические заметки

<i>Кантор Б.З.</i> Фотографирование минералов	143
<i>Дорфман М.Д.</i> Воспоминания	147
<i>Обзор книг</i>	152

УДК 549.657.42

ТЕЛЮШЕНКОИТ $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al,Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$ – НОВЫЙ ЦЕЗИЕВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛЕЙФИТА¹

А.А. Агаханов

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, atali@fmm.ru

Л.А. Паутов

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, pla@fmm.ru

Е.В. Соколова

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канада

Ф.К. Хоторн

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канада

Д.И. Белаковский

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, dmz@fmm.ru

На щелочном массиве Дара-и-Пиоз (Таджикистан) найден новый минерал – телюшенкоит. Образует изометричные зерна до 2 см в ридмерджнеритовой породе с микроклином, полилитионитом, шибковитом и пектолитом. Цвет белый, бесцветный. Прозрачный. Блеск стеклянный. Твердость по Моосу – 6. Пл. изм. 2.73 г/см³. Оптически одноосный, положительный, $n_o = 1.526(2)$, $n_e = 1.531(2)$. Сингония тригональная, пр. группа $R3-m1$, $a = 14.3770(8)^-$, $c = 4.8786(3)^-$, $V = 873.2(1)^{-3}$, $Z = 1$. Химический состав (м. з., BeO – колориметрия): SiO₂ – 64.32, Al₂O₃ – 7.26, BeO – 3.53, ZnO – 1.71, Na₂O – 13.53, K₂O – 0.47, Cs₂O – 6.76, Rb₂O – 6.76, F – 2.84, -O=F₂ – 1.20, сумма 99.37. Эмпирическая формула минерала $(\text{Cs}_{0.69}\text{Na}_{0.31}\text{K}_{0.14}\text{Rb}_{0.02})_{1.16}\text{Na}_{6.00}[\text{Be}_{2.04}(\text{Si}_{15.46}\text{Al}_{2.06}\text{Zn}_{0.30})_{17.82}\text{O}_{38.84}\text{F}_{2.16}]$. Идеальная формула $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$. Сильные линии порошкограммы: 12.47(7, 010), 6.226(35, 020), 4.709(21, 120), 4.149(50, 030), 3.456(40, 130), 3.387(75, 121), 3.161(100, 031), 2.456(30, 231). Телюшенкоит – Cs-доминантный аналог лейфита $\text{NaNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al,Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$.

В статье 3 таблицы, 2 рисунка и список литературы из 6 названий.

При изучении образцов из щелочного массива Дара-и-Пиоз был обнаружен новый минерал – цезиевый аналог лейфита с общей формулой $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al,Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$. Минералу дано название – телюшенкоит (telyushenkoite) в честь Тамары Матвеевны Телюшенко (1930 – 1997), петрографа, внесшей большой вклад в изучение геологии Средней Азии, а также более тридцати лет являвшейся руководителем юношеской геологической школы г. Ашхабада, из стен которой вышло большое количество будущих геологов.

Место находки и ассоциация

Телюшенкоит встречается в глыбах на морене ледника Дара-и-Пиоз вблизи сая Ледовый (Таджикистан), находящейся в пределах Верхнего Дара-и-Пиозского щелочного массива. Массив расположен в верховьях одноименной реки в 45 км на С-СВ от кишлака Хаит (Гармский район) в районе сочленения Зеравшанского и Алайского хребтов. Минералогии и геологии Верхнего Дара-и-Пиозского массива посвящен ряд публикаций (Дусматов 1970, 1971) и др.

Телюшенкоит найден в породе, на 85–90% состоящей из ридмерджнерита (Дусматов и др. 1967), (Grew *et al.* 1993), размер отдельных зерен которого достигает от долей сантиметра до 5 см в поперечнике. До 10 % объема породы составляют идиоморфные зерна микроклина размером до 5 см и их агрегаты. Около 5 % приходится на пектолит, шибковит, нордит-(Се), лейкофан, гиалотекит, кентбруксит, полилитионит и альбит. Телюшенкоит встречается в виде изометричных до 2 см в поперечнике зерен в ридмерджнерите. Телюшенкоит, как и шибковит, нордит-(Се), лейкофан, гиалотекит и полилитионит, в данной ассоциации более поздние минералы чем ридмерджнерит и микроклин. Поэтому они занимают интерстиции между зернами ридмерджнерита.

Физические свойства

Телюшенкоит белый, бесцветный, прозрачный со стеклянным блеском. Цвет черты белый. Спайность средняя. Твердость по шкале Мооса 6, твердость микровдавливания VHN 714 кг/мм² (среднее значение по 8 замерам, разброс 696 – 737 кг/мм²) при нагрузке 100 г (измерена на приборе ПМТ-3,

¹ Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 3 мая 2001 года.

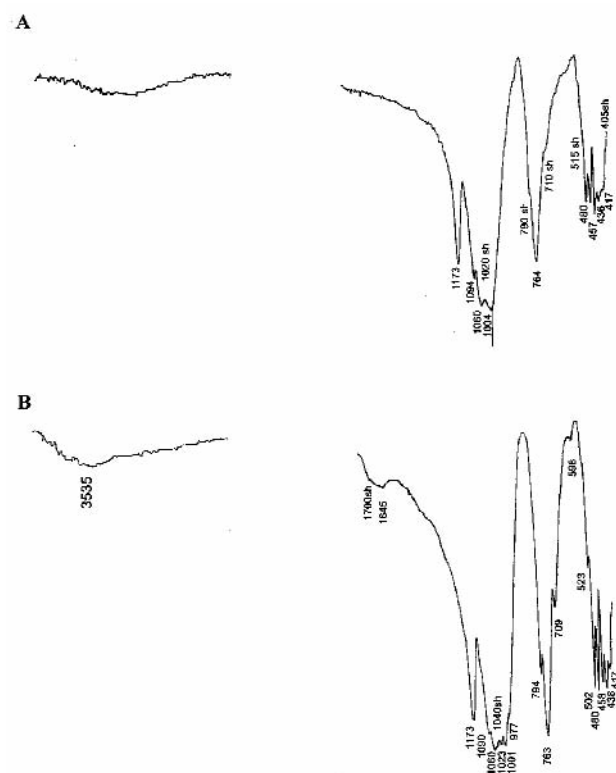


Таблица 1. Химический состав телюшенкоита (мас. %)

Компонент	1	Разброс
SiO ₂	64.32	63.76–65.56
Al ₂ O ₃	7.26	7.14–7.48
BeO	3.53	
ZnO	1.71	1.54–1.90
Na ₂ O	13.53	12.59–14.32
K ₂ O	0.47	0.35–0.53
Cs ₂ O	6.76	5.75–7.49
Rb ₂ O	0.15	0.11–1.26
F	2.84	2.10–2.84
Сумма	100.57	
-O=F ₂	-1.20	
Сумма	99.37	

Примечание:

1 — среднее значение по

7 микрозондовым анализам, WDS;

*BeO определено колориметрическим методом с хиализарином.

Аналитики Л.А.Паутов, А.А.Агаханов

РИС. 1. ИК-спектры телюшенкоита (А) и лейфита (В). Спектры сняты на приборе Spesord-75IR, запресовка в таблетку KBr. Аналитик Н.В. Чуканов

тарированном по NaCl). Плотность определена уравновешиванием зерен минерала в растворе жидкости Клеричи, с контролем по показателю преломления жидкости измеренном на рефрактометре. Измеренная плотность телюшенкоита 2.73(1) г/см³, вычисленная 2.73 г/см³. Минерал оптически одноосный, положительный. Показатели преломления измерены методом вращающейся иглы: $n_o = 1.526(2)$, $n_e = 1.531(2)$, $n_e - n_o = 0.005$. Минерал не растворим в воде и в HCl (1:1). Выделения телюшенкоита свободны от вростков других минералов. В коротковолновом и длинноволновом ультрафиолетовом излучении люминесцирует тусклым фиолетовым цветом.

ИК-спектр телюшенкоита получен Н.В. Чукановым на приборе Spesord 75 IR и приведен на рис. 1. Он близок к спектру лейфита, но отличается от него отсутствием характерных полос гидроксильных групп ν_{OH} 3535 см⁻¹ и $\nu_{ОН}$ 1645 см⁻¹, что хорошо согласуется со структурным исследованием телюшенкоита и данными по химическому составу. Сильные полосы поглощения в ИК-спектре минерала: 405, 417, 436, 457, 480, 500, 515, 710, 764, 790, 1004, 1020, 1060, 1094, 1173 см⁻¹.

Химический состав

Химический состав телюшенкоита определен электронно-зондовым методом на приборе JXA-50А, оснащенный тремя волновыми спектрометрами (табл. 1). Анализ проводился на 5 зернах минерала при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 20 нА. Все изученные зерна минерала по данным сканирования в характеристическом излучении основных элементов гомогенны (рис. 2). В качестве стандартов использовались микроклин USNM143966 (Al, K), ганит USNM 145883 (Zn), CsHo[PO₃]₄ (Cs), RbSc(WO₄)₂ (Rb), чкаловит (Si, Na), синтетический фторфлогопит (F). Расчет концентраций проведен по программе PAP. Определение бериллия проводилось из микронавески колориметрическим методом с хиализарином. Усредненный состав проанализированных зерен перечисляется при O + F = 41 на эмпирическую формулу Cs_{0.69}Na_{0.31}K_{0.14}Rb_{0.02}1.16Na_{6.00} [Be_{2.04}(Si_{15.46}Al_{2.06}Zn_{0.30})_{17.62}O_{38.84}F_{2.16}]. Идеальная формула минерала CsNa₆[Be₂(Si,Al)₁₈O₃₉F₂]. Индекс схожести (Mandarino, 1981) данных определения химического состава, оптических свойств и плотности телюшенкоита (1-Кр/Кс) равен – 0.004, что соответствует superior.

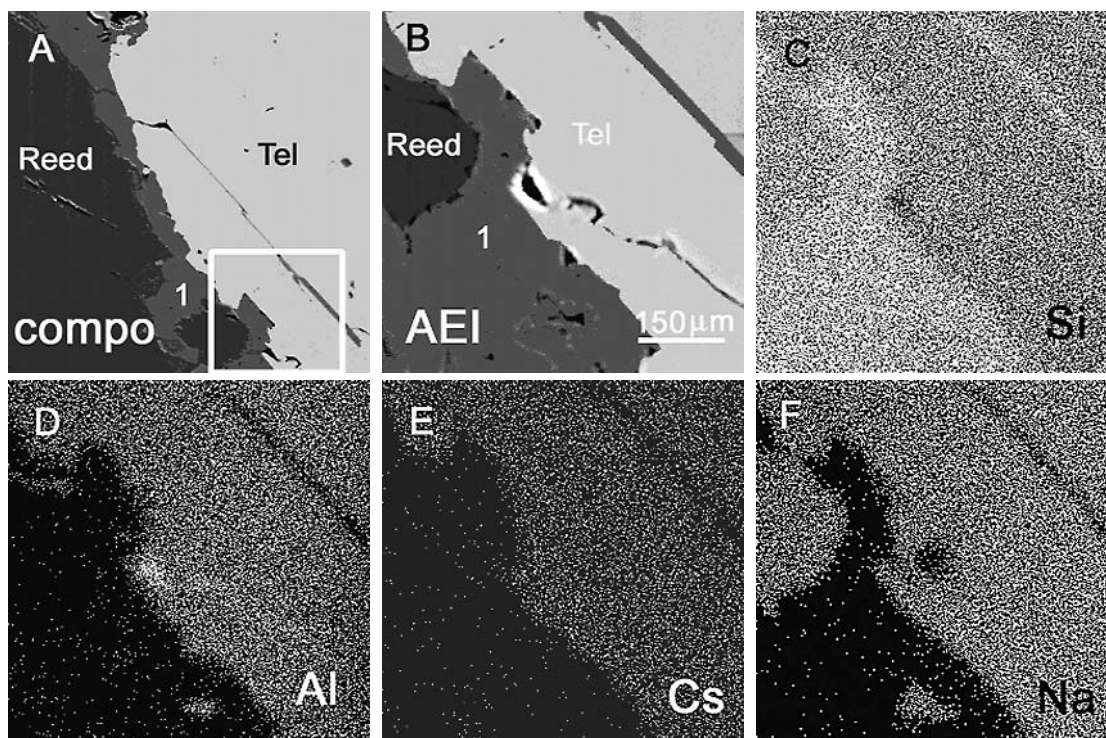


РИС. 2. Срастание телюшенковита (Tel) с ридмерджеритом (Reed) и фазой (1), отвечающей по составу SiO_2 . А — изображение в режиме контраста по среднему атомному номеру (СОМРО). В — фрагмент предыдущего снимка. Изображение в поглощенном токе (AEI) <None>. D, C, E, F — изображения в рентгеновском характеристическом излучении указанных элементов

Структура минерала и рентгеновские данные

Изучение кристаллической структуры телюшенковита выполнено Е.В.Соколовой с соавторами (2002) на монокристалле на дифрактометре Siemens P4 с R-фактором 2,5%. Сингония тригональная. Пространственная группа $R\bar{3}m1$. Параметры элементарной ячейки: $a = 14.3770(8)^-$, $c = 4.8786(3)^-$, $V = 873.2(1)^{-3}$, $Z = 1$. Кристаллохимическая формула минерала по данным структурного исследования $(\text{Cs}_{0.72}\text{K}_{0.15}\text{Na}_{0.11}\text{Rb}_{0.02})_{1.00}\text{Na}_{6.00}[\text{Be}_{2.00}\text{Si}_{6.00}(\text{Si}_{4.89}\text{Al}_{1.11})_{6.00}(\text{Si}_{4.50}\text{Al}_{1.20}\text{Zn}_{0.30})_{6.00}\text{O}_{39}\text{F}_2]$.

Основным элементом структуры телюшенковита являются вытянутые вдоль оси c колонны, составленные из шестичленных колец, образованных тетраэдрами $T(1) = (\text{Si}, \text{Al}, \text{Zn})$. Эти колонны в свою очередь соединены четырехчленными кольцами тетраэдров $T(2)$ - $T(3) = \text{Si}$. В плоскости проекции, перпендикулярной оси $[001]$ четырехчленные кольца объединяются еще и тетраэдрами $T(4) = \text{Be}$ (где Be окружен тремя атомами O и одним атомом F). В итоге образуется кластер, состоящий из семичленных колец, каждое из которых состоит из всех четырех

типов тетраэдров. В пределах каждой из колонн шестичленные кольца так же соединены четверными кольцами тетраэдров $T(2) - T(3)$. В каналах, образованных кольцевыми элементами структуры и вытянутых вдоль оси c , локализованы: октаэдры $A = (\text{Cs}, \text{Na})$, вакансии B и полиэдры $Na = (\text{Na})$. Позиции A, B располагаются в пределах каналов, образованных шестичленниками, полиэдры же Na находятся в «трубах» семичленных комбинированных колец. Каждый тетраэдр $T4$ объединяет три ближайших полиэдра Na в кластеры, вершины которых направлены вдоль оси c .

Основным отличием телюшенковита от лейфита является заселение октаэдрической позиции A в телюшенковите крупным катионом Cs, координированным шестью атомами кислорода, в то время как в лейфите эта позиция занята Na и окружена шестью атомами кислорода и двумя молекулами воды. Позиция B в телюшенковите не заселена, тогда как в лейфите она частично занята молекулами воды.

Рентгенограмма телюшенковита получена на дифрактометре ДРОН-2 (Fe K α — излучение, эталон — кварц) индивидуальна и хорошо индицируется в пространственной группе $R\bar{3}m1$

Таблица 2. Результаты расчета порошкограммы телюшенкоита

I	d _{изм}	d _{рас}	h k l
7	12.46	12.451	0 1 0
35	6.226	6.225	0 2 0
21	4.706	4.706	1 2 0
50	4.149	4.150	0 3 0
10	3.840	3.840	0 2 1
7	3.598	3.594	2 2 0
40	3.456	3.453	1 3 0
75	3.382	3.387	1 2 1
100	3.162	3.161	0 3 1
36	3.113	3.113	0 4 0
8	2.717	2.717	1 4 0
30	2.465	2.465	2 3 1
25	2.396	2.396	3 3 0
4	2.375	2.374	1 4 1
2	2.309	2.310	1 1 2
15	2.218	2.218	0 5 1
6	2.151	2.151	3 3 1
5	2.217	2.119	2 4 1
4	2.104	2.103	0 3 2
8	1.910	1.910	0 6 1
2	1.899	1.899	1 6 0
2	1.816	1.815	1 4 2
4	1.796	1.797	4 4 0
3	1.771	1.770	1 6 1
7	1.744	1.743	0 5 2
4	1.708	1.709	3 3 2
4	1.695	1.694	2 4 2
5	1.629	1.628	2 6 1
5	1.627	1.626	0 0 3
3	1.581	1.581	0 6 2
2	1.568	1.569	3 6 0
5	1.493	1.493	3 6 1

Таблица 3. Сравнительная характеристика телюшенкоита и лейфита

	телюшенкоит	лейфит
Химическая формула	CsNa ₆ [Be ₂ (Si,Al,Zn) ₁₈ O ₃₉ F ₂]	NaNa ₆ [Be ₂ (Si,Al,Zn) ₁₈ O ₃₉ F ₂](H ₂ O)
Пространственная группа	P-3m1	P-3m1
a, Å	14.3770	14.352
c, Å	4.8786	4.852
Z	1	1
Наиболее сильные линии порошкограммы	12.47(7) 6.226(35)	12.429(25) 6.215(10)
D _{изм} (I)	4.709(21)	4.698(40)
	4.149(50)	4.520(25)
	3.456(40)	4.143(17)
	3.387(75)	3.588(17)
	3.161(100)	3.375(70)
	2.456(30)	3.151(100)
		2.458(25)
Цвет	белый, бесцветный	белый, бесцветный
Блеск	стеклянный	стеклянный
Плотность (изм), г/см ³	2.73	2.58
Твердость (Моос)	6	6
Осность, оптический знак	одноосный (+)	одноосный (+)
n _o	1.526	1.511–1.518
n _e	1.531	1.519–1.522

Примечание: Условия съемки – ДРОН-2, графитовый монохроматор, внутренний стандарт – кварц. Аналитики А.А.Агаханов, Л.А.Паутов

с параметрами элементарной ячейки, полученными структурным анализом (таб. 2).

Телюшенкоит по свойствам близок к лейфиту. Сравнительная характеристика их приведена в таблице 3. Возможно, существует изоморфный ряд между этими минералами. В пользу этого говорит находка цезий-содержащего лейфита в Гренландии (Petersen *et al.* 1994). В анализах приведенных в данной работе содержание Cs₂O колеблется в пределах от 0.23 до 1.38 %. Также возможно существование калиевого представителя этого семейства минералов. Так, в Гренландском лейфите содержание K₂O составляет 1.52–2.55 %. Причем в трех анализах из четырех количество калия оказывается больше 0.5 формульной единицы (Petersen *et al.* 1994). Если предположить, что калий занимает одну и ту же позицию что и Cs в телюшенкоите, то это приводит к гипотетически новому минералу с общей формулой KNa₆[Be₂(Si,Al)₁₈O₃₉F₂] (Sokolova *et al.* 2002).

Эталонный образец телюшенкоита хранится в систематической коллекции Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана под № 90435.

Авторы благодарят Н.В.Чуканова за получения ИК-спектра и его интерпретацию.

Список литературы

- Дусматов В.Д., Попова Н.А., Кабанова Л.К. О первой находке ридмерджерита в СССР. // Доклады АН Таджикской ССР. **1967**. Т. 10. № 10. С. 51–53.
- Дусматов В.Д. Минералого-геохимические особенности щелочных и гранитоидных пород верховья р. Дара-и-Пиоз (Южный склон Алайского хребта). // В сборнике: Вопросы геологии Таджикистана. Душанбе. **1970**. С. 27–28.
- Дусматов В.Д. Минералогия щелочного массива Дара-и-Пиоз (Южный Тянь-Шань). // Автореферат диссертации. М. **1971**. 18 с.
- Grew E.S., Belakovskii D.I., Fleet M.E., Yates M.G., Mc.Gee J.J., Marquez N. Reedmergerite and associated minerals from peralkaline pegmatite, Dara-i-Pioz, southern Tien-Shan, Tajikistan. // Eur. J. Mineral. **1993**. 5. P. 971–984.
- Petersen O.V., Ronsbo J.G., Leonardsen E.S., Johnsen O., Bollingberg H. and Rose-Hansen J. Leifite from the Ilimaussaq alkaline complex, South Greenland. // N. Jb. Miner. Mh. **1994**. H. 2. 83–90.
- Sokolova E.V., Huminicki D.M.C., Agakhanov A.A., Pautov L.A., Grew E.S. The crystal chemistry of telyushenkoite and leifite, A Na₆[Be₂(Si,Al,Zn)₁₈O₃₉F₂], A = Cs, Na. // Can. Miner. **2002**. Vol. 40. P. 183–192.

УДК 549.657 + 548.6

НЕСКЕВАРАИТ-Fe, $\text{NaK}_3\text{Fe}(\text{Ti,Nb})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O,OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛАБУНЦОВИТА¹

Н.В. Чуканов

Институт Проблем химической физики РАН, Московская обл., г.Черноголовка, chukanov@iip.ac.ru

В.В. Субботин

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты

И.В. Пеков

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва, igorpekov@mtu-net.ru

А.Е. Задов

НПО «Регенератор», Москва

А.И. Цепин

Институт Геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, Москва, vak@igem.ru

К.А. Розенберг

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва

Р.К. Расцветаева

Институт Кристаллографии РАН, Москва

Дж. Феррарис

Туринский Университет, Турин, Италия

Новый минерал группы лабунцовита нескевараит-Fe найден в щелочно-ультраосновном массиве Вуориярви (Сев. Карелия) в гидротермально переработанном участке карбонатита, в виде плохо ограниченных коричневатых полупрозрачных призматических кристаллов длиной до 6 мм в ассоциации с доломитом, кальцитом, флогопитом, фторапатитом, пиритом, пирротинном, халькопиритом, серпентином и ненадквичитом (голотип), и в калишпат-кальцитовый жиле на горе Кукисвумчорр (Хибинский массив, Кольский п-ов) в тесных сростаниях с лабунцовитом-Fe. Кристаллы нескевараита-Fe из Хибин (до 6 x 4 x 1 мм) почти непрозрачные, желто-коричневые, уплощенно-призматические, образованы гранями { -201 }, { 100 }, { -101 }, { 001 }, { 021 }, { 010 }. Хрупкий, твердость по Моосу 5, спайность отсутствует. Микродвойникование по (001) и (-401) выявлено при изучении кристаллической структуры. $D_{\text{изм}} = 2.88(3)$, $D_{\text{выч}} = 2.90$ г/см³. Оптически двуосный, положительный, $n_p = 1.677(1)$, $n_m = 1.684(2)$, $n_g = 1.790(5)$, $2V = 25(10)^\circ$. Плеохроизм практически отсутствует. Оптическая ориентировка: $Y = b$. Структура изучена методом монокристалла, $R = 0.066$. Моноклинный, простр. гр. *Cm*. Параметры элементарной ячейки: $a = 14.450(6)$, $b = 13.910(6)$, $c = 7.836(4)$ Å, $\beta = 117.42(1)^\circ$, $V = 1398(2)$ Å³. Нескевараит-Fe является структурным аналогом гуткованита-Mn и алсахаровита-Zn, образуя с этими минералами подгруппу гуткованита в группе лабунцовита. Усредненный хим. состав (микросонд, мас.%; содержание H₂O определено по термогравиметрическим данным в вакууме; 1-я цифра – Вуориярви (голотип), 2-я – Хибини): Na₂O 3.10, 3.45; K₂O 8.83, 9.11; CaO 0.00, 0.03; SrO 0.00, 0.07; BaO 3.37, 5.07; MgO 0.75, 0.05; MnO 0.50, 1.03; FeO 1.82, 1.98; ZnO 0.00, 0.11; SiO₂ 39.29, 37.95; TiO₂ 15.08, 14.80; ZrO₂ 0.00, 0.08; Nb₂O₅ 17.96, 18.21; H₂O 9.26, не опр.; сумма 99.97, 91.94. Эмпирическая формула голотипа из Вуориярви: $\text{Na}_{1.22}\text{K}_{2.29}\text{Ba}_{2.26}(\text{Fe}_{.31}\text{Mg}_{.23}\text{Mn}_{.09})_{\Sigma 0.63}(\text{Ti}_{2.31}\text{Nb}_{1.63})_{\Sigma 3.96}(\text{Si}_{8.00}\text{O}_{24})[\text{O}_{2.78}(\text{OH})_{1.22}]_{\Sigma 4} \cdot 5.68\text{H}_2\text{O}$. Упрощенная формула ($Z = 2$): $\text{NaK}_3\text{Fe}(\text{Ti,Nb})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O,OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Главные линии рентгенограммы порошка [d , Å (I, %) (hkl)]: 6.93 (100) (020, 001); 4.93 (80) (021); 3.21 (100) (400, 42-1, 40-2); 3.11 (90) (041, 022); 2.62 (60) (15-1, 241, 24-2, 202); 2.49 (50) (44-1, 401, 40-3). Дан ИК-спектр. Минерал назван по месту первой находки на участке Нескевара в массиве Вуориярви и по преобладанию Fe в D-позиции структуры. Образец нескевараита-Fe хранится в Минералогическом музее им. А.Е.Ферсмана РАН в Москве.

В статье 3 таблицы, 3 рисунка и список литературы из 12 названий.

Среди всего многообразия водных щелочных титано- и ниобосиликатов («амфотеросиликатов») группа лабунцовита занимает особое место благодаря уникальному, свойственному только этим минералам структурному мотиву. В его основе лежит каркас, образованный цепочками M-октаэдров ($M = \text{Ti, Nb}$), «сшитых» кольцами Si_4O_{12} , а нередко также дополнительными D-октаэдрами ($D = \text{Mg, Mn, Fe, Zn}$) (Chukanov *et al.*, 1999, 2002).

Присутствие лабунцовитоподобных минералов – своеобразных «редкометалльных цеолитов» – как бы оконтуривает границы специфических условий минералообразования: по-видимому, можно говорить о существовании лабунцовитовых парагенезисов, формирование которых в щелочных гидротермалитах связано с одновременно высокими активностями воды, K и/или Na, Ti и/или Nb и Si при относительно низких температурах и давлениях.

¹ Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 2 мая 2002 года

Таблица 1. Химический состав нескевараита-Fe (1,2) и срastaющего с ним лабунцовита-Fe (3)

Компонент	мас. %		
	1	2	3
Na ₂ O	3.10 (2.21 – 3.38)	3.45	5.09
K ₂ O	8.83 (8.18 – 9.37)	9.11	7.74
CaO	0.00	0.03	0.00
SrO	0.00	0.07	0.00
BaO	3.37 (2.05 – 4.69)	5.07	8.28
MgO	0.75 (0.57 – 1.06)	0.05	0.98
MnO	0.50 (0.38 – 0.59)	1.03	0.11
FeO	1.82 (1.62 – 2.14)	1.98	1.75
ZnO	0.00	0.11	0.11
SiO ₂	39.29 (38.25 – 40.12)	37.95	39.62
TiO ₂	15.08 (13.30 – 15.94)	14.80	25.13
ZrO ₂	0.00	0.08	0.08
Nb ₂ O ₅	17.96 (17.21 – 19.04)	18.21	2.09
H ₂ O	9.26	не опр.	не опр.
Сумма	99.97	91.94	90.98
Формульные коэффициенты, расчет на 8 атомов Si			
Na	1.22	1.41	1.99
K	2.29	2.45	1.99
Ca	—	0.01	—
Sr	—	0.01	—
Ba	0.26	0.42	0.66
Mg	0.23	0.02	0.29
Mn	0.09	0.18	0.02
Fe	0.31	0.35	0.30
Zn	—	0.02	—
Si	8	8	8
Ti	2.31	2.35	3.82
Zr	—	0.01	—
Nb	1.65	1.74	0.19

Примечание: 1 — Нескевара, Вуориярви (голотип: среднее по 7 анализам, в скобках даны пределы содержания); 2 — 3 — Кукисвумчорр, Хибинь (параллельный сросток нескевараита-Fe и лабунцовита-Fe)

Обладая однотипным структурным мотивом, минералы группы лабунцовита в то же время отличаются существенной вариативностью структурных типов и особенно химического состава, реагируя даже на незначительные изменения геохимической обстановки — как при кристаллизации из растворов, так и (в свете последних экспериментальных данных) в ходе последующих катионообменных процессов. Чрезвычайно широкие изоморфные замещения затрагивают не только позиции внекаркасных катионов (Na, K, Ca, Sr, Ba), что характерно и для обычных алюмосиликатных цеолитов, но и октаэдрические позиции разных типов в каркасе. Эти факторы определяют многообразие представителей данной группы, что не только важно с точки зрения реконструкции условий минералообразования, в том числе локальных, но и может представлять значительный практический интерес, учитывая наличие ионообменных свойств у лабунцовитоподобных минералов (Пеков и др., 2002а) и их синтетических аналогов (Dyer *et al.*, 1999).

Новый минерал группы лабунцовита, описываемый в настоящей работе, обнаружен в керне скважин в двух щелочных массивах — Вуориярви (Сев. Карелия) и Хибинском

(Кольский п-ов). Он получил название **нескевараит-Fe** по месту первой находки на участке Нескевара в массиве Вуориярви; сульфидс-уточнитель -Fe указывает на преобладание железа в D-позиции структуры, в соответствии с принятой номенклатурой минералов группы лабунцовита (Chukanov *et al.*, 2002).

Массив Вуориярви является типичным представителем интрузий центрального типа, сложенных щелочно-ультраосновными породами и карбонатитами (Кухаренко и др., 1965). Члены группы лабунцовита здесь развиты достаточно широко: это вуориярвит-К (Субботин и др., 1998), ненадкевичит, лабунцовит-Mg, лабунцовит-Fe, коробицынит. Наиболее разнообразны они на участке Нескевара, в гидротермально измененных пироклорсодержащих карбонатитах и фоскоритах. Все находки лабунцовитоподобных минералов сделаны в керне скважин на глубинах от 30 до 780 м от дневной поверхности и приурочены к карбонатитовым жилам протяженностью до 1 км и мощностью до 100 м, а в раздувах и более. Минералы групп пироклора и цирконолита явились источником Nb и Ti для формирования лабунцовитоподобных фаз, которые наблюдаются только в зонах низкотемпературного гидротермального преобразования карбонатитов и фоскоритов. Гидротермально переработанные породы кавернозные, состоят из доломита (60 – 90%), кальцита, сидерита, магнетита, хлорита, серпентина, карбонат-фторapatита, содержат барит, сульфиды, карбонаты Ba, Sr и REE, нередко кварц и полевой шпат. Нескевараит-Fe здесь встречается в единственном (голотипном) образце керна в виде плохоограненных коричневатых полупрозрачных призматических кристаллов длиной до 6 мм в гидротермально переработанном участке карбонатита (гнездо размером 3 x 3 x 1 см). В ассоциации с новым минералом находятся доломит, кальцит, флогопит, фторapatит, пирит, пирротин, халькопирит, серпентин и ненадкевичит. Во вмещающем малоизмененном карбонатите, сложенном в основном кальцитом, флогопитом, пироксеном и пиритом, присутствуют реликты пироклора.

В Хибинском массиве нескевараит-Fe найден также в одном образце керна разведочной скважины, пробуренной в подземной выработке на горизонте + 172 м Кировского рудника, эксплуатирующего месторождение апатита в южной части горы Кукисвумчорр. Этот образец был представлен авторам для исследования изве-

стным коллекционером А.С.Подлесным. Здесь новый минерал приурочен к кавернозной жильной породе, сложенной среднезернистым агрегатом белого кальцита и желтоватого калиевого полевого шпата приблизительно в равных количествах. Нескевараит-Fe образует практически непрозрачные желто-коричневые уплощенно-призматические кристаллы длиной до 1.8 см при ширине до 4 мм и толщине до 1 мм, вросшие в кальцит или расположенные в полостях. Он находится в тесных сростаниях с лабунцовитом-Fe; наиболее поздними в этой ассоциации являются отдельные мелкие кристаллики доннейита-(Y) и покрывающие стенки полостей пленки буро-черного твердого битума.

Кристаллы хибинского нескевараита-Fe обычно грубые, досковидные, вытянутые вдоль [010]. В полостях, однако, встречаются и хорошо оформленные кристаллы с четкими головками (рис. 1). Пояс призм этих кристаллов (класс симметрии $2/m$) образован комплексом покрытых продольной штриховкой граней пинакоидов $\{-201\}$ (главная габитусная форма), $\{100\}$, $\{-101\}$, иногда $\{001\}$. Головки представлены гладкими гранями ромбической призмы $\{021\}$ и узким пояском граней пинакоида $\{010\}$. Нередко попадаются параллельные, возможно, синтаксические сростки нескевараита-Fe с лабунцовитом-Fe. Последний дает брусковидные великолепно оформленные прозрачные кристаллы (до 5 мм) с зеркальными гранями, имеющие яркую кроваво-красную окраску и резко контрастирующие по своему внешнему облику с мутными желто-коричневыми иштрихованными уплощенными кристаллами нескевараита-Fe.

Черта нового минерала белая, блеск стеклянный. Спайность не наблюдается, излом неровный. Твердость по Моосу около 5, хрупкий. Плотность нескевараита-Fe, измеренная методом уравнивания зерна в тяжёлых жидкостях, составляет 2.88(3),

Таблица 2. Результаты расчета порошковой рентгенограммы нескевараита-Fe из Вуориярви

$I_{\text{изм}}$	$d_{\text{изм}}$ Å	$I_{\text{выч}}$	$d_{\text{выч}}$ Å	hkl
100	6.93	32	6.95	020
		100	6.93	001
20	6.45	28	6.39	200
		36	6.39	20-1
80	4.93	32	4.91	021
	3.52	3	3.60	40-1
10		3	3.48	040
10	3.42	7	3.40	221
		3	3.39	22-2
		17	3.20	400
100	3.21	64	3.20	42-1
		22	3.19	40-2
90	3.11	41	3.11	041
		51	3.10	022
		13	2.95	112
30	2.91	19	2.90	420
		14	2.90	42-2
		6	2.62	15-1
60	2.62	15	2.59	241
		10	2.59	24-2
		7	2.59	202
		11	2.50	44-1
50	2.49	10	2.50	401
		19	2.50	40-3
5	2.14	5	2.13	600
		6	2.13	60-3
5	2.03	5	2.03	441
		8	2.03	44-3
10	1.929	7	1.926	062
		2	1.925	043
		3	1.876	460
10	1.873	3	1.875	46-2
		2	1.872	42-4
10	1.801	10	1.800	80-2
30	1.730	10	1.738	080
		5	1.734	004
		13	1.697	44-4
40	1.687	2	1.690	82-1
		2	1.690	82-3
		3	1.685	081
		8	1.558	84-1
20	1.558	3	1.557	820
		7	1.557	84-3
		2	1.526	48-2
10	1.522	2	1.524	423
		4	1.523	42-5
		5	1.426	481
40	1.422	6	1.426	48-3
		7	1.425	443
		4	1.297	4.10.-1
30	1.297	3	1.296	482
		3	1.294	404

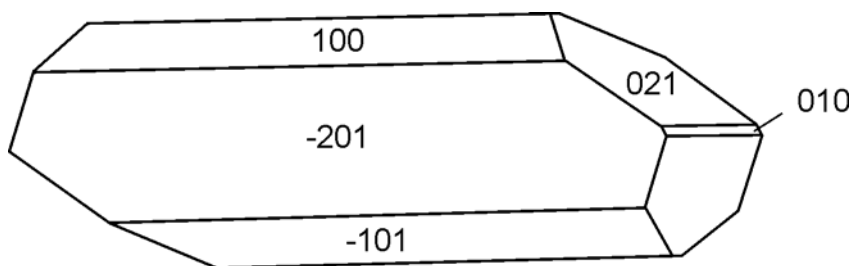


Рис. 1. Кристалл нескевараита-Fe из Хибин

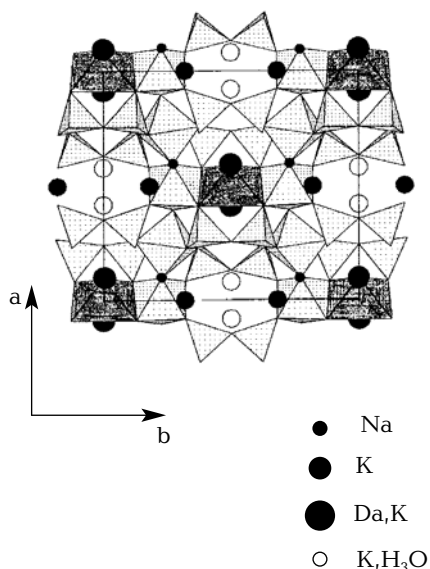


РИС. 2. Кристаллическая структура нескеварайта-Fe; октаэдр Fe показаны темными, октаэдр (Ti, Nb) – светлыми

рентгеновская плотность – 2.90 г/см³. Оптически двуосный, положительный, $n_p = 1.677(1)$, $n_m = 1.684(2)$, $n_g = 1.790(5)$, $2V = 25(10)^\circ$. Плеохроизм практически отсутствует. Оптическая ориентировка: $Y = b$.

Катионный состав нового минерала (табл. 1) изучен методом локального рентгеноспектрального анализа. Содержание воды для образца из Вуориярви определено по потере массы при нагревании минерала в вакууме до 950°C со скоростью 40°C/мин. Расчёт анализа голотипного образца (ан. 1 в табл. 1) на $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]_2(\text{O}, \text{OH})_4$ приводит к следующей эмпирической формуле ($Z = 2$): $\text{Na}_{1.22}\text{K}_{2.29}\text{Ba}_{.26}(\text{Fe}_{.31}\text{Mg}_{.23}\text{Mn}_{.09})_{\Sigma 0.63}(\text{Ti}_{2.31}\text{Nb}_{1.65})_{\Sigma 3.96}(\text{Si}_{8.00}\text{O}_{24})[\text{O}_{2.78}(\text{OH})_{1.22}]_{\Sigma 4} \cdot 5.68\text{H}_2\text{O}$. Упрощённая формула нескеварайта-Fe: $\text{NaK}_3\text{Fe}(\text{Ti}, \text{Nb})_4(\text{Si}_4\text{O}_{12})_2(\text{O}, \text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Корректность определений химического состава, показателей преломления и плотности нескеварайта-Fe подтверждается хорошей сходимостью по критерию Гладстона-Дейла (Mandarino, 1981): $1 - K_p/K_c = 0.021$ для $D_{\text{изм}}$; $1 - K_p/K_c = 0.028$ для $D_{\text{выч}}$.

Дебаеграмма нескеварайта-Fe (камера РКГ-86, FeK-излучение) приведена в табл. 2. При выборе индексов hkl для рефлексов использованы данные по интенсивностям, полученные при структурном исследовании минерала.

Кристаллическая структура нескеварайта-Fe изучена на монокристалле из Вуориярви при помощи четырёхкружного дифрактометра ENRAF NONIUS ($R_{\text{аннзо}} = 0.066$)

с учётом микродвойничкования по (001) и (-401): наблюдаемый удвоенный период ромбической псевдоячейки с указывает на двойникование по типу леммлейнита, и для перехода от экспериментальной к истинной моноклинной ячейке была использована матрица: $[100/010/000.5] + [100/010/-0.50 -0.5]$. Уточненные массовые коэффициенты компонент двойника составляют 0.53 и 0.47. Нескеварайт-Fe моноклинный, пространственная группа Cm . Параметры элементарной ячейки: $a = 14.450(6)$, $b = 13.910(6)$, $c = 7.836(4)\text{Å}$, $\beta = 117.42(1)^\circ$, $V = 1398(2)\text{Å}^3$. В основе структуры этого минерала, как и других моноклинных членов группы лабунцовита, лежат волнообразно изогнутые це-

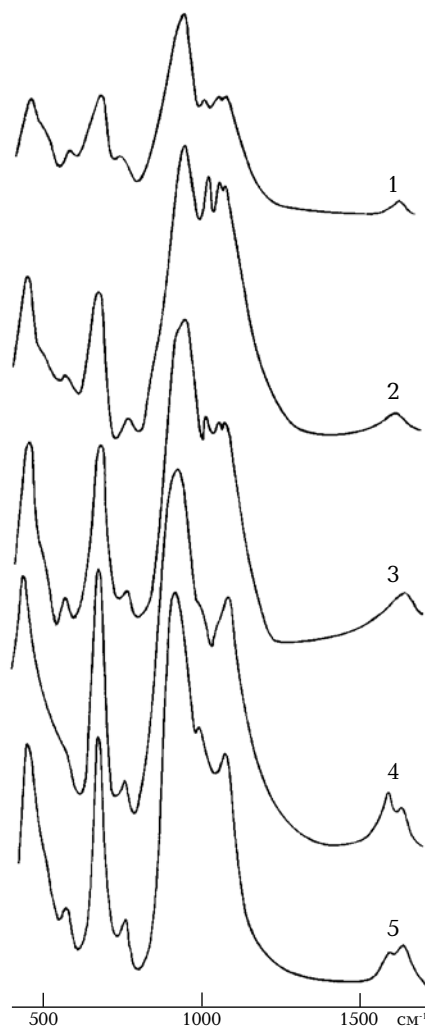


РИС. 3. ИК-спектры минералов подгрупп гутковаита и кузьменкоита: 1 – гутковаит-Мп, 2 – алшаровит-Зп, 3 – нескеварайт-Fe, 4 – кузьменкоит-Мп, 5 – кузьменкоит-Зп

Таблица 3. Сравнительные кристаллохимические характеристики минералов подгруппы гутковаита

Минерал	Гутковаит-Mn	Нескевараит-Fe	Алсахаровит-Zn
Упрощённая формула	CaK ₂ Mn(Ti,Nb) ₄ (Si ₄ O ₁₂) ₂ (O,OH) ₄ ·5H ₂ O	NaK ₃ Fe(Ti,Nb) ₄ (Si ₄ O ₁₂) ₂ (O,OH) ₄ ·6H ₂ O	NaSrKZn(Ti,Nb) ₄ (Si ₄ O ₁₂) ₂ (O,OH) ₄ ·7H ₂ O
Пространственная группа	<i>Cm</i>	<i>Cm</i>	<i>Cm</i>
<i>a</i> , Å	14.365	14.45	14.49
<i>b</i> , Å	13.89	13.91	13.91
<i>c</i> , Å	7.81	7.84	7.82
β , °	117.4	117.4	117.6
Преобладающие катионы:			
A(1)	Ca	Na	Na
A(2)	/	K	Sr
B	K	K	K
D	Mn	Fe	Zn
M	Ti	Ti	Ti

почки Ti(Nb)-октаэдров, соединённые четверными кремнекислородными кольцами и октаэдрами *D*, заполненными главным образом атомами железа (рис. 2). По симметрии и расположению внекаркасных катионов нескевараит-Fe относится к структурному типу гутковаита. В новом минерале, как и в гутковаите-Mn (Расцветаева и др., 2001; Пеков и др., 2002b) и алсахаровите-Zn (Розенберг и др., 2002a; Пеков и др. в печати), позиция *A* распадается на две – *A*(1) и *A*(2) – находящиеся на расстоянии 1.73 Å друг от друга и заполненные статистически атомами Na и K соответственно. Атомы K занимают позицию, в которой в собственно лабунцовите находятся молекулы воды H₂O(1); при этом данная позиция (как и позиция Sr в алсахаровите-Zn) смещена в сторону Na. Несколько укороченное расстояние Na-H₂O(2) = 1.97 Å объясняется неполной заселенностью обеих позиций – как катионами, так и молекулами воды.

Расщеплённая позиция *B* занята ионами K⁺ с небольшим количеством H₃O⁺, которые распределены по двум подпозициям (подобное заполнение *B*-позиции наблюдается и в алсахаровите-Zn). Вхождение в структуру минерала ионов оксония подтверждается присутствием в ИК-спектре слабой полосы при 1715 см⁻¹.

Кристаллохимическая формула нескевараита-Fe (из структурных данных, *Z* = 1): [Na_{2.0}(K_{1.6}Na_{0.4})] [K_{2.2} 1.0 (H₃O)_{0.8}] [K_{0.7}Ba_{0.5}(H₂O)_{2.2} 0.6] [Fe_{0.7}Mg_{0.4}] [Ti_{4.6}Nb_{3.2}(OH_{5.27}O_{2.73})] [Si₄O₁₂]₄·*n*H₂O, где первыми четырьмя квадратными скобками выделены составы ключевых групп позиций *A*, *B*, *C* и *D* соответственно.

Одной из особенностей нескевараита-Fe является частично упорядоченное распределение атомов Ti и Nb по разным

октаэдрическим позициям: в одной преобладает Ti, в другой содержатся равные количества Ti и Nb.

Примечательно, что роль воды в минералах подгруппы гутковаита несколько иная, чем в других минералах группы лабунцовита. Так, в собственно лабунцовите существуют две независимые позиции молекул воды, одна из которых, H₂O(1), связана с катионными позициями *A* и *B*, в то время как H₂O(2) координирует только позицию *A*. При этом обе позиции молекул воды могут смещаться в сторону позиции *A*, которая чаще всего занята Na. В структуре цепинита-Na обе позиции воды смещены и заняты оксонием (как и сама позиция *A*). В кузьменкоитах H₂O(1) сохраняется, а H₂O(2) замещается оксонием. В гутковаитоподобных структурах, наоборот, позиция H₂O(2) сохраняется, а позиция H₂O(1) смещена и может заселяться катионами (например, Sr).

Кроме того, в структурах гутковаита и его аналогов наблюдается избирательное вхождение атомов Ba только в одну из позиций в вершинах *D*-октаэдра, занятых преимущественно молекулами H₂O (4), что является одной из причин понижения симметрии.

Более детально кристаллическая структура нескевараита-Fe описана в отдельном сообщении (Розенберг и др., 2002b). Сравнительные характеристики минералов подгруппы гутковаита даны в табл. 3.

Волновые числа полос в ИК-спектре (см⁻¹; sh – плечо, s – сильная полоса): 3530, 3340, 1653, 1083 s, 1059 s, 1025 s, 951 s, 930 sh, 770, 686 s, 584, 530 sh, 458. По ИК-спектрам минералы подгруппы гутковаита отличаются от других представителей группы лабунцовита, в том числе от наиболее близких к ним членов подгруппы кузьменкоита (рис. 3).

В заключение еще раз подчеркнем серьезные различия между минералами подгрупп гутковаита и собственно лабунцовита. Уже сам факт нахождения в Хибинах тесных сростаний, включая параллельные, близко-одновременно кристаллизовавшихся нескевараита-Fe и лабунцовита-Fe – минералов, содержащих в качестве видообразующих одни и те же компоненты, но различающихся структурными типами, ярко иллюстрирует индивидуальность каждого из этих двух видов. Еще более наглядно эту индивидуальность демонстрируют резко различный внешний облик минералов в таких сростках и существенные различия по соотношениям примесных компонентов в химическом составе минералов. Нескевараит-Fe относительно лабунцовита-Fe обеднен барием и магнием, но обогащен марганцем и особенно резко – ниобием (ан. 2 и 3 в табл. 1). Учитывая, что высокониобиевые разновидности членов подгруппы собственно лабунцовита до сих пор неизвестны, несмотря на обширную статистику анализов, а для представителей других подгрупп, включая подгруппу гутковаита (Пеков и др., в печати), обогащенные ниобием фазы типичны, можно предположить, что именно этот элемент стабилизирует структуру нескевараита-Fe.

Эталонный образец нового минерала передан в Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН в Москве (рег. № 2814/1).

Авторы благодарят А.С.Подлесного за предоставленный для исследования материал из Хибин. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 01-05-64739) и гранта ведущей научной школы № 00-15-98-497.

Список литературы

- Кухаренко А.А., Орлова М.П., Булах А.Г., Багдасаров Э.А., Римская-Корсакова О.М., Нефедов Е.И., Ильинский Г.А., Сергеев А.С., Абакумова Н.Б. Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии. М., 1965. 772 с.
- Пеков И.В., Турчкова А.Г., Кононкова Н.Н., Чуканов Н.В. Изучение катионообменных свойств минералов группы лабунцовита. I. Эксперименты в водных растворах при нормальных условиях. Тез. докл. //Матер. Всероссийского семинара «Щелочной магматизм Земли». М., 2002а. С. 76.
- Пеков И.В., Чуканов Н.В., Расцветаева Р.К., Загов А.Е., Кононкова Н.Н. Гутковаит – $Mn, CaK_2Mn(Ti, Nb)_4(Si_4O_{12})_2(O, OH)_4 \cdot 5H_2O$, новый минерал группы лабунцовита из Хибинского массива, Кольский полуостров //ЗВМО. Ч. 131. 2002b. № 2. С. 51 – 57.
- Пеков И.В., Чуканов Н.В., Загов А.Е., Розенберг К.А., Расцветаева Р.К. Алсахаровит- $ZnNaSrKZn(Ti, Nb)_4[Si_4O_{12}]_2(O, OH)_4 \cdot 6H_2O$ – новый минерал группы лабунцовита из Ловозерского массива, Кольский полуостров //ЗВМО (в печати).
- Расцветаева Р.К., Пеков И.В., Некрасов Ю.В. Кристаллическая структура и микродвойникование высококальциевого аналога лабунцовита // Кристаллография. Т. 46. 2001. № 3. С. 415 – 417.
- Розенберг К.А., Расцветаева Р.К., Пеков И.В., Чуканов Н.В. Кристаллическая структура и микродвойникование нового высокоцинкового представителя группы лабунцовита //ДАН. Т. 383. 2002а. № 5 (в печати).
- Розенберг К.А., Расцветаева Р.К., Чуканов Н.В., Субботин В.В. Кристаллическая структура нецентросимметричного высокониобиевого аналога лабунцовита-Fe // Кристаллография. Т. 47. 2002b. № 3 (в печати).
- Субботин В.В., Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Бахчисарайцев А.Ю., Пуцаровский Д.Ю., Расцветаева Р.К., Надежина Т.Н. Вуориярвит $(K, Na)_2(Nb, Ti)_2Si_4O_{12}(O, OH)_2 \cdot 4H_2O$ – новый минерал из карбонатитов массива Вуориярви (Кольский полуостров) //ДАН. Т. 358. 1998. № 4. С. 517 – 519.
- Chukanov N.V., Pekov I.V., Rastsvetaeva R.K., Nekrasov A.N. Labuntsovite: solid solutions and features of the crystal structure //Can. Miner. Vol. 37. 1999. P. 901 – 910.
- Chukanov N.V., Pekov I.V., Khomyakov A.P. Recommended nomenclature for labuntsovite-group minerals //Eur. J. Miner. Vol. 14. 2002. P. 165 – 173.
- Dyer A., Pillinger M., Newton J.A., Harjula R.O., Moller J.T., Tusa E.H., Suheel A., Webb M. Mineral ion exchangers for removal of radionuclides from liquids and wastewaters. Patent WO 9958243 (GB). 13.05.1999.
- Mandarino J. A. The Gladstone-Dale relationship: Part IV. The compatibility concept and its application //Can. Miner. 1981. Vol. 19. P. 441 – 450.

УДК 549.6

ПАБСТИТ С МОРЕНЫ ЛЕДНИКА ДАРА-И-ПИОЗ (ТАДЖИКИСТАН)

Л.А.Паутов

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, pla@fmm.ru

Обнаружен пабстит на морене ледника Дара-и-Пиоз (Гармский район, Таджикистан) в лейкократовой породе, сложенной преимущественно микроклином, кварцем и альбитом. В подчиненном количестве в породе присутствуют эгирин, титанит, астрофиллит, бафертисит, галенит, сфалерит, ильменит, пироклор, флюорит, циркон, фторапатит и кальцит. Пабстит встречен в виде зерен в породе и хорошо образованных кристаллов (0.1–0.5 мм), нарастающих на кристаллы кварца в мелких пустотках, которыми изобилует порода. Минерал по составу приближается к конечному члену $BaSnSi_3O_9$ в ряду пабстит-бенитоит. Микронзондовый ан.: SiO_2 – 37.43; TiO_2 – 0.19; ZrO_2 – 0.16; SnO_2 – 30.05; BaO – 32.41; сумма 100.24. Эмпирическая формула: $Ba_{1.02}(Sn_{0.96}Ti_{0.01}Zr_{0.01})_{0.98}Si_{3.01}O_9$. Показатели преломления пабстита $n_o = 1.668(2)$; $n_e = 1.657(2)$, что значительно ниже данных, приводимых для пабстита с места первой находки. Показана сильная зависимость оптических свойств пабстита от содержания в нем титана. Находка пабстита на Дара-и-Пиозе является первой находкой пабстита в щелочных породах и, по-видимому, является второй находкой этого минерала в мире.

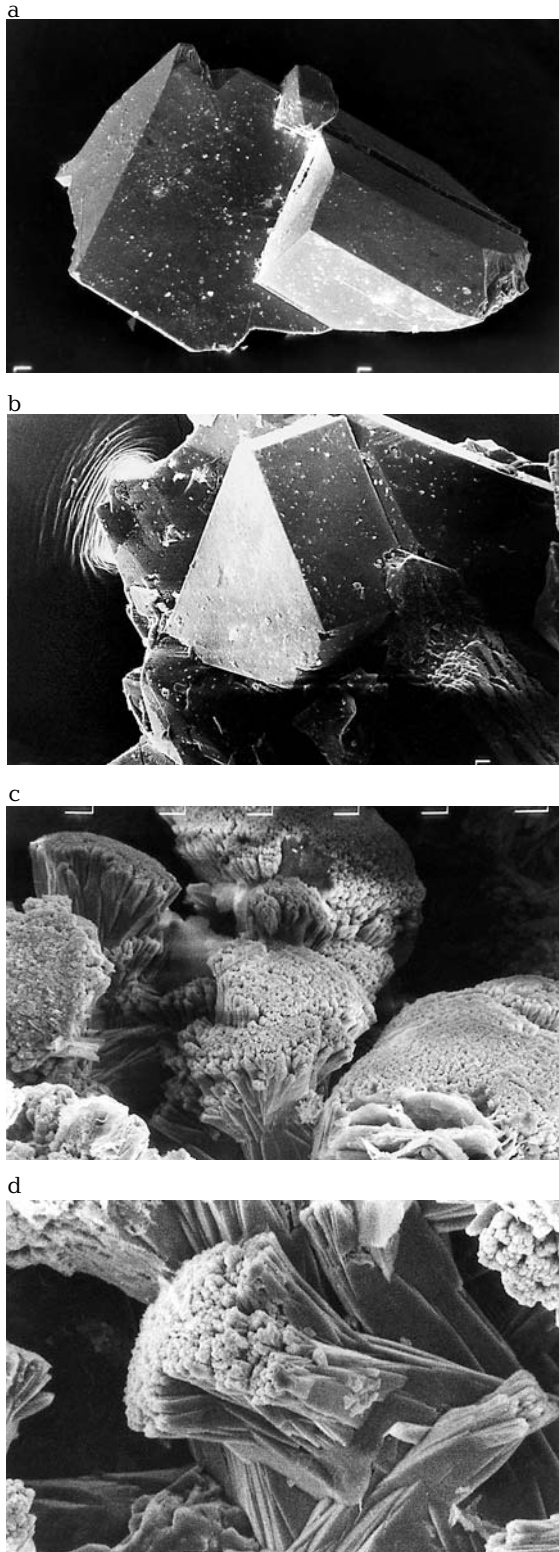
В статье 2 таблицы, 3 рисунка, список литературы из 13 названий.

Пабстит $BaSnSi_3O_9$ – оловянный аналог бенитоита, был описан как новый минерал из Санта-Кру (шт. Калифорния, США), где он встречен в трещинах окремнелых известняков в ассоциации с кварцем, кальцитом, тремолитом, витеритом, флогопитом, диопсидом, форстеритом, тарамеллитом, касситеритом, франкеитом, станнином, сфалеритом и галенитом (Gross *et al.*, 1965). Минералогия карьера Санта-Кру посвящена отдельная публикация (Dunning, Cooreg, 1986). Автором настоящей статьи пабстит обнаружен в совершенно иной геологической обстановке – в породах щелочного комплекса Дара-и-Пиоз при лабораторном изучении полевых сборов 1995 г., проведенных совместно с А.А.Агахановым, В.Ю.Карпенко и П.В.Хворовым. В доступной автору литературе сообщений о других находках пабстита найти не удалось. Нет образцов пабстита, кроме как из Калифорнии, и в крупнейших минералогических собраниях нашей страны – Минералогическом музее им. А.Е.Ферсмана РАН, Геологическом музее им. В.И.Вернадского. По-видимому, карьер Санта-Кру в Калифорнии, до последнего времени был единственным местом находок этого редкого минерала.

Местонахождение и ассоциация

Пабстит обнаружен в моренном материале ледника Дара-и-Пиоз, расположенного в контурах Верхнего Дара-и-Пиозского щелочного массива (Гармский район, Таджикистан). Массив расположен в приводораз-

дельной части южного склона Алайского хребта, имеет строение близкое к кольцевому и сложен биотитовыми и турмалиновыми гранитами, эгириновыми сиенитами и фойяитами. Первые данные о массиве получены при работах Таджикско-Памирской экспедиции в 1932–1936 годы. Минералогия Дара-и-Пиозского массива освещена в ряде публикаций (Дусматов, 1968; Дусматов, 1971; Дусматов, 1993; Семенов, 1975; Velakovskiy, 1991 и др.). Наиболее характерной особенностью Дара-и-Пиозского массива, является необычная для щелочных массивов обогащенность бором и литием (Дусматов и др., 1972), а также «сухость» – отсутствие или малая распространенность минералов, содержащих в своем составе воду или гидроксильные группировки. Минералогически это проявляется в развитии на массиве борового аналога альбита – ридмерджерита и наличии целого ряда редких боросиликатов (лейкосфенита, стиллуэлит-(Ce), тяньшанита, таджикита, калькибеборосилита-(Y), гиалотекита и др.), широком распространении литиевых минералов (политионита, тайниолита, согдианита, сугилита, нептунита и др.). Из других элементов, характерных для Дара-и-Пиоза и образующих в массиве собственные минералы, следует указать редкие земли и иттрий (стиллуэлит-(Ce), минералы группы таджикита, капицаит-(Y), нордит-(Ce), монацит-(Ce) и др.), бериллий (лейкофан, эпидидимит, барилит, калькибеборосилит-(Y), гиалотекит, москвинит и др.), цирконий (согдианит, цектцерит, бацирит, циркон, минералы группы эвдиалита и др.), ниобий и тантал



(минералы группы пирохлора, баотит), торий и уран (торит, туркестанит, уранинит), цезий (цезий-куплетскит, телюшенкоит) и олово [хотя собственный минерал олова пока обнаружен только один – это пабстит, повышенные содержания олова ранее отмечались в титаните (Reguir *et al.*, 1998; Reguir *et al.*, 1999) и согдианите (Паутов и др., 2000) из этого массива].

С кристаллохимической точки зрения примечательной особенностью Дара-и-Пиозского массива является широкое распространение и разнообразие в нем кольцевых силикатов. Из минералов с девятичленными кольцами кремнекислородных тетраэдров в микроклин-ридмерджеритовых пегматитах и в очень своеобразных кварц-титанит-эгириновых жильных породах встречаются минералы группы эвдиалита. Из силикатов с шестичленными кольцами встречены минералы группы турмалина. Структурный тип аксинита представлен крайне редким на Дара-и-Пиозе ферроаксинитом. Наиболее разнообразны на массиве силикаты со двоянными шестерными кремнекислородными кольцами группы миларита, многие из которых впервые описаны именно из этого массива – это прежде всего согдианит, который в некоторых жильных образованиях является породообразующим минералом; сугилит, дарапиозит, дусматовит, шибковит, березанскит. Представителем минералов с четверными кремний-кислородными кольцами на Дара-и-Пиозе является баотит. Из силикатов со двоянными четверными кольцами встречается туркестанит. Структурный тип бенитоита (силикатов с трехчленными кремнекислородными кольцами) был представлен на массиве бацитом, а теперь пополнился пабститом. И, наконец, совсем недавно был открыт на Дара-и-Пиозе минерал со двоянными трехчленными кольцами (новый структурный тип) – москвинит.

Пабстит обнаружен в средне-грубозернистой неравномернозернистой лейкократовой породе, сложенной преимущественно микроклином, кварцем и альбитом. В подчиненном количестве в породе присутствует эгирин, титанит, астрофиллит и бафертисит, образующие отдельные скопления и линзы, что придает породе пятни-

РИС. 1. а – фрагмент сростка кристаллов пабстита. В верхней части снимка виден кристалл циркона. Ув. 300; б – коротко призматический кристалл пабстита на кварце. Ув. 500;

с, d – сростки расщепленных кристаллов циркона из полости с пабститом. с – ув. 200, d – ув. 1000. РЭМ-фото

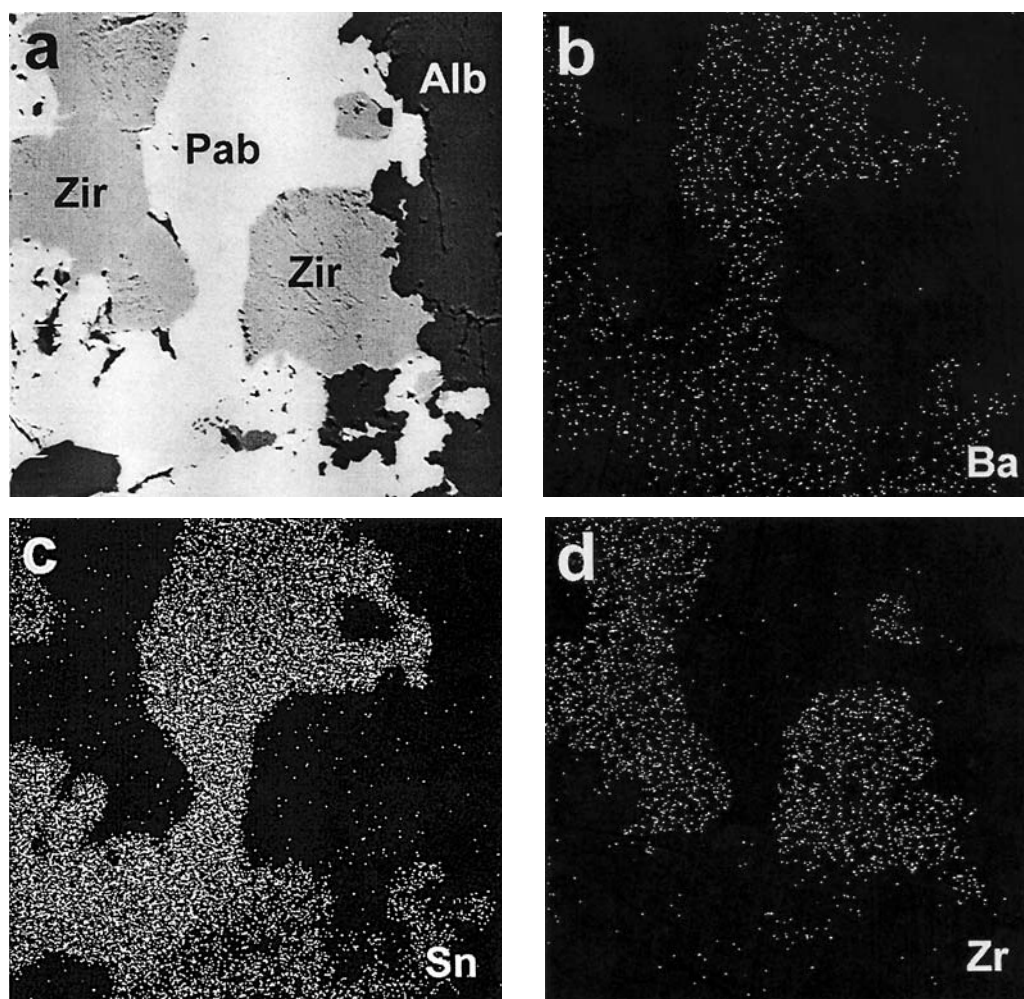


РИС. 2. Сравнение пабстита (Pab) с цирконом (Zir) и альбитом (Alb). a – изображение в режиме СОВРО; b, c, d – изображение в рентгеновском характеристическом излучении указанных элементов. Ширина поля зрения – 600 мкм

стую, участками полосчатую текстуру. Акцессорные минералы – галенит, сфалерит, ильменит, пироклор, флюорит, циркон, фторапатит и кальцит. Порода несет следы пластических и хрупких деформаций, что выражается в изогнутости чешуйчатых зерен астрофиллита и бафертисита, катаклазированных зернах микроклина, пластинчатых двойниках кальцита. В породе довольно обильны мелкие (0.3 – 1 см) пустоты, инкрустированные длинностолбчатыми прозрачными и бесцветными кристаллами кварца (1 – 5 мм длиной), на которые нарастают белые сферолитоподобные агрегаты и короткопризматические кристаллы циркона, редко одиночные хорошо образованные мелкие кристаллы пабстита (рис. 1). Паб-

стит в виде зерен неправильных очертаний встречается и в альбит-титанит-кварц-цирконовых агрегатах (рис. 2), располагающихся в непосредственной близости от описанных полостей.

Физические свойства и оптические характеристики

Зерна пабстита имеют белый цвет и слегка жирный блеск. Спайность не наблюдается. Твердость по Моосу около 6. Кристаллы пабстита (0.1 – 0.5 мм) бесцветны и прозрачны, их морфология хорошо видна на рис. 1. В коротковолновом ультрафиолетовом свете минерал обнаруживает слабую голубова-

Таблица 1. Рентгеновские порошковые данные для пабстита

Пабстит, Дара-и-Пиоз		Пабстит, синт. JCPDS 43-0633		
d	I	d	I	hkl
5.81	60	5.83	37	100
4.93	33	4.923	12	002
3.76	100	3.7625	95	102
3.36	90	3.3672	30	110
3.21	10	3.1842	9	111
2.92	28	2.9156	17	200
2.78	53	2.7793	100	112
2.52	5	2.5093	5	202
2.46	20	2.4633	10	004
2.34	3	2.3511	1	113
2.27	2	2.2692	2	104
2.21	5	2.2043	12	210
2.153	3	2.1509	4	211
		2.0117	6	212
1.983	11	1.9880	23	114
		1.9439	14	300
1.887	6	1.8818	13	204
		1.8302	1	213
1.810	8	1.8082	17	302
		1.6832	5	220
1.647	8	1.6421	12	006
1.614	2	1.6172	2	310
1.595	4	1.5928	10	222
		1.5804	4	106
1.541	3	1.5366	8	312
		1.5259	8	304
1.476	5	1.4758	10	116

Таблица 2. Химический состав пабстита

Оксид	Дара-и-Пиоз, Таджикистан	Санта-Кру, Калифорния	Теоретический состав
	1	2	3
SiO ₂	37.43	37.7	37.22
TiO ₂	0.19	3.8	
ZrO ₂	0.16	—	
SnO ₂	30.05	24.4	31.12
BaO	32.41	33.2	31.66
Сумма	100.24	99.1	100.00

Примечание:

1 — среднее из 3 микронзондовых анализов. Аналитик — Л.А.Паутов. Эмпирическая формула при расчете на 9 атомов O: Ba_{1.02}Ti_{0.01}Zr_{0.01}Sn_{0.96}Si_{3.01}O₉; 2 — микронзондовый анализ. Ba_{1.03}(Sn_{0.77}Ti_{0.23})_{1.00}Si_{2.96}O₉ (Gross *et al.*, 1965); 3 — BaSnSi₃O₉

тую флуоресценцию. Пабстит оптически одноосный отрицательный. Показатели преломления, измеренные на вращающейся игле, оказались равными $n_o = 1.668(2)$; $n_e = 1.657(2)$, что значительно ниже данных, приводимых для пабстита с места первой находки. Показатели преломления пабстита из Калифорнии по данным (Gross *et al.*, 1965) $n_o = 1.685$; $n_e = 1.674$. Столь существенные различия в оптических характеристиках минерала с разных мест находок объясняются особенностями химического состава минерала: пабстит из Санта-Кру значительно богаче титаном (TiO₂ — 3.8 мас.%), чем минерал с Дара-и-Пиоза (TiO₂ — 0.08–0.42 мас.%), что и обусловило его более высокие показатели преломления. Эмпирическая зависимость показателей преломления от состава в ряде пабстит-бенитоит показана на рис. 3. Отклонение от прямой зависимости в

области, приближающейся к конечному члену BaSnSi₃O₉, обусловлено, по-видимому, вкладом в повышение показателей преломления минерала с Дара-и-Пиоза небольшой примесью циркония.

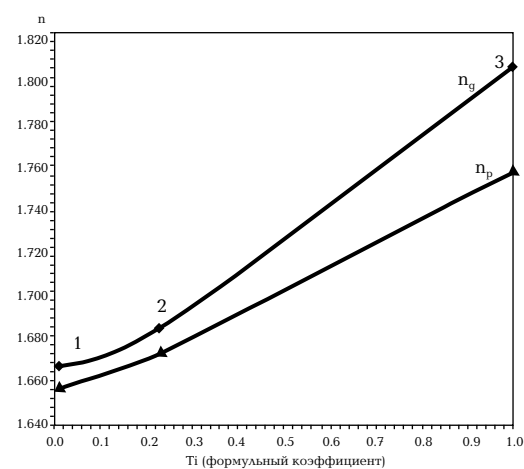
Рентгеновские данные

Пабстит с Дара-и-Пиоза изучался методом порошка на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2. Съёмка велась на Fe-излучении, перед счетчиком был установлен графитовый монохроматор. Скорость сканирования счетчика — 1 градус/мин. Качество полученной дифрактограммы можно оценить как удовлетворительное, что обусловлено малым количеством минерала. Результаты расчета рентгеновской дифрактограммы, приведенные табл. 1, показывают близость изученного минерала к BaSnSi₃O₉. Следует заметить, что минерал плохо снимается фотометодом из-за сильной флуоресценции под рентгеновскими лучами.

Химический состав

Химический состав пабстита с Дара-и-Пиоза изучался на рентгеновском микроанализаторе JCXA-50A, оснащённом энергодисперсионным спектрометром Link-U и тремя волновыми спектрометрами. Количественный анализ проводился на волновых спектрометрах при ускоряющем

РИС. 3. Зависимость показателей преломления минералов ряда пабстит — бенитоит от состава. 1 — пабстит с Дара-и-Пиоза, 2 — пабстит из Санта-Кру (Gross *et al.*, 1965); 3 — BaTiSi₃O₉



напряжении $U = 20$ кВ, токе зонда 20 нА и диаметре пучка 2 мкм. Образцами сравнения являлись: бенитоит USNM 86539 на Ва, Тi, Si; синтетический SnO_2 — на Sn; синтетический ZrO_2 — на Zr. Расчет концентраций проведен по методу ZAF-коррекции в программе «ПУМА». Результаты анализа приведены в табл. 2. Как уже говорилось выше, пабстит с Дара-и-Пиоза находится ближе к конечному члену $\text{BaSnSi}_3\text{O}_9$, чем минерал с места первого описания. Кроме того, для описываемого пабстита характерна незначительная примесь циркония.

Выводы

Обнаружен пабстит в совершенно иной геологической обстановке, чем в типовом местонахождении. Это первая находка пабстита в щелочных породах и, по-видимому, является второй находкой этого минерала в мире. Пабстит — первый собственно оловянный минерал на Дара-и-Пиозе.

Встреченный на Дара-и-Пиозе пабстит по составу приближается к конечному члену $\text{BaSnSi}_3\text{O}_9$ в ряду пабстит-бенитоит. Примесь циркония в дараипиозском пабстите, вероятно, свидетельствует о возможности существования изоморфной системы пабстит-бенитоит-бацитрит.

Показана сильная зависимость оптических свойств пабстита от содержания в нем титана, что необходимо учитывать при оптической диагностике минерала (в большинстве минералогических справочников приведены показатели преломления пабстита, относящиеся к минералу из Калифорнии, которые гораздо выше, чем показатели преломления для малотитанистого пабстита).

Данные по гидротермальному синтезу $\text{BaSnSi}_3\text{O}_9$ и $\text{CaSnSi}_3\text{O}_9$ (Gross *et al.*, 1965; Некрасов, 1973; Некрасов, 1976) и минеральные ассоциации позволяют предположить, что кристаллизация пабстита на Дара-и-Пиозе проходила на заключительных стадиях альбитизации из щелочных растворов богатых кремнеземом и относительно бедных оловом при температуре выше 300 °С. Возможным источником Sn^{4+} в растворе, могло служить олово, высвобождающееся из Sn-содержащего согдианита при замещении его в стадию альбитизации цектцери-том.

Автор благодарит за помощь в работе А.А.Агаханова, В.Ю.Карпенко, П.В.Хворо-

ва, В.Д.Дусматова, И.В.Пекова и Д.И.Белаковского.

Список литературы

- Дусматов В.Д. К минералогии одного из массивов щелочных пород //Щелочные породы Киргизии и Казахстана. Фрунзе. 1968. С. 134–135.
- Дусматов В.Д. Минералогия щелочного массива Дараи-Пиоз (Южный Тянь-Шань) //Автореферат диссертации. М. 1971. 18 с.
- Дусматов В.Д. Минералы массива Дараи-Пиоз //Минералогический журнал. 1993. Т. 15. № 6. С. 102–103.
- Дусматов В.Д., Могаровский В.В., Корешина Ю.Б. К геохимии бора в гранитно-сиенитовых массивах р. Дараи-Пиоз (Южный Тянь-Шань) //Геохимия. 1972. № 10. С. 1298–1302.
- Некрасов И.Я. Гидротермальный синтез силикатов олова //ДАН СССР. 1973. Т. 212. № 3. С. 705–708.
- Некрасов И.Я. Фазовые соотношения в оловосодержащих системах. М.: Наука, 1976. 362 с.
- Паутов Л.А., Хворов П.В., Муфтахов В.А., Агаханов А.А. Согдианит и сугилит из пород Дара-и-Пиозского массива (Таджикистан) //ЗВМО. 2000. № 3. С. 66–79.
- Семенов Е.И., Дусматов В.Д. К минералогии щелочного массива Дараи-Пиоз (Центральный Таджикистан) //ДАН Таджикской ССР. 1975. Т. XVIII. № 11. С. 39–41.
- Belakovskiy D.I. Die seltenen Mineralien von Dara-i-Pioz im Hochgebirge Tadshikistans //Lapis. 1991. 16. № 12. S. 42–48.
- Dunning G.E., Cooper J.F.Jr. Mineralogy of the Kalkar Quarry, Santa Cruz, California //Mineral. Record. 1986. 17. 5. P.315–326.
- Gross E.B., Wainwright J.E.N., Evans B.W. Pabstite, the tin analogue of benitoite //Amer. Mineral. 1965. Vol. 50. P. 1164–1169.
- Requir E.P., Chakhmouradian A.R., Evdokimov M.D. Unusual Zr- and Sn-rich titanite in association with baratovite and zircon from the Dara-i-Pioz complex, Tajikistan //17-th General Meeting (Abstract & Programs). IMA. Aug. 9–14, 1998. Toronto, Canada. P. A110.
- Requir E.P., Chakhmouradian A.R., Evdokimov M.D. The mineralogy of a unique baratovite and miserite-bearing quartz-albite-aegirine rock from the Dara-i-Pioz complex, Northern Tajikistan //Can. Mineral. 1999. Vol. 37. P. 1369–1384.

УДК 549.6 (470.21)

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ «ЦЕОЛИТЫ» ГРУППЫ ИЛЕРИТА

И.В.Пеков

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва, igorpekov@mtu-net.ru

Н.В.Чуканов

Институт Проблем химической физики РАН, Московская обл., г.Черноголовка, chukanov@icp.ac.ru

Н.Н.Кононкова

Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва,

Д.Ю.Пушаровский

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва

Группа илерита объединяет илерит, кальциоилерит, комковит, сазыкинайт-(Y) и пятенкоит-(Y). Основа их уникального структурного типа – смешанный каркас из винтовых цепочек (Si_3O_9) и изолированных М-октаэдров ($M = \text{Zr}, \text{Ti}, \text{Y} + \text{Ln}$); в обширных цеолитоподобных полостях и каналах располагаются крупные катионы (Na, Ca, Ba, примесные K, Sr) и молекулы воды. Многие особенности состава и свойств минералов группы илерита становятся легкообъяснимыми, если рассматривать последние как своеобразные редкометальные «цеолиты». Минералы группы илерита оказались распространены в гидротермалитах Хибино-Ловозерского щелочного комплекса, Кольский п-ов. В статье дан обзор публикаций по группе илерита, охарактеризованы новые находки в Хибинском и Ловозерском массивах, приведены результаты 29 определений химического состава этих минералов, включая 17 полученных авторами. На материале из Ловозера установлены изоморфный ряд илерит – кальциоилерит и Ba-, K-, и Sr-содержащие разновидности кальциоилерита, описаны первые находки илерита и пятенкоита-(Y) в Хибинах. Впервые дан сравнительный анализ ИК-спектров всех членов группы. Обсуждаются кристаллохимия, свойства и генезис илеритоподобных минералов в свете их цеолитоподобного строения. В статье 4 таблицы, 2 рисунка и список литературы из 27 названий.

Кристаллохимическая группа илерита объединяет пять минералов – тригональных (ромбоэдрических – R32) редкометальных силикатов с уникальным структурным мотивом: илерит, кальциоилерит, комковит, сазыкинайт-(Y) и пятенкоит-(Y) (табл 1). Основу их структуры составляют бесконечные винтовые цепочки (Si_3O_9), вытянутые вдоль главной оси. Si-тетраэдры соединяются посредством своих висячих вершин с М-октаэдрами, образуя смешанный каркас $\{M(\text{Si}_3\text{O}_9)\}$, где доминирующие М-катионы в разных случаях представлены Zr, Ti, (Y + Ln). «Шаг» цепочки (Si_3O_9) вдоль оси с составляет три Si-тетраэдра, с этим же периодом повторяются и М-октаэдры, каждый из которых соединен с тремя кремнекислородными цепочками. Структура содержит крупные полости и каналы, где располагаются внекаркасные щелочные и щелочноземельные катионы (Na, Ca, Ba, примесные K, Sr) и молекулы воды. В структуре минералов группы илерита присутствуют две неэквивалентных октаэдрических позиции М. В илерите, кальциоилерите и комковите в обеих М-позициях резко преобладает Zr, в сазыкинайте-(Y) одна из них (M1) селективно занята атомами Y и Ln (с соответствующим увели-

чением расстояния М-О), тогда как вторая (M2) остается циркониевой; пятенкоит-(Y) – изоструктурный аналог сазыкинаита-(Y), где Zr заменен на Ti (Илюшин и др., 1981; Соколова и др., 1991; Расцветаева, Хомяков, 1992, 1996; Пушаровский и др., 2002).

Представители группы илерита – достаточно редкие минералы гидротермалитов, связанных со щелочными комплексами разных типов: нефелин-сиенитовыми, щелочногранитными, карбонатитовыми. Несмотря на свою малую распространенность, эти минералы представляют значительный интерес как в кристаллохимическом, так и в генетическом отношении благодаря оригинальному структурному мотиву, широкой вариативности составов при его сохранении, необычному типу катионного упорядочения (редкоземельные члены группы) и ряду других специфических особенностей, которые становятся легкообъяснимыми, если рассматривать илеритоподобные фазы в свете их ярко выраженного цеолитоподобного строения.

Наибольшее разнообразие представителей группы илерита наблюдается в гидротермалитах хорошо известного Хибино-Ловозерского щелочного комплекса на Коль-

ском полуострове. Здесь обнаружены все члены группы, кроме комковита, и число их находок приближается к десятку; в ряде случаев эти минералы выступают главными концентраторами циркония, иттрия и тяжелых лантаноидов в поздних парагенезисах. Характеристике представителей группы илерита из новых проявлений в Ловозерском и Хибинском массивах, а также обоснованию некоторых представляющихся интересными минералогических и кристаллохимических особенностей всей группы посвящена данная статья.

Условия нахождения

Илерит $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ является наиболее распространенным в природе членом группы. Он был открыт Дж. Чао с соавторами (1974) в гидротермалитах, связанных с нефелиновыми сиенитами и высокощелочными пегматитами агапитового комплекса Сент-Илер в Квебеке, Канада. Типичными спутниками этого минерала здесь являются гейдоннеит, эльпидит, натролит, микроклин, анальцим, альбит, эгирин, рутил, циркон, флюорит, кальцит, сульфиды (Chao *et al.*, 1974; Horvath, Gault, 1990; Horvath, Pfenninger-Horvath, 2000). Встречен илерит и в миаролах агапитовых нефелиновых сиенитов соседнего массива Сент-Амбаль, где ассоциирует с эгирином, натролитом, серандитом, сфалеритом, кордилитом и захаровитом (Horvath *et al.*, 1998). Известен этот минерал в поздних парагенезисах пегматитов, связанных со щелочными и нефелиновыми сиенитами Южной Норвегии: с пиррофанитом, астрофиллитом, катаплеитом, анальцимом, бёмитом и др. в Браттхагене близ Ларвика, а также в Лангезундфьорде — на островах Сиктесё (с альбитом, гейдоннеитом, цирконом) и Весле Арё (с эгирином и цирконом) (Raade, Mladeck, 1977; Raade *et al.*, 1980; Andersen *et al.*, 1996). В щелочно-ультраосновном комплексе Вуориярви в Северной Карелии илерит описан в полостях доломитовых карбонатитов, где ассоциирует с карбонат-апатитом и пиритом (Волошин и др., 1989). Обогащенный кальцием илерит отмечен в интерстициях между зернами альбита, калиевого полевого шпата, кварца, энigmatита, нарсарсукита в щелочном граните южной части комплекса Стрейндж-Лейк (Квебек-Лабрадор, Канада); однако, данные определения химического состава минерала отсутствуют по причине малого количества вещества (Birkett *et al.*,

1992). Диагностирован илерит также в щелочном комплексе Посус ди Каддас в Бразилии (Horvath *et al.*, 1998). В большинстве перечисленных случаев этот минерал находится в полостях, где дает светлоокрашенные (бесцветные, белые, розовые, кремовые, светло-коричневые) субизометричные кристаллы до 4 мм, образованные гранями {11-20} и {01-12}, иногда также {-1-120} (класс симметрии 32), нередко сдвойникованные; встречаются и тонкозернистые массы.

Впервые для территории СССР илерит был описан А.П. Хомяковым и Н.М. Черницовой (1980) на материале трех находок в Ловозерском массиве. Так, в материале из подземных выработок на горе Аллуайв он встречается в виде желтоватых и коричневатых прозрачных ромбоздрических кристаллов размерами 0.5–1 мм, тесно ассоциирующих с нейборитом в мелких полостях пегматоидных ультращелочных пород, жильные и шпировидные тела которых залегают среди пойкилитовых канкрисилит-содалит-нефелиновых сиенитов. Главные составляющие этих пород — калиевый полевой шпат, нефелин, содалит, канкрисилит, эгирин, щелочной амфибол; типичные второстепенные и акцессорные минералы — анальцим, натролит, уссингит, лоренценит, лампрофиллит, эвдиалит, паракелдышит, апатит, ильменит, гейдоннеит, стенструпин, лопарит, сульфиды и др.; в состав наиболее позднего парагенезиса входят виллиомит, когаркоит, сидоренкит, термонатрит. В другой ассоциации илерит встречается в керне скважины на той же горе Аллуайв: здесь его розовые кристаллы до 1 мм находятся на стенках каверн альбитовой породы, ассоциируя с эльпидитом, сидеритом и гизингеритоподобной фазой. Наконец, в пластовом пегматите на горе Карнасурт илерит обнаружен в виде розовых опаловидных обособлений до 1 см в плотной тонкозернистой альбитовой породе с серандитом и сфалеритом. Во всех трех случаях минерал диагностирован по порошковым рентгенограммам и оптическим свойствам (Хомяков, Черницова, 1980), химический состав его не изучался. На монокристалле с г. Аллуайв Г.Д. Илюшиным с соавторами (1981) была впервые решена кристаллическая структура илерита и описан его структурный тип, оказавшийся новым.

Нами илерит установлен в Хибинском массиве, где он до этого не отмечался. Образцы с ним были собраны в одной из подземных выработок Кировского апатитового рудника (горизонт +252 м) на горе Ку-

кисвумчорр известным коллекционером А.С.Подлесным. По находке прекрасных штуфов с илеритом пегматитовое тело, где он обнаружен, получило название «Илеритовое». Оно представляет собой линзу протяженностью более 10 м и мощностью более 1 м в ийолит-уртитях близ контакта с апатито-нефелиновой породой. В «Илеритовом» нами определено 50 (!) минеральных видов, в том числе более 20 редкометаллических. Главные составляющие пегматита — микроклин, нефелин и эгирин, много титанита, пектолита, натролита, эвдиалита, ринкита, астрофиллита, апатита, флюорита, давсонита, сульфидов. Наиболее богатая гидротермальная минерализация развита в мелких полостях «подушек» блокового микроклина. Стенки этих полостей покрыты щетками альбита, кальцита, кварца, анкерита, апатита, с которыми ассоциируют разнообразные редкометаллические минералы — щелочные силикаты циркония (илерит, эльпидит, катаплет, гейдоннеит), бериллия (эпидидимит, эвдидимит), ниобия и титана (ненадевичит, вуориярвит-К, цепинит-К, лабунцовит-Мг), карбонаты стронция, бария и редкоземельных элементов (стронцианит, доннейт-(Y), маккельвиит-(Y), анкилит-(Ce), синхизит-(Ce), кухаренкоит-(La), карбоцернаит, бербанкит). В составе поздних ассоциаций здесь также установлены анатаз, барит, гоббинсит, селадонит, мусковит, гизингерит, торит, гематит и др. Илерит образует прекрасные кристаллы, достигающие 6 мм в наибольшем измерении и оформленные гранями ромбоэдра {01-12} и равномерно развитых тригональных призм {11-20} и {-1-120}. Соотношение площадей этих граней определяет габитус и облик кристаллов: наиболее часто встречаются изометричные псевдоромбодекаэдрические индивиды, иногда наблюдаются вытянутые вдоль оси с кристаллы, редко — ромбоэдры почти без граней призмы (рис. 1в-е). Грани кристаллов илерита обычно гладкие, блестящие, реже покрыты сложными фигурами роста. Кристаллы непрозрачны, насыщены микровключениями, окрашивающими их в разные оттенки коричневого цвета, от темно-шоколадного до светло-кофейного. Здесь нередко сростки кристаллов илерита, встречаются даже их щетки.

В Ловозерском массиве нами сделана еще одна находка илерита. Этот минерал, представленный высококальциевой разновидностью, слагает ядра некоторых кристаллов кальциоилерита в полостях альбитизированных порфиroidных луавритов на

горе Флора (Реков, 2000). Более подробно это проявление охарактеризовано ниже.

Кальциоилерит $\text{CaZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ описан как новый минерал из миароловых пустот в валунах щелочных гранитов батолита Голден Хорн на склоне горы Либерти Белл в северной части Каскадных гор, Вашингтон, США. Он был обнаружен в виде белых и голубоватых кристаллов (до 2 мм), образованных гранями {11-20}, {-1-120} и {01-12}, ассоциирующих с микроклином, кварцем, альбитом, хлоритом, флюоритом, бастнезитом, цирконом, малахитом (Boggs, 1988). В виде нескольких бежевых и белых призматически-ромбоэдрических кристаллов размерами 0.5 — 0.9 мм кальциоилерит встречается в составе наиболее поздних парагенезисов в полостях нефелинового сиенита в Сент-Амабле. В одном случае он нарастает на натролит вместе с ненадевичитом, родохрозитом, полилитионитом, флюоритом, эгирином и пиритом, в другом — ассоциирует с астрофиллитом, эгирином, эвдиалитом, микроклином, манганнептунитом, натролитом и псевдоморфозами бернесита по серандиту. Состав минерала из Сент-Амабля, по электронно-зондовым данным: $(\text{Ca}_{0.99}\text{K}_{0.01})_{1.00}(\text{Zr}_{0.96}\text{Ti}_{0.02}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma 0.99}(\text{Si}_{3.00}\text{Al}_{0.01})_{\Sigma 3.01}\text{O}_{8.98} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Horvath *et al.*, 1998). В Сент-Илере кальциоилерит отмечен в виде агрегатов до 1 мм в ассоциации с кварцем в полостях щелочных роговиков (Horvath, Pfenninger-Horvath, 2000).

Четвертая в мире и первая для России находка кальциоилерита сделана одним из авторов на горе Флора в северной эндоконтактной зоне Ловозерского массива (Реков, 2000). Вероятно, это самое богатое среди всех известных проявлений данного минерала; кальциоилерит выступает здесь главным концентратом Zr в гидротермалитах. Он дает изометричные, часто расщепленные кристаллы до 0.5 мм, образованные гранями ромбоэдра {01-12} и призм {11-20} и {-1-120} (рис. 1с). Обычны здесь сростки расщепленных индивидов, иногда шаровидные, достигающие 1 мм в диаметре. В свежем виде минерал прозрачен, окрашен в светло-коричневый (кофейный) цвет. Измененные разности замутнены до совершенно непрозрачных, молочно-белые или же имеют цвет слоновой кости. Кальциоилерит нарастает на стенки полостей в альбитизированных порфиroidных мурманит-эвдиалитовых и лоренценит-эвдиалитовых луавритах близ контакта с пегматитовой жилой. Он ассоциирует с эгирином, натролитом, лоренценитом, эпидидимитом, карбонат-фторапатитом, пиритом

том, и особенно тесно — с минералами группы лабунцовита: кузьменкоитом-Мп, лабунцовитом-Мп, органицитом-Мп, вуориярвитом-К. Ядра некоторых кристаллов кальциоилерита отвечают по составу высококальциевой и высококальциевой разновидности илерита.

Другая разновидность кальциоилерита, характеризующаяся повышенным содержанием бария, найдена в полостях гидротермально переработанной зоны крупного пегматита на горе Лепхе-Нельм в том же Ловозерском массиве. Это тело имеет неправильную форму и залегает в фельдшпатоидных пойкилитовых сиенитах. Краевые части пегматита преимущественно сложены калиевым полевым шпатом, эгирином, нефелином, эвдиалитом, магнизоарфведсонитом, лампрофиллитом, лоренценитом; ядро подверглось интенсивной гидротермальной переработке и содержит, кроме реликтов перечисленных минералов, много галлуазита и натролита; некогда обильный здесь минерал ряда пектолит-сераддит нацело замещен водными оксидами Мп. Гидротермальная минерализация интенсивно проявлена и в промежуточной зоне пегматита, где в полостях развиты фторапатит, карбонат-апатит, тайниолит, полиитионит, непгунит, катапелит, куплетскит, баритолампрофиллит, тундрит-(Се), виноградит, Nb-титанит, минералы группы лабунцовита (цепинит-На, цепинит-К, парацепинит-Ва, кузьменкоит-Зп, асахаровит-Зп), гармотом, Ва-содержащий кальциоилерит. Последний образует одиночные полупрозрачные белые ромбоздрические кристаллы (рис. 1а) до 0.5 мм, вместе с натролитом нарастающие на микроклин, эгирин, лоренценит.

Комковит $BaZrSi_3O_9 \cdot 3H_2O$ известен только в карбонатитах щелочно-ультраосновного массива Вуориярви в Северной Карелии. Он был описан из керна скважины, вскрывшей доломитовые прожилки, секущие метасоматически измененные пироксениты. Его коричневые ромбоздрические кристаллы до 5 мм нарастают в полостях прожилков на доломит вместе с флогопитом, стронцианитом, баритом, джорджчаоитом, пиритом (Волошин и др., 1990).

Сазыкинайт — (Y) $Na_5(Y,HREE)ZrSi_6O_{18} \cdot 3H_2O$ открыт в гидротермально переработанном ультращелочном пегматите, залегающем на контакте уртита и апатито-нефелиновой породы на горе Коашва в Хибинском массиве. Он дает желтовато-зеленоватые ромбоздры до 2 мм, образованные гранями {01-12}, тесно ассоциирующие с леммлейнитом-К в по-

лостях существенно эгириновой зоны пегматита, содержащей также натролит, калиевый полевой шпат, пектолит, щелочной амфибол, ломоносвит, сфалерит и др. (Хомяков и др., 1993).

Недавно сазыкинайт-(Y) найден также в Сент-Илере, в полостях существенно содалитовой ультращелочной породы в виде кристаллов, образованных гранями ромбоздра {01-12} с узким пояском призмы {11-20}, ассоциирующих с уссингитом, серандитом, манганнептунитом, линтиситом, эрдитом и вуоннемитом (Horvath, Pfenninger-Horvath, 2000).

Одним из авторов (И.В.П.) установлено, что сазыкинайт-(Y) достаточно широко развит в пегматитовом комплексе горы Коашва в Хибинах, образованном серией однотипных по морфологии и строению тел, локализованных строго на контакте уртитов с крупной залежью апатито-нефелиновой породы. Помимо того пегматита, где сазыкинайт-(Y) был впервые описан А.П.Хомяковым с соавторами (1993), этот минерал найден еще в трех телах, где является не только единственной собственной фазой Y и HREE, но и одним из основных носителей Zr в гидротермальных парагенезисах (Пеков, 1998). Сазыкинайт-(Y) встречается только в полостях, причем наиболее часто — в пустотах растворения эвдиалита, выступающего несомненным источником Zr, Y, HREE. Ромбоздрические кристаллы сазыкинаита-(Y) (рис. 1а) обычно не превышают в поперечнике 1–2 мм, но изредка достигают 5–6 мм; очень часто они расщеплены, имеют блоково-мозаичное строение. Других простых форм, кроме {01-12}, у минерала из Хибин не обнаружено. Он имеет светло-желтую, бледно-коричневую или зеленоватую окраску, иногда почти бесцветен, прозрачен. Иногда сазыкинайт-(Y) ассоциирует с другими щелочными Zr-силикатами — катапелитом, умбитом, костылевитом, вадеитом, но практически никогда не находится с ними в непосредственном контакте. Спутниками сазыкинаита-(Y) являются эгирин, натролит, микроклин, пектолит, лампрофиллит, магнизоастрофиллит, сфалерит, иногда леммлейнит-К, ситинакит, накафит, содалит, ломоносвит и др. Характерна его ассоциация с минералами легких лантаноидов, практически лишенными Y и HREE: витуситом-(Се), беловитом-(Се), петерсенитом-(Се), ремондитом-(La), ринкитом, калийсодержащим рабдофаном-(Се) и др. В одних пегматитах можно наблюдать соседство сазыкинаита-(Y) с «солевыми» ми-

нералами — виллиомитом, карбонатами Na, натрофосфатом, в других же они полностью вышелолены.

Пятенкоит-(Y) $\text{Na}_3(\text{Y}, \text{HREE})\text{TiSi}_6\text{O}_{18} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, являющийся титановым аналогом сазыкинаита-(Y), описан как новый минерал из гидротермалитов г.Аллуайв в Ловозерском массиве. Его бесцветные ромбоэдрические кристаллы, образованные гранями {01-12} и достигающие 0.5 мм, нарастают на стенки полостей и трещин в ломоносовите, ассоциируя с альбитом, натролитом, гоннардитом, эгирином, нептунитом и флюоритом (Хомяков и др., 1996). До настоящего времени этот минерал нигде более не отмечался.

Нами пятенкоит-(Y) установлен на г.Кукисвумчорр в Хибинском массиве. Он определен в образце № 447 из коллекции А.С.Подлесного. Этот образец представля-

ет собой фрагмент керна разведочной скважины, пробуренной в подземной выработке горизонта +252 м на Кировском руднике. Пятенкоит-(Y) дает здесь светло-серые с жирным блеском полупрозрачные кристаллы до 1.5 мм, нередко расщепленные, оформленные гранями ромбоэдра {01-12}, с пояском, состоящим из граней призм {11-20} и {-1-120} (рис. 1б). Эти кристаллы и их сростки находятся на стенках полостей в осевой зоне пегматитового прожилка, сложенной белым до бесцветного микроклином с небольшим количеством черного игольчатого эгирина; к краевым частям прожилков обогащается эгирином, в нем появляются нефелин и ринкит. В полостях вместе с пятенкоитом-(Y) наблюдаются пленки и округлые обособления бурого и черного твердого битума.

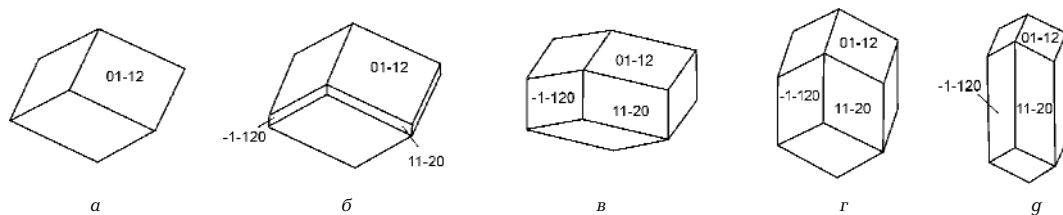


РИС. 1. Морфология кристаллов минералов группы илерита из Хибино-Ловозерского комплекса, Кольский п-ов:

а — сазыкинаит-(Y) с г.Коашва, Хибины, пятенкоит-(Y) с г.Аллуайв;

б — пятенкоит-(Y) с г.Кукисвумчорр, Хибины;

в — кальциоилерит с г.Флора, Ловозеро;

г-г — илерит с г.Кукисвумчорр, Хибины

Таблица 1. Сравнительная характеристика минералов группы илерита

Минерал	Илерит	Кальциоилерит	Комковит	Сазыкинаит-(Y)	Пятенкоит-(Y)
Идеализированная формула	$\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{CaZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{BaZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_3\text{YzrSi}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_3\text{YTiSi}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Симметрия	Тригональная, $R\bar{3}2$	Тригональная, $R\bar{3}2$	Тригональная, $R\bar{3}2$	Тригональная, $R\bar{3}2$	Тригональная, $R\bar{3}2$
Параметры эл. ячейки					
a , Å	10.556	10.498	10.52	10.825	10.696
c , Å	15.855	7.975	15.72	15.809	15.728
V , Å ³	1532	761	1507	1604	1558
Z	6	3	6	3	3
Плотность каркаса (число атомов каркаса на 1000 Å ³)	15.7	15.8	15.9	15.0	15.4
Показатели преломления					
n_e	1.596	1.619	1.644	1.578	1.607
n_o	1.609	1.622	1.671	1.585	1.612
$D_{\text{изм}}$, г/см ³	2.72	2.68	3.31	2.67	2.68
$D_{\text{выч}}$, г/см ³	2.74	2.74	3.31	2.74	2.70
Источники	Chao <i>et al.</i> , 1974; Илюшин и др., 1981	Voggs, 1988; Пущаровский и др., 2002	Волошин и др., 1990; Соколова и др., 1991	Хомяков и др., 1993; Расцветаева, Хомяков, 1992	Хомяков и др., 1996; Расцветаева, Хомяков, 1996

Таблица 2. Химический состав илерита, кальциоилерита и комковита

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	мас. %										
Na ₂ O	14.77	—	—	13.43	14.32	0.20	0.22	0.24	0.13	0.20	0.00
K ₂ O	—	—	—	0.52	0.00	н.п.	н.п.	н.п.	н.п.	н.п.	0.13
CaO	—	13.56	—	0.20	н.п.	11.25	10.74	10.70	11.62	11.41	0.08
BaO	—	—	30.02	н.п.	0.00	н.п.	н.п.	н.п.	н.п.	н.п.	28.19
CuO	—	—	—	н.п.	н.п.	0.19	0.77	1.12	0.42	0.74	н.п.
FeO	—	—	—	0.03	н.п.	0.03	0.70	0.03	0.12	0.09	0.33
Al ₂ O ₃	—	—	—	0.03	н.п.	2.61	2.59	1.06	0.05	0.28	н.п.
SiO ₂	42.97	43.58	35.28	42.08	44.12	38.81	39.03	39.74	41.16	41.37	34.44
TiO ₂	—	—	—	0.04	0.00	0.09	0.09	0.04	0.04	0.02	0.00
ZrO ₂	29.37	29.79	24.12	29.72	30.43	31.64	32.37	33.37	33.58	32.02	24.94
HfO ₂	—	—	—	н.п.	0.21	н.п.	н.п.	н.п.	н.п.	н.п.	0.46
H ₂ O	12.89	13.07	10.58	13.54	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	10.70
Сумма	100.00	100.00	100.00	99.62	89.08	84.82	86.51	86.32	87.12	86.13	99.27
формульные коэффициенты, расчет на 9 атомов кислорода											
Na	2.00	—	—	1.85	1.89	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	—
K	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—	—	0.01
Ca	—	1.00	—	0.02	—	0.86	0.81	0.82	0.87	0.86	0.01
Ba	—	—	1.00	—	—	—	—	—	—	—	0.95
Cu	—	—	—	—	—	0.01	0.04	0.06	0.02	0.04	—
Fe	—	—	—	—	—	—	0.04	—	0.01	0.01	0.02
Свн.к.	2.00	1.00	1.00	1.92	1.89	0.90	0.92	0.91	0.92	0.94	0.99
Al	—	—	—	—	—	0.22	0.22	0.09	—	0.02	—
Si	3.00	3.00	3.00	2.99	3.01	2.78	2.76	2.83	2.89	2.92	2.95
Zr	1.00	1.00	1.00	1.03	1.01	1.11	1.12	1.16	1.15	1.10	1.04
Hf	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01
H ₂ O	3.00	3.00	3.00	3.21	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	3.08

Примечание:1 — теор. состав Na₂ZrSi₃O₉ · 3H₂O;2 — теор. состав CaZrSi₃O₉ · 3H₂O;3 — теор. состав BaZrSi₃O₉ · 3H₂O;4 — илерит: Сент-Илер, Квебек (Chao *et al.*, 1974),

в сумму анализа входят также (мас. %): MgO 0.01, MnO 0.02;

5 — илерит: Vuoriajärvi, Сев. Карелия (Волошин и др., 1989);

6–10 — кальциоилерит: Годден Хорн, Вашингтон (Voggs, 1988);

11 — комковит, Vuoriajärvi (Волошин и др., 1990)

Свн.к. — сумма внекаркасных катионов;

не опр — содержание воды не определялось;

н.п. — в оригинальной работе содержание компонента не приведено

Таблица 2 – продолжение (новые анализы)

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	мас. %										
Na ₂ O	13.04	2.33	1.02	0.57	0.07	0.00	0.28	0.10	0.00	0.00	0.31
K ₂ O	0.66	3.08	3.13	3.02	3.00	1.58	2.09	2.03	1.43	0.43	0.46
CaO	0.05	4.09	4.97	5.19	5.65	6.19	6.96	7.54	9.38	11.47	6.89
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.54	0.67	1.34	1.24	0.62	0.00
BaO	0.40	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.15
MnO	0.52	0.49	0.35	0.41	0.42	0.14	0.25	0.29	0.13	0.01	0.31
FeO	0.53	0.05	0.00	0.00	0.04	0.05	0.03	0.00	0.05	0.08	0.07
ZnO	0.00	0.00	0.03	0.61	0.19	0.09	0.18	0.00	0.14	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.05	0.03	0.05	1.36
SiO ₂	42.66	43.43	44.58	43.94	44.99	47.40	44.90	41.94	42.64	41.82	43.70
TiO ₂	0.00	0.46	0.58	0.71	0.98	1.07	0.81	0.87	0.92	0.55	0.33
ZrO ₂	28.92	27.41	28.27	28.76	30.41	29.89	29.23	29.51	29.17	29.57	26.46
HfO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.63	0.00	0.79	0.00
Nb ₂ O ₅	0.74	3.34	3.11	2.39	1.08	2.26	1.76	1.41	1.30	1.34	0.00
Сумма	87.58	84.87	86.04	85.60	87.26	89.24	87.47	85.69	86.43	86.73	86.04
формульные коэффициенты, расчет на 9 атомов кислорода											
Na	1.77	0.32	0.14	0.08	0.01	—	0.04	0.01	—	—	0.04
K	0.06	0.28	0.28	0.27	0.26	0.13	0.18	0.18	0.13	0.04	0.04
Ca	—	0.31	0.37	0.39	0.42	0.44	0.51	0.57	0.70	0.86	0.52
Sr	—	—	—	—	0.02	0.02	0.03	0.06	0.05	0.03	—
Ba	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	0.17
Mn	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	—	0.02
Fe	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	—	0.03	0.01	—	0.01	—	0.01	—	—
Свн.к.	1.99	0.95	0.81	0.79	0.74	0.60	0.78	0.84	0.90	0.93	0.79
Al	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.11
Si	2.99	3.07	3.09	3.08	3.09	3.13	3.07	2.98	2.98	2.93	3.10
Ti	—	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.02
Zr	0.99	0.95	0.96	0.98	1.02	0.96	0.98	1.02	1.00	1.01	0.92
Hf	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	—	0.02	—
Nb	0.02	0.11	0.10	0.08	0.03	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	—

Примечание:

12 — илерит: г.Кукисвумчорр, Хибины;

13 — илерит: г.Флора, Ловозеро (ядро кристалла кальциоилерита);

14–21 — кальциоилерит: г.Флора;

22 — кальциоилерит: г.Лепхе-Нельм, Ловозеро.

Во всех анализах содержания Mg, REE, Cl — ниже пределов обнаружения электронно-зондовым методом;

Свн.к. не опр — сумма внекаркасных катионов.

Таблица 3. Химический состав сазыкинаита-(Y) и пятенкоита-(Y)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	мас. %											
Na ₂ O	18.02	18.98	15.18	15.45	14.47	14.07	15.20	13.80	12.54	17.25	17.16	16.02
K ₂ O	—	—	3.05	2.49	2.55	4.06	1.82	4.19	2.12	0.14	0.13	0.13
Y ₂ O ₃	13.13	13.83	8.74	9.31	9.30	8.30	8.15	5.57	11.41	6.64	11.60	10.05
La ₂ O ₃	—	—	0.00	0.01	0.01	0.05	0.02	0.15	0.00	0.10	0.00	0.00
Ce ₂ O ₃	—	—	0.17	0.25	0.66	0.23	0.12	2.65	0.30	0.34	0.00	0.00
Pr ₂ O ₃	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
Nd ₂ O ₃	—	—	0.25	0.06	0.63	0.24	0.17	2.16	0.24	0.60	0.00	0.00
Sm ₂ O ₃	—	—	0.38	0.48	0.95	0.63	0.24	0.79	0.32	1.14	0.00	0.32
Eu ₂ O ₃	—	—	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00
Gd ₂ O ₃	—	—	1.03	0.95	1.22	0.78	0.79	0.91	0.83	1.78	0.00	0.28
Tb ₂ O ₃	—	—	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
Dy ₂ O ₃	—	—	1.26	1.21	1.14	0.98	1.17	0.95	1.19	2.39	0.67	0.76
Ho ₂ O ₃	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.24	0.00	0.00
Er ₂ O ₃	—	—	0.79	0.98	0.68	0.67	0.60	0.62	0.88	0.94	1.31	0.93
Tm ₂ O ₃	—	—	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.08	0.00	0.00
Yb ₂ O ₃	—	—	0.60	0.57	0.47	0.66	0.42	0.48	0.72	0.14	1.07	0.71
Lu ₂ O ₃	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
ThO ₂	—	—	0.74	1.07	1.03	0.68	1.08	0.00	0.36	0.36	0.00	1.33
SiO ₂	41.94	44.16	40.51	41.64	41.34	40.45	41.01	43.41	41.35	42.96	44.04	43.89
TiO ₂	—	9.79	1.36	1.04	1.40	0.10	0.33	0.40	0.67	8.16	9.64	9.55
ZrO ₂	14.33	—	10.24	9.32	9.30	13.92	13.99	13.60	9.99	0.38	0.00	0.00
Nb ₂ O ₅	—	—	1.30	1.34	1.02	0.00	0.36	0.00	1.25	2.68	0.11	2.39
H ₂ O	12.58	13.24	12.6	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр
Сумма	100.00	100.00	98.81	86.17	86.17	85.82	85.83	90.16	84.78	87.26	85.73	86.36
формульные коэффициенты, расчет на 18 атомов кислорода												
Na	5.00	5.00	4.38	4.44	4.15	4.08	4.35	3.83	3.65	4.70	4.60	4.28
K	—	—	0.58	0.47	0.48	0.78	0.34	0.76	0.41	0.03	0.02	0.02
Y	1.00	1.00	0.69	0.73	0.73	0.66	0.64	0.42	0.91	0.50	0.85	0.74
La	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	0.005	—	—
Ce	—	—	0.01	0.01	0.04	0.01	0.005	0.14	0.02	0.02	—	—
Pr	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—	—
Nd	—	—	0.01	—	0.04	0.01	0.01	0.11	0.01	0.03	—	—
Sm	—	—	0.02	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.02	0.06	—	0.02
Eu	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	0.03	—	—
Gd	—	—	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	—	0.01
Tb	—	—	0.01	—	—	—	—	—	—	0.02	—	—
Dy	—	—	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.04	0.06	0.11	0.03	0.03
Ho	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01	—	—
Er	—	—	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04
Tm	—	—	0.01	—	—	—	—	—	0.01	0.005	—	—
Yb	—	—	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.05	0.03
Th	—	—	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	—	0.01	0.01	—	0.04
Si	6.00	6.00	6.03	6.15	6.12	6.06	6.06	6.21	6.20	6.03	6.09	6.05
Ti	—	1.00	0.15	0.12	0.15	0.01	0.04	0.04	0.08	0.86	1.00	0.99
Zr	1.00	—	0.74	0.68	0.67	1.02	1.01	0.95	0.73	0.03	—	—
Nb	—	—	0.09	0.09	0.07	—	0.02	—	0.08	0.17	0.01	0.15
H ₂ O	6.00	6.00	6.25	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр

Примечание:1 — теор. состав Na₃YZrSi₆O₁₈ • 6H₂O;2 — теор. состав Na₃YTiSi₆O₁₈ • 6H₂O;

3–9 — сазыкинаит-(Y) с г.Коашва, Хибинны;

3 — Хомяков и др., 1993;

4–7 — Пеков, 1998 (4 и 5 — зональный кристалл; 4 — ядро, 5 — краевая зона);

8–9 — Яковенчук и др., 1999 (в сумму входят также, мас. % :ан. 8 — FeO 0.26; ан. 9 — CaO 0.07, SrO 0.08);

10 — пятенкоит-(Y) с г.Аллуайв, Ловозеро (Хомяков и др., 1996);

11–12 — пятенкоит-(Y) с г.Кукисвумчорр, Хибинны;

не опр — содержание воды не определялось.

Химический состав

Химический (катионный) состав минералов (табл. 2 и 3) определен электронно-зондовым методом с помощью микроанализатора Camebax SX 50 на кафедре минералогии МГУ. Во избежание разрушения образцов анализ проводился расфокусированным пучком с площадки 10 x 10 мкм при ускоряющем напряжении 15 кВ и силе тока 20 нА. Эталоны: альбит (Na), ортоклаз (K, Al, Si), андрадит (Ca, Fe), SrSO₄ (Sr), BaSO₄ (Ba), амфибол (Mg), MnTiO₃ (Mn, Ti), ZnO (Zn), фосфаты индивидуальных REE типа (REE)PO₄ (REE = Y и лантаноиды), ThO₂ (Th), Zr (Zr), Hf (Hf), Nb (Nb).

Отметим основные особенности состава изученных минералов.

Отношение Si/ΣM≈3 хорошо выдерживается во всех образцах, что, несомненно, связано с четко разделенными «строительными» функциями катионов, формирующих смешанный каркас.

Среди M-катионов в илерите, кальциоилерите и сазыкинаите-(Y) доминирует Zr, а Hf, Ti и Nb находятся лишь в виде небольших примесей, вплоть до почти полного отсутствия. Иттрий и лантаноиды в количествах, определяемых электронно-зондовым методом (>0.05–0.1%), в илерите и кальциоилерите не обнаружены. Все эти закономерности справедливы и для комковита (табл. 2).

Иттрий во всех случаях является доминирующим катионом среди REE в сазыкинаите и пятенкоите. В изученных нами образцах этих минералов из Хибин в спектре лантаноидов резко преобладают тяжелые с DyGd-максимумом в сазыкинаите и Eg-максимумом в пятенкоите.

В барийсодержащем кальциоилерите с г.Лепхе-Нельм, Ловозеро, зафиксирована примесь алюминия: 1.4 мас.% Al₂O₃ (ан. 22 в табл. 2).

Состав крупных (щелочных и щелочноземельных) катионов в изученных нами образцах илерита и кальциоилерита достаточно широко варьирует: Na₂O 0.0–13.0 мас.%, CaO 0.7–11.5%, K₂O 0.0–3.2%, SrO 0.0–1.3%, BaO 0.0–6.2%. Такие высокие содержания примесей K, Sr и Ba в илерите и кальциоилерите ранее известны не были. Количества других низовалентных катионов (Mg, Mn, Fe, Zn) малы — менее 1 мас.% во всех анализах. В гидротермалитах Ловозера встречаются зональные кристаллы, ядро которых обогащено Na и соответствует высококальциевой разности илерита (ан. 13 в табл. 2), а периферические части отвечают кальциоилериту (ан. 16 в табл. 2). Переходы

между зонами постепенные, что позволяет говорить о непрерывном изоморфизме между крупными внекаркасными катионами и, соответственно, об изоморфном ряде илерит-кальциоилерит.

В сазыкинаите-(Y) и пятенкоите-(Y) щелочноземельные и другие двухвалентные катионы практически отсутствуют, а Na является главным внекаркасным катионом: пятенкоит — почти чисто натриевый минерал, а все образцы сазыкинаита содержат заметную примесь K (1.8–4.2 мас.% K₂O).

Суммарное содержание щелочных и щелочноземельных катионов в кальциоилерите из Ловозера изменчиво. Помимо стехиометричных разностей, здесь часты и катион-дефицитные, в которых сумма внекаркасных катионов ненамного превышает 0.5 формульной единицы (при расчете на Si₃).

Рентгеновские данные

На монокристалле с г.Флора (Ловозеро) решена кристаллическая структура кальциоилерита (Пущаровский и др., 2002) — единственного представителя группы, до последнего времени остававшегося неизученным в структурном отношении; даже размеры элементарной ячейки этого минерала не были достоверно известны. Р.К.Боггс (1988) привел для него тригональную ячейку, вдвое большую в направлении *a*, чем у других членов группы: *a* = 20.90, *c* = 16.05 Å. Однако низкое качество монокристаллов из Голден Хорн оставляло сомнения в корректности этих результатов. Данные, полученные для ловозерского катиондефицитного кальциоилерита с помощью монокристалльного автодифрактометра Siemens P4, говорят о том, что элементарная ячейка этого минерала по *a* такая же, как у всех остальных представителей группы, а по *c* вдвое меньше: *a* = 10.498, *c* = 7.975 Å (Пущаровский и др., 2002). Таким образом, она оказалась вчетверо меньшей по объему, чем это предполагалось Р.К.Боггсом (1988). Пространственная группа кальциоилерита — R32, как и у всех прочих членов группы (табл. 1), но параметр *c* его ячейки равен периоду повторяемости M-октаэдров (~8 Å) и, соответственно, «шагу» винтовой цепочки (Si₃O₉), в который укладывается три Si-тетраэдра. У других членов группы в ячейке содержится по высоте два периода цепочки и два M-октаэдра, что связано с расположением внекаркасных катионов и молекул воды (см., например: Илюшин и др., 1981). В кальциои-

лерите, обладающем разупорядоченной по сравнению с илеритом структурой, реализуется одна позиция внекаркасных катионов (с доминированием Са) вместо двух неэквивалентных у других членов группы, что и приводит к уменьшению параметра с вдвое.

Сходное строение смешанного каркаса минералов группы илерита приводит к тому, что их порошковые рентгенограммы близки между собой. Лишь члены, содержащиеся в составе каркаса крупный октаэдр, занятый Y и Ln, могут быть отделены по порошкограммам от безредкоземельных (табл. 4). Очевидно, как и в случае с алюмо-

силикатными цеолитами, характер «начинки» обширных полостей (щелочные и щелочноземельные катионы и молекулы воды) не оказывает существенного влияния на параметры ячейки и порошкограмму.

В табл. 4 приведена дебаеграмма кальциоилерита с г.Флора (Ловозеро), проиндцированная в параметрах истинной, т.е. малой ячейки, определенной монокристалльным методом, в сравнении с порошкограммами остальных членов группы. При выборе индексов *hkl* для кальциоилерита учитывались данные по интенсивностям, полученные при расшифровке его кристаллической структуры.

Таблица 4. Порошковые рентгенограммы минералов группы илерита

1			2			3			4			5		
<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> , Å	<i>hkl</i>
90	6.02	011	90	6.03	10	5.96	32	6.03	60	5.99	012			
90	5.20	110	70	5.25	100	5.23	63	5.40	30	5.36	110			
5	4.00	201			10	3.94					202			
							2	3.776			113			
5	3.65	102	5	3.62	80	3.59	4	3.645			104			
							3	3.453	20	3.43	211			
100	3.15	121	90	3.14	20	3.13	84	3.236	100	3.21	122			
100	3.01	300, 022	100	3.01	80	3.02	88	3.127	40	3.093	300			
					90	2.96	100	3.030	85	2.990	024			
					10	2.880					123			
					20	2.840					302			
					40	2.615	19	2.708	40	2.661	220, 033			
40	2.60	212	50	2.62	60	2.571	8	2.641	20	2.608	214, 205			
							3	2.565			131			
							9	2.472	5	2.439	312			
							4	2.407			223			
25	2.37	113	10	2.35	20	2.327	5	2.371	22	2.353	116			
			10	2.19	7	2.248	7	2.248	10	2.210	042			
35	2.12	132	20	2.13	20	2.124	14	2.175	24	2.148	134			
					60	2.106	2	2.134			321, 230			
			5	2.02	10	2.026	13	2.077	10	2.050	232			
50	1.99	410, 303	70	2.00	30	1.984	7	2.046			410, 306			
					30	1.960	18	2.018	55	1.998	404, 306			
					10	1.931					008			
					10	1.911					233			
20	1.83	322, 024	40	1.86	40	1.841	3	1.909	17.5	1.881	217, 143, 018			
					20	1.829	13	1.890	17.5	1.870	324, 226			
			10	1.83	50	1.796	4	1.825	12	1.808	500			
20	1.74	330	20	1.755	20	1.750	21	1.805	24	1.781	502, 208			
									5	1.746	330			
					10	1.736					009, 241			
10	1.71	421, 124	10	1.714	50	1.700	11	1.730	10	1.712	422, 128			
15	1.68	052	10	1.693	10	1.656	12	1.696	26	1.676	054			
									5	1.648	511			
30	1.65	151	30	1.660	30	1.642	4	1.648	5	1.627	152, 243			
15	1.59	413	10	1.598	10	1.579	7	1.618	26	1.598	244, 416			
5	1.57	105	5	1.559	10	1.564	2	1.577	5	1.556	318, 1.0.10, 153			
5	1.51	600, 512			50	1.546	5	1.564			131, 600			
					10	1.527					237			
					20	1.505	4	1.549	5	1.532	514			
			40	1.468			5	1.514			342, 253			
					10	1.480					2.0.10			
40	1.45	520, 333	30	1.442	20	1.460	13	1.503	44	1.481	520, 603			
							5	1.491			336			

Примечание:

- 1 — кальциоилерит, г.Флора, Ловозеро (камера РКД-57.3, FeK-излучение);
 2 — илерит, г.Кукисвумчорр, Хибинь (камера РКД-57.3, FeK-излучение);
 3 — комковит, Вуориярви (Волошин и др., 1990);
 4 — сазькинаит-(Y), г.Коашва, Хибинь (Хомяков и др., 1993);
 5 — пятенкоит-(Y), г.Аллуайв, Ловозеро (Хомяков и др., 1996)

ИК-спектроскопия

ИК-спектроскопические данные по минералам группы илерита весьма разрознены, а ИК-спектр кальциоилерита не публиковался вообще. А.В.Волошин с соавторами (1989) приводят спектры водных щелочных Zr-силикатов – катаплеита, гейдоннеита, джорджаюита и илерита и справедливо отмечают, что метод ИК-спектроскопии весьма удобен для диагностики этих минералов. А.П.Хомяков с соавторами (1996) отмечают, что ИК-спектр пятенкоита по общему характеру близок к спектрам сазыкинаита, илерита и комковита. Однако с этим утверждением трудно полностью согласиться. На рис. 2 даны ИК-спектры всех членов группы илерита и хорошо видны серьезные различия между ними.

Действительно, ИК-спектроскопию можно предложить как надежный и экспрессный метод не только для того, чтобы отличать минералы группы илерита от представителей других структурных типов, но и для диагностики их внутри группы. Лишь илерит и кальциоилерит могут быть спутаны друг с другом по ИК-спектрам, тогда как остальные минералы обладают индивидуальными наборами особенностей, выраженными в появлении, исчезновении, сдвиге тех или иных полос в спектре и/или перераспределении их интенсивностей.

Наиболее резко выделяется ИК-спектр пятенкоита, что связано с входжением Ti вместо Zr. Отличия заключаются как в появлении собственных полос, связанных с колебаниями Ti-O (в первую очередь, это дублет в области 700 см^{-1} вместо синглета у циркониевых минералов), так и в том, что Ti, в отличие от Zr, сильно поляризует связи Si-O, что приводит к расщеплению главной полосы Si-O валентных колебаний в спектре пятенкоита на две сопоставимые по интенсивностям компоненты при ~ 900 и $\sim 1020\text{ см}^{-1}$. Такой характер расщепления придает главной полосе в спектре пятенкоита совершенно индивидуальный профиль, позволяющий уверенно отличать этот минерал от циркониевых членов группы.

Очень серьезные различия наблюдаются в областях, где находятся полосы поглощения, соответствующие колебаниям молекул воды – валентным ($2900\text{--}3550\text{ см}^{-1}$) и деформационным ($\sim 1600\text{ см}^{-1}$). Так, расщепление полосы деформационных колебаний молекулярной воды в спектрах ком-

ковита и сазыкинаита говорит о присутствии в этих минералах молекул воды в двух структурных положениях, в отличие от трех остальных членов группы, где, судя по синглету в области $\sim 1600\text{ см}^{-1}$, позиции H_2O однотипны. Интенсивная широкая полоса в области $\sim 2900\text{ см}^{-1}$ в спектре сазыкинаита свидетельствует о существовании в структуре сильных водородных связей, чего не наблюдается у пятенкоита. Наконец, широкая полоса в области $\sim 3200\text{ см}^{-1}$ может говорить о присутствии в минералах группы илерита иона $(\text{H}_3\text{O})^+$; наиболее сильно эта полоса проявлена у илерита и кальциоилерита.

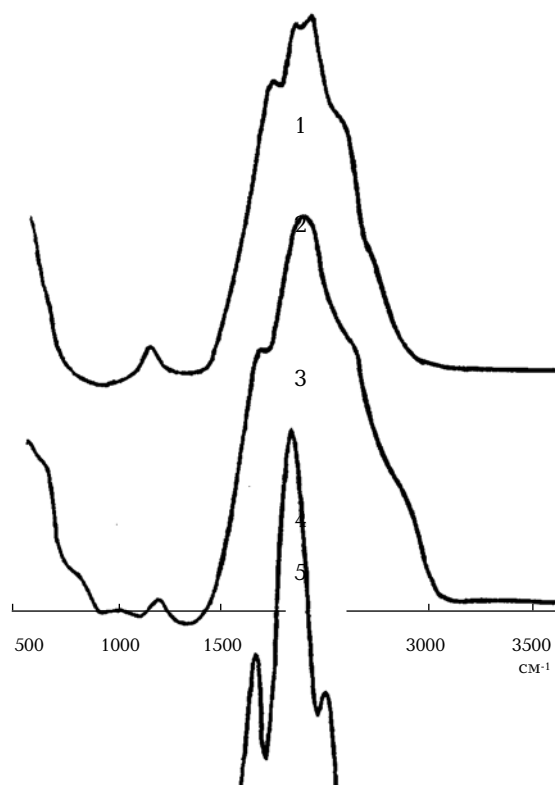


РИС. 2. ИК-спектры минералов группы илерита:

- 1 – илерит (г.Аллуайв, Ловозеро),
- 2 – кальциоилерит (г.Флора, Ловозеро),
- 3 – комковит (Вуориярви),
- 4 – сазыкинаит-(Y) (г.Коашва, Хибинь),
- 5 – пятенкоит-(Y) (г.Кукисвумчорр, Хибинь)

Обсуждение результатов

Новые находки членов группы илерита в Хибино-Ловозерском комплексе показывают, что данные минералы не столь редки, как это предполагалось ранее. Полученные данные об их катионном составе заметно расширяют наши представления об изоморфной емкости структурного типа илерита. Так, вариации состава кристаллов с г.Флора (Ловозеро) однозначно свидетельствуют о существовании в природе протяженного изоморфного ряда илерит — кальциоилерит, а также о возможности вхождения значительных количеств примесей К и Sr в эти минералы. Находка высокобариевой разновидности кальциоилерита (г.Лепхе-Нельм, Ловозеро, — ан. 22 в табл. 2) позволяет предположить и вероятность реализации изоморфной серии кальциоилерит — комковит.

Результаты изучения структуры катиондефицитного кальциоилерита из Ловозера (Пушаровский и др., 2002) проливают свет на природу нестехиометрии в соединениях со структурным типом илерита. Помимо обычного гетероаллотропного замещения $\text{Ca}^{2+} + / \leftrightarrow 2\text{Na}^+$, здесь обнаружено частичное заселение катионами оксония $(\text{H}_3\text{O})^+$ позиции, обычно занятой только молекулами воды. Значительные размеры полостей в каркасе позволяют разместиться здесь такому крупному катиону, как оксоний, который и берет на себя роль компенсатора недостатка положительного заряда, вызываемого понижением содержаний «обычных» катионов — щелочных и щелочноземельных металлов (присутствие оксония прямо подтверждается методом ИК-спектроскопии, а косвенно — повышением формульных коэффициентов для Si и М-катионов при расчете формул катиондефицитных разностей на O_9 , (см. ан. 14 — 18 и 22 в табл.2). В итоге, общая схема изоморфизма, приводящая к появлению наблюдаемых составов катиондефицитного кальциоилерита, в идеализированном виде может быть записана так:

$$2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 0.5\text{Ca}^{2+} + 1.5/ + (\text{H}_3\text{O})^+.$$

Учитывая то, что ядра кристаллов катиондефицитного кальциоилерита с г.Флора нередко заметно обогащены Na по сравнению с высококальциевыми краевыми зонами (соответственно ан. 13 и 16 в табл. 2), можно предположить, что эта схема изоморфизма одновременно является и схемой реакции природного ионообменного процесса, приведшего к превращению илерита, кристал-

лизовавшегося из высокощелочных растворов, в кальциоилерит на позднегидротермальной стадии в условиях понизившейся щелочности (как известно, падение активности щелочей весьма характерно для поздних стадий эволюции агпаитовых систем). Присутствие в структуре илеритового типа открытых каналов делает ионный обмен достаточно легким, и представляется, что это явление вообще может быть характерным для минералов группы илерита, отвечающим в ряде случаев за состав внекаркасных катионов и содержание воды.

Изоморфизм в каркасной части не проявляется столь широко. Так, строгая упорядоченность двух типов разноразмерных М-катионов — (Zr,Ti) и (Y,Ln) в структурах сазыкинаита и пятенкоита (Расцветаева, Хомяков, 1992, 1996), а также отсутствие REE в составе илерита, кальциоилерита и комковита свидетельствуют о том, что изоморфные серии между редкоземельными и безредкоземельными членами группы отсутствуют. Таким образом, в группе илерита можно выделить две независимые подгруппы: с однотипным заполнением обоих М-октаэдров (илерит, кальциоилерит и комковит) и с упорядоченным распределением М-катионов двух типов по позициям M1 и M2 — сазыкинаит-(Y) и пятенкоит-(Y). Непрерывного изоморфизма между Zr и Ti(Nb) даже в изоструктурных сазыкинаите и пятенкоите пока не установлено, и не исключено, что полная серия между ними вообще не реализуется по причине серьезных различий в кристаллохимических особенностях Zr и Ti, подробно обсуждавшихся Ю.А.Пятенко и А.А.Воронковым (1977). Нахождение Al в минералах группы илерита зафиксировано лишь для кальциоилерита: из Голден Хорн (Voggs, 1988, — см. ан. 6 — 8 в табл. 2) и с г.Лепхе-Нельм, Ловозеро (ан. 22 в табл. 2). Структура Al-содержащего кальциоилерита не изучалась, можно лишь отметить, что в минерале из Голден Хорн при повышенном содержании Al наблюдается некоторый недостаток Si, а из Ловозера — недостаток Zr.

Таким образом, для минералов группы илерита характерны устойчивый состав смешанного октаэдрически-тетраэдрического каркаса при широко варьирующих содержаниях и соотношениях внекаркасных катионов (включая оксоний) и переменном количестве молекулярной воды. Целый ряд признаков говорит о том, что процессы ионного обмена и декатионирования в илеритоподобных фазах протекают легко. Все эти

особенности очень хорошо объясняются, если **рассматривать в минералы группы илерита а как своеобразные цеолиты со смешанным каркасом.**

В настоящее время большой не только научный, но и практический интерес вызывают цеолитные материалы нового типа, в состав каркаса которых совместно с тетраэдрическими фрагментами входят пяти- и шестикоординированные катионы Ti, Nb, Al, Ga, V и др. (см., например, обзор: Rocha *et al.*, 1996). Эти «цеолиты» характеризуются широким спектром структурных типов и нередко имеют уникальные свойства. Среди минералов хорошим примером микропористых материалов с комбинированным октаэдрически-тетраэдрическим каркасом являются Ti,Nb-силикаты группы лабунцовита (Chukanov *et al.*, 2002; Пеков и др., 2002).

Члены группы илерита — не менее яркие представители природных редкометаллических «цеолитов», обладатели уникальной структуры, в которой вершинносвязанные кремнекислородные тетраэдры образуют цепочки, а изолированные M-октаэдры, занятые атомами Zr, реже Ti(Nb) и Y(HREE), присоединяясь к висям вершинам Si-тетраэдров, достраивают каркас (интересно, что данная картина обратна той, которая наблюдается в лабунцовитоподобных минералах, где цепочечный мотив формируют объединенные по вершинам Ti,Nb-октаэдры, а изолированные четырехчленные кольца Si-тетраэдров выполняют роль связок; эти два контрастных примера хорошо иллюстрируют возможности топологического разнообразия структур редкометаллических «цеолитов»). Плотность каркаса минералов группы илерита колеблется в пределах от 15 до 16 каркасных атомов (Si + M) на 1000 \AA^3 ; такие величины характерны для природных алюмосиликатных цолитов с наиболее «рыхлыми» каркасами.

На цеолитный характер илеритоподобных минералов однозначно указывают и данные термического анализа. Так, дегидратация илерита при нагревании полностью завершается уже при 220°C , и затем как минимум до 855°C обезвоженный материал сохраняет основу структуры илерита. При обратном охлаждении регидратация начинается также при 220°C , а за 15 часов при комнатной температуре минерал поглощает около 95% от исходного количества воды; продукт регидратации мясо-красный, фарфоровидный, дает рентгенограмму илерита (Chao *et al.*, 1974). Основное количество воды из сазыкинаита-(Y) выделяется до 250°C (более 80%

от всей потери массы, судя по опубликованной кривой ТГ). После нагревания до 500°C побелевшие и потерявшие прозрачность кристаллы дают дебаеграмму сазыкинаита с ослабленными диффузными линиями (Хомяков и др., 1993). Не исключено, что массивные розовые до красных опало- и фарфоровидные разности илерита, описанные в Сент-Илере (Chao *et al.*, 1974) и на г.Карнасурт в Ловозере (Хомяков, Черницова, 1980), могли возникнуть вследствие обезвоживания «нормального» полнокристаллического илерита при дополнительном разогреве пегматитовой системы уже после кристаллизации минерала, и затем обратной его регидратации при охлаждении.

В строении каркаса сазыкинаита и пятенкоита участвует достаточно крупный катион Y, что является редкостью для подобных «цеолитов». Вероятно, именно каркасообразующая роль, требующая в этом случае минимизации объема координационного полиэдра, препятствует вхождению в данные фазы ионов легких лантаноидов — наиболее крупных из REE³⁺ — в существенных количествах: известен только один анализ сазыкинаита, где в спектре Ln преобладает Ce, но и здесь доминирующим M2-катионом остается Y (ан. 8 в табл. 3). Цеолитную природу минералов группы илерита подчеркивает и легкость вхождения в каналы структуры сазыкинаита и пятенкоита дополнительного (относительно безредкоземельных членов группы) катиона Na⁺, необходимого для компенсации недостатка положительного заряда, возникающего при гетеровалентном замещении (Zr,Ti)⁴⁺ → Y³⁺. Как известно, именно таков механизм достижения баланса зарядов во многих «истинных» цеолитах, характеризующихся широкими пределами изоморфизма между Si⁴⁺ и Al³⁺ в тетраэдрах (Gottardi, Galli, 1985).

Тройная система илерит Na₂{ZrSi₃O₉} • 3H₂O — кальциоилерит Ca{ZrSi₃O₉} • 3H₂O — комковит Ba{ZrSi₃O₉} • 3H₂O имеет своеобразный аналог по набору внекаркасных катионов среди «истинных» цеолитов: натролит Na₂{Al₂Si₃O₁₀} • 2H₂O — сколецит Ca{Al₂Si₃O₁₀} • 3H₂O — эдингтонит Ba{Al₂Si₃O₁₀} • 4H₂O, причем между изоструктурными натролитом и сколецитом наблюдается полная смешимость, а структурно близкий эдингтонит редко содержит заметные примеси других катионов (см.: Gottardi, Galli, 1985).

Благодаря своему цеолитоподобному строению, обуславливающему многокомпонентный состав и значительные колебания в содержаниях катионов (особенно внекар-

касных) и воды, минералы группы илерита представляются чувкими индикаторами химизма среды минералообразования. Как показывает анализ условий их нахождения и парагенезисов, температурный интервал, в котором кристаллизуются эти фазы, самые богатые водой среди Zr-силикатов, невелик: появление минералов группы илерита возможно из гидротермальных растворов при температурах навряд ли выше 150°C. В то же время, геохимические обстановки их формирования могут сильно различаться. Так, определенный тип гидротермалитов, связанных с карбонатитами массива Вуориярви, имеет резко бариевую специфику, нашедшую свое отражение, в частности, в возникновении комковита; разложение в ультращелочных гидротермальных условиях больших количеств эвдиалита, содержащего примеси Y и HREE (Коашва, Хибинь), привело к кристаллизации в полостях его выщелачивания сазыкинаита-(Y) — минерала, сконцентрировавшего эти элементы (Пеков, 1998).

Очевидно, в ряде случаев состав илеритоподобных минералов отражает и химизм самых поздних растворов, — речь идет о стадии, когда происходит декатионирование этих фаз или ионный обмен. Этим путем и может возникать вторичная концентрическая зональность, — так мы интерпретируем строение кристаллов с г.Флора в Ловозерском массиве.

Заключение

Итак, базируясь на результатах изучения новых находок представителей группы илерита в Хибино-Ловозерском щелочном комплексе и на ранее опубликованных данных по ним из всех известных проявлений мира, мы попытались проиллюстрировать цеолитный характер данных минералов и с этих позиций охарактеризовать их состав и некоторые особенности кристаллохимии. Минералы группы илерита — очень своеобразный тип природных редкометалльных «цеолитов» с уникальным смешанным каркасом. Их свойства требуют детального изучения: не исключено, что они окажутся не только необычными, но и интересными в практическом отношении.

Авторы считают своим долгом поблагодарить А.С.Подлесного за предоставленные для изучения образцы из Кировского руд-

ника (Хибинь), а И.А.Екименкову и Л.А.Паутова за помощь в проведении исследований. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 03 — 05-64054 и гранта ведущей научной школы № 00-15-98-497.

Список литературы

- Волошин А.В., Субботин В.В., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П.* Натриевые цирконосиликаты из карбонатитов Вуориярви (Кольский полуостров) //Труды Минер. музея АН СССР (Новые данные о минералах). **1989**. Вып. 36. С. 3 — 12.
- Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П., Соколова Е.В., Егоров-Тисменко Ю.К.* Комковит — новый водный бариевый цирконосиликат из карбонатитов Вуориярви (Кольский полуостров) //Минер. журн. **1990**. Т. 12. № 3. С. 69 — 73.
- Илюшин Г.Д., Воронков А.А., Невский Н.Н., Илюхин В.В., Белов Н.В.* Кристаллическая структура илерита $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ //ДАН СССР. **1981**. Т. 260. № 5. С. 1118 — 1120.
- Пеков И.В.* Иттриевая минерализация в Хибино-Ловозерском щелочном комплексе (Кольский полуостров) //ЗВМО. **1998**. Ч. 127. № 5. С. 66 — 85.
- Пеков И.В., Турчкова А.Г., Кононкова Н.Н., Чуканов Н.В.* Изучение катионообменных свойств минералов группы лабунцовита. I. Эксперименты в водных растворах при нормальных условиях. Тез. докл. //Труды Всероссийского семинара «Щелочной магматизм Земли». М., **2002**. С. 76.
- Пуцаровский Д.Ю., Пеков И.В., Пазеро М., Гобечия Е.Р., Мерлино С., Зубкова Н.В.* Кристаллическая структура катион-дефицитного кальциоилерита и возможные механизмы декатионирования в минералах со смешанными каркасами // Кристаллография. **2002**. Т.47. № 5, С. 814 — 818.
- Пятенко Ю.А., Воронков А.А.* Сравнительная характеристика кристаллохимических функций титана и циркония в структурах минералов //Изв. АН СССР, сер. геол. **1977**. № 9. С. 77 — 88.
- Расцветаева Р.К., Хомяков А.П.* Кристаллическая структура редкоземельного аналога илерита //Кристаллография. **1992**. Т. 37. № 6. С. 1561 — 1563.
- Расцветаева Р.К., Хомяков А.П.* Кристал-

- лическая структура пятенкоита-(Y) $\text{Na}_5\text{YTiSi}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — нового минерала группы илерита // **ДАН**. 1996. Т. 351. № 1. С. 74 — 77.
- Соколова Е.В., Аракчеева А.В., Волошин А.В. Кристаллическая структура комковита // **ДАН СССР**. 1991. Т. 320. № 6. С. 1384 — 1388.
- Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Расцветаева Р.К. Сазыкинаит-(Y) $\text{Na}_5\text{YZrSi}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал // **ЗВМО**. 1993. Ч. 122. № 5. С. 76 — 82.
- Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Расцветаева Р.К. Пятенкоит-(Y) $\text{Na}_5(\text{Y}, \text{Dy}, \text{Gd})\text{TiSi}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал // **ЗВМО**. 1996. Ч. 125. № 4. С. 72 — 79.
- Хомяков А.П., Черницова Н.М. Илерит $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — первые находки в СССР // **Минер. журн.** 1980. Т. 2. № 3. С. 95 — 96.
- Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П. Минералы Хибинского массива. М., 1999. 320 с.
- Andersen F., Berge S. A., Burvald I. Die Mineralien des Langesundsfjords und des umgebenden Larvikit-Gebietes, Oslo-Region, Norwegen // **Mineralien-Welt**. 1996. Jg. 7. № 4. P. 21 — 100.
- Birkett T.C., Miller R.R., Roberts A.C., Mariano A.N. Zirconium-bearing minerals from the Strange Lake intrusive complex, Quebec-Labrador // **Can. Miner.** 1992. Vol. 30. P. 191 — 205.
- Boggs R.C. Calciohilairite, $\text{CaZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, the calcium analogue of hilairite from the Golden Horn batholith, northern Cascades, Washington // **Amer. Miner.** 1988. Vol. 73. P. 1191 — 1194.
- Chao G.Y., Watkinson D.H., Chen T.T. Hilairite, $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, a new mineral from Mont St. Hilaire, Quebec // **Can. Miner.** 1974. Vol. 12. P. 237 — 240.
- Chukanov N.V., Pekov I.V., Khomyakov A.P. Recommended nomenclature for labuntsovite-group minerals // **Eur. J. Miner.** 2002. Vol. 14. № 1. P. 165-173.
- Gottardi G., Galli E. Natural Zeolites. Berlin, 1985. 409 p.
- Horvath L., Gault R.A. The Mineralogy of Mont Saint-Hilaire, Quebec // **Mineral. Record**. 1990. Vol. 21. N 4. P. 284 — 359.
- Horvath L., Pfenninger-Horvath E. Mineralogisches «Schatzkastchen» im Sudosten Kanadas: Mont Saint-Hilaire, Quebec // **Lapis**. 2000. Jg. 25. № 7/8. P. 13 — 61.
- Horvath L., Pfenninger-Horvath E., Gault R.A., Tarasoff P. Mineralogy of the Saint-Amable Sill, Varennes and Saint-Amable, Quebec // **Mineral. Record**. 1998. Vol. 29. № 2. P. 83 — 118.
- Pekov I.V. Lovozero Massif: History, Pegmatites, Minerals. Moscow, 2000. 480 p.
- Raade G., Mladeck M.H. Parakeldyshite from Norway // **Can. Miner.** 1977. Vol. 15. P. 102 — 107.
- Raade G., Haug J., Kristiansen R. Langesundsfjord // **Lapis**. 1980. Jg. 5. № 10. P. 22 — 28.
- Rocha J., Brandao P., Lin Z., Esculcas A.P., Ferreira A., Anderson M.W. Synthesis and Structural studies of microporous titanium-niobium-silicates with the structure of nenadkevichite // **J. Phys. Chem.** 1996. Vol. 100. № 36. P. 14978 — 14983.

УДК 549.37

О СОСТАВЕ ГЕРМАНИТА

С.Н. Ненашева

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН, Москва, sn@fmm.ru

Германит очень редкий минерал, встречающийся, как правило, в мелких выделениях в ассоциации с борнитом, реньеритом, блёклыми рудами, сфалеритом, галенитом, и другими сульфидами и сульфосолями. Часто наблюдаются тончайшие структуры замещения германита реньеритом. Изучение таких мелких выделений затруднительно. Оптические свойства германита несколько варьируют в различных участках и в образцах из разных месторождений. Химический состав германита изменяется в широких пределах по основным элементам. Кроме того, в нём обнаружен широкий набор примесей. Поэтому разными исследователями предлагаются для германита разные формулы. Автором собраны имеющиеся в литературе химические и микрозондовые анализы германитов и проанализированы особенности химического состава. Выянилось, что 28 анализов из 37 удовлетворительно пересчитываются на 66 атомов в элементарной ячейке, 6 анализов — на 64 атома, а 3 анализа — на 68 атомов. Отношение Me/S в анализах колеблется от 32:32 до 34:32 и 36:32, т.е. в реальных анализах это отношение не постоянное. Это говорит о том, что мы имеем дело либо с твёрдыми растворами, либо с тремя разными, но близкими по составу и свойствам минералами. Вероятнее второе предположение. Сделан вывод о существовании трёх близких по составу к германиту минеральных видов.

В статье 8 таблиц, 3 рисунка, список литературы из 22 названий.

Германит известен с 20^х годов XX века. Его обнаружил Г.Шнейдерхен (Schneiderhohn, 1920) в месторождении Цумёб (Намбия), описал и назвал германитом О.Пуфал (Pufahl, 1922). Позднее минерал был обнаружен в месторождениях: Банкайрон (Франция) (Levy, 1966), Радка (Болгария) (Коваленкер и др, 1986). Появились сведения о находках сложных сульфидов германия в ряде месторождений России: Пай-Хой, Уруп, Гайское, III Интернационал, Курумсак и в месторождении Челопеч (Болгария). Однако эти минералы содержали большое количество As, либо V, а иногда и As и V вместе,

причем их содержание было сопоставимо с содержанием Ge, а подчас и превышало его. Нами эти анализы из рассмотрения исключены, так как они, вероятно, относятся к германоколуситу или к колуситу.

Германит во всех месторождениях встречается в ассоциации с борнитом, реньеритом, блёклыми рудами, галенитом, причем, как правило, в тесных сростаниях. Часто наблюдаются тончайшие структуры замещения германита реньеритом. Изучение таких мелких выделений затруднительно. Оптические свойства германита несколько варьируют в различных участках и в образцах из разных месторождений. Цвет его в отраженном свете розовый с фиолетовым оттенком, очень неровный. По оптическим признакам Л.А.Логинова (Логинова, 1960) выделила три самостоятельные разновидности германита.

Химический состав германита изменяется в широких пределах по основным элементам (в мас. %): Cu 40.9–51, Fe 0–10.7, Ge 3–11, Zn 0–5.5, S 30–34.5. Кроме того, в нём установлен широкий набор примесей: As, V, Ga, Sn, Sb, W, Mo, Pb, Ag. Поэтому разными исследователями предлагаются для германита разные формулы (табл.1,2). Соотношение катион /анион в них разное. По данным С.Б.Склера и Б.Н.Гейера (Sclar *et al.*, 1957), К.Леви (Levy, 1966) оно равно 1:1; Г.Спрингера (Springer, 1969) — 1:0.95 = 1.052; Р.Т.Тетенхорста и С.Е.Корбата (Tettenhorst, Corbato, 1984) Э.М.Спиридонова (Спиридонов, 1987), А.А.Годовикова (Годовиков, 1997) — 34 : 32 = 1.062; Э.М.Спири-

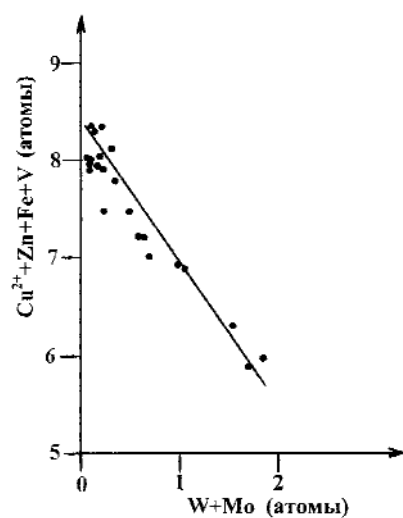


РИС. 1. Зависимость между $Cu^{2+}+Zn+Fe+V$ и $W+Mo$ в анализах германита

Таблица 1. Формулы германита, предлагаемые разными исследователями

Формулы	Ссылка	Me/S
$\text{Cu}_3(\text{Fe,Ge})\text{S}_4$	De Jong, 1930	1
$\text{Cu}_3(\text{Fe,Ge,Zn,Ga})(\text{S,As})_4$	Sclar <i>et al.</i> , 1957	1
$\text{Cu}_6\text{FeGeS}_6 \rightarrow \text{Cu}^{+3}\text{Cu}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}\text{Ge}^{4+}\text{S}_6$	Levy, 1966	1
$(\text{Cu,Fe,Zn,W,Mo,V,Ge,As Ga})\text{S}_{0.95}$	Springer, 1969	1.052
$\text{Cu}_{26}\text{Fe}_4\text{Ge}_4\text{S}_{32} \rightarrow \text{Cu}^{+16}\text{Cu}^{2+}_{10}\text{Fe}^{3+}_4\text{Ge}^{4+}_4\text{S}_{32}$	Tettenhorst <i>et al.</i> , 1984	1.062
$\text{Cu}^{+20}(\text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Zn})_6\text{Fe}^{3+}_2\text{Ge}_6\text{S}_{32}$	Спиридонов, 1987	1.062
$\text{Cu}^{+22}(\text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Zn})_6\text{Fe}^{3+}_2(\text{Ge,As})_6\text{S}_{32} \text{Cu}^{+22}(\text{Cu}^{2+}_2\text{Fe}^{2+}_2\text{Zn})_6\text{Fe}^{3+}_2(\text{Ge,As})_6\text{S}_{32}$	Спиридонов и др., 1992	1.125
$\text{Cu}^{+8}\text{Cu}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Ge}^{4+}_2\text{S}_{16}$	Годовиков, 1997	1.062

Таблица 2. Теоретический состав германита (в мас.%), исходя из формул, предлагаемых разными исследователями

Авторы	Cu	Cu ⁺	Cu ²⁺	Fe	Zn	Ge	As	S
Levy, 1966	49.76	24.88	24.88	7.29		9.47		33.48
Tettenhorst, Corbato, 1984	51.76	31.85	19.91	7.00		9.1		32.14
Спиридонов Э.М., 1987	43.50	39.55	3.95	6.95	4.07	13.55		31.93
Спиридонов Э.М., 1992	45.58	41.78	3.80	6.68	3.91	8.68	4.48	30.67
Годовиков А.А., 1997	51.76	31.85	19.91	7.00		9.1		32.14

донова с соавторами (Спиридонов и др., 1992) — $36:32 = 1.125$.

Структура германита является производной от структуры сфалерита и близка к структуре станнина и колусита. На этом основании Р.Т.Тетенхорстом и С.Е.Корбато (Tettenhorst, Corbato, 1984) предложена формула германита подобная формуле колусита, а именно $\text{Cu}_{26}\text{Fe}_4\text{Ge}_4\text{S}_{32}$. Эта формула является электронейтральной только при условии наличия в ней 10 атомов двухвалентной меди и 4 атомов трёхвалентного железа. В структурной формуле германита, предложенной А.А.Годовиковым (Годовиков, 1997) — $\text{Cu}^{+8}\text{Cu}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Ge}^{4+}_2\text{S}_{16} \rightarrow \text{Cu}^{+16}\text{Cu}^{2+}_{10}\text{Fe}^{3+}_4\text{Ge}^{4+}_4\text{S}_{32}$, также указывается наличие 10 атомов двухвалентной меди. Формула германита, предложенная Э.М.Спиридоновым (Спиридонов, 1987) — $\text{Cu}^{+20}(\text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Zn})_6\text{Fe}^{3+}_2\text{Ge}^{4+}_6\text{S}_{32}$ не электронейтральная. Позднее в работе о германоколусите Э.М.Спиридонов с соавторами (Спиридонов и др., 1992) предлагает для германита иную формулу — $\text{Cu}^{+22}(\text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Zn})_6\text{Fe}^{3+}_2(\text{Ge,As})_6\text{S}_{32}$. В этом случае формула электронейтральна, но сумма атомов в элементарной ячейке равна 68, а не 66, как в колусите, формула которого была принята Э.М.Спиридоновым за основу при рассмотрении формулы германита, и, следовательно, соотношение Me/S равно не $34/32$, а $36/32$.

Эти противоречия побудили провести дополнительный анализ данных, имеющихся в литературе относительно германита.

Было обнаружено 37 химических и микрорентгеноспектральных анализов германита и проведён их пересчёт на формулы с учётом необходимости их электронейтраль-

ности (табл. 3 и 4). Электронейтральной считалась формула с балансом валентности ($\pm\Delta$ — абсолютная величина отклонения от нуля) не выше 3%. Для расчёта баланса валентности надо было понять положение примесей. Ge, As и Ga — это p-элементы, соседи по периодической системе Д.И.Менделеева, т.е. они близки по строению и, следовательно, могут быть изоморфными. V, Fe, Cu, Mo, W — d-элементы и можно предположить, что V, Mo, W могут замещать Fe и Cu, т.е. занимать позиции двухвалентных катионов или трёхвалентного железа. Между суммой W и Mo и суммой $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} + \text{Zn}$ существует обратная зависимость, что говорит в пользу того, что W и Mo занимают позиции либо двухвалентных катионов, либо трёхвалентного железа (рис. 1). Обрат-

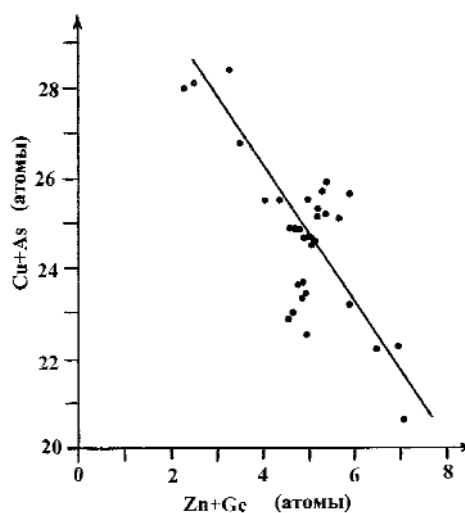


Рис. 2. Зависимость между Cu+As и Zn+Ge в анализах германита

Таблица 3. Микрорентгеноспектральные и химические (*) анализы германита в мас. % (верхняя строка) и формульных коэффициентах (нижняя строка). Анализы 1, 6, 22, 23, 24 и 36 пересчитываются на 64 атома в элементарной ячейке, анализы 8, 21 и 35 – на 68 атомов, остальные – на 66 атомов

№	Cu	Fe	Zn	Ge	Ga	As	V	W	Mo	S	Σ
1	45.1	7.4	1.3	9.7	0.00	2.6				33.4	99.5
	21.92	4.09	0.61	4.13		1.07				32.17	63.99
2*	45.4	7.22	2.61	6.20		5.03				31.34	99.246
	23.38	4.23	1.31	2.79		2.20				31.98	66.00
3*	42.12	7.80	3.93	10.2	1.85	1.37				31.27	99.49
	21.57	4.55	1.96	4.57	0.86	0.60				31.74	66.00
4*	45.39	4.56	2.58	8.70		4.13				30.65	99.55
	23.98	2.74	1.32	4.02		1.85				32.09	66.00
5*	39.44	10.7	3.56	7.04		4.86				31.44	99.98
	20.38	6.29	1.79	3.18		2.13				32.19	66.00
6	44.20	6.70	1.50	9.70		3.30				34.60	100.0
	21.25	3.66	0.70	4.08		1.35				32.96	64.00
7	46.5	8.5		9.4		4.2				31.6	100.26
	23.50	4.89		4.16		1.80				31.65	66.00
8*	43.6	6.4	3.10	9.0		4.70				30.03	97.7
	23.67	3.95	1.64	4.28		2.16				32.30	68.0
9	45.5	7.20	1.2	9.8	0.1	3.5				31.8	99.1
	23.19	4.18	0.59	4.37	0.05	1.51				32.11	66.00
10	46.7	6.5	0.8	9.0		4.2		0.6		31.7	99.5
	23.83	3.77	0.40	4.02		1.82		0.10		32.06	66.00
11	45.5	6.8	1.2	9.6		3.3			0.5	31.6	98.5
	23.36	3.97	0.60	4.31		1.44			0.17	32.15	66.00
12	46.5	5.5	0.9	9.0		4.0		1.8	0.5	31.8	100.0
	23.81	3.20	0.45	4.03		1.74		0.32	0.17	32.27	65.99
13	45.4	5.8	1.3	9.9		3.3		3.4		31.9	101.0
	23.20	3.37	0.65	4.43		1.43		0.06		32.31	65.99
14	47.1	3.6	1.4	10.1		3.2		0.2	3.0	31.8	100.4
	24.06	2.09	0.69	4.52		1.39		0.03	1.02	32.20	66.00
15	47.5	3.5	1.4	9.6		3.1		0.3	2.8	32.1	100.3
	24.22	2.03	0.69	4.28		1.34		0.05	0.94	32.43	65.98
16.	45.6	1.0	1.7	9.7	0.6	3.5		9.1		30.2	101.4
	24.39	0.61	0.88	4.54	0.29	1.59		1.68		32.01	65.99
17	44.9	1.3	2.2	9.7	0.4	2.6		9.0	0.5	30.4	101.0
	24.04	0.79	1.14	4.55	0.20	1.18		1.66	0.18	32.26	66.00
18	46.5	2.4	1.6	10.1		2.8	0.1		4.5	31.5	99.5
	24.06	1.41	0.80	4.58		1.23	0.06		1.54	32.31	65.99
19	48.8	1.4	0.1	5.4	0.8	7.4	1.9		2.0	31.9	99.7
	24.94	0.81	0.05	2.42	0.37	3.21	1.21		0.68	32.31	66.00
20	48.9	1.7	0.1	5.1	0.8	7.6	2.2		1.8	32.1	100.3
	24.80	0.98	0.05	2.26	0.37	3.27	1.39		0.60	32.27	65.99
21	50.9	3.2		7.2		4.9	2.9			31.6	100.7
	26.37	1.89		3.26		2.15	1.87			32.44	67.98
22	48.1	5.5		11.0			2.0			34.6	101.2
	22.79	2.96		4.56			1.18			32.50	63.99
23	46.99	8.31	1.17	9.67	0.12	1.09		0.68	0.33	33.61	102.4
	22.37	4.50	0.54	4.03	0.05	0.44		0.11	0.10	31.78	64.00
24	45.81	5.22	2.38	10.9		1.43				32.72	98.50
	22.60	2.93	1.14	4.73		0.60				32.00	64.00
25	45.6	6.61	1.94	9.42	0.12	3.27	0.13	0.05	0.20	32.2	99.5
	23.10	3.81	0.96	4.18	0.06	1.40	0.08	0.01	0.07	32.33	66.00
26	43.8	8.69	1.34	9.19	0.20	2.88	0.12	0.29	0.81	31.7	99.0
	22.36	5.05	0.66	4.11	0.09	1.25	0.88	0.05	0.27	32.08	66.00
27	43.4	8.86	1.30	9.70	0.15	2.99	0.10	0.11	0.16	32.1	98.9
	22.07	5.13	0.64	4.32	0.07	1.29	0.06	0.02	0.05	32.35	66.00
28	45.55	6.35	1.88	8.81	0.63	3.55	Сл.	1.28	0.03	31.65	99.73
	23.29	3.69	0.93	3.94	0.29	1.54		0.23	0.01	32.07	65.99
29	44.8	9.11	0.61	10.2	0.22	2.80	0.10	Сл.	0.17	32.4	100.4
	22.45	5.19	0.30	4.47	0.10	1.19	0.06		0.06	32.18	66.00
30	46.1	7.15	1.81	9.61	0.25	3.19	0.10	0.01	0.25	31.8	100.3
	23.29	4.11	0.89	4.25	0.11	1.37	0.06		0.08	31.84	66.00
31	46.9	6.65	0.87	9.55	0.13	3.58	0.13	0.16	1.10	32.3	101.4
	23.49	3.79	0.42	4.19	0.06	1.52	0.08	0.03	0.36	32.06	66.00
32	45.7	8.59	1.29	9.57	0.11	3.91	Сл.	0.36	0.14	31.92	101.6
	22.85	4.89	0.63	4.19	0.05	1.66		0.06	0.05	31.63	66.01
33	47.1	7.03	1.25	9.46	0.71	3.66	0.16	0.21	0.47	32.1	102.1
	23.45	3.98	0.60	4.12	0.32	1.55	0.10	0.04	0.16	31.68	66.00
34	44.6	9.24	1.36	9.73	0.12	2.93	0.12	0.26	0.45	32.15	100.96
	22.33	5.26	0.66	4.26	0.05	1.24	0.08	0.04	0.15	31.92	65.99
35	49.01	9.78		7.84		4.75				32.2	103.58
	24.72	5.61		3.46		2.03				32.18	68.00
36	40.89	4.41	5.36	10.2		0.38	2.80			32.38	98.45
	20.44	2.51	2.60	4.46		0.16	1.75			32.08	64.00
37	44.07	5.19	5.46	10.2		1.26	2.90			32.66	99.82
	21.76	2.92	2.62	4.42		0.53	1.79			31.96	66.00

Примечание: В том числе в ан.2 Pb 0.69% (0.11 ф.к.), нер. ост.0.75%; в ан.3 Pb 0.96% (0.15 ф.к.); в ан.4 нер.ост. 2.12%; в ан.5 Pb 0.26% (0.04 ф.к.), нер.ост. 1.68%; в ан.8 нер.ост.0.88%; в ан.23 Ag 0.11% (0.03 ф.к.), Sn 0.16% (0.04 ф.к.), Sb 0.14% (0.03 ф.к.), Mn 0.03% (0.02 ф.к.). Ан.7 образца из м-ния Банкайрун (Levy, 1966), ан.24 образца из м-ния Радка (Коваленкер и др.1986), ан.36,37 образцов из м-ния Раджура-Дариба, Индия (Mozgova *et al.*, 1992), остальные анализы образцов из м-ния Цумёб (ан.1,8 по (Francotti *et al.*, 1965), ан.2 по (Pufahl, 1922), ан.3,4,5 по (Viene *et al.*, 1968), ан. 6 по (Levy, 1966), ан.9–20 по (Springer, 1969), ан. 21, 22 по (Geier *et al.*, 1970), ан.23 по (Спиридонов, 1987), ан.25–34 по (Спиридонов и др., 1992), ан 35 по (Хорошилова и др., 1988).

Таблица 4. Формулы рассчитанных анализов германита

№ ан.	Формула	Баланс валентности		Me/S
		± Δ	%	
1	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{1,92}Fe^{2+}_{2,09}Zn_{0,61})_{4,62}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,13}As^{5+}_{1,07})_{5,2}S_{32}$	- 7.13	11.	0.990
	$Cu^{+}_{16}(Cu^{2+}_{5,92}Zn_{0,61})_{6,53}Fe^{3+}_4(Ge^{4+}_{4,13}As^{5+}_{1,07})_{5,20}S_{32-17}$	-1.14	1.7	
2	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,38}Fe^{2+}_{2,23}Zn_{1,31}Pb^{2+}_{0,11})_{7,03}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{2,79}As^{5+}_{2,20})_{4,99}S_{31-98}$	-1.74	2.7	1.064
3	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{1,57}Fe^{2+}_{2,55}Zn_{1,96}Pb^{2+}_{0,15})_{6,23}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,57}Ga^{3+}_{0,86}As^{5+}_{0,60})_{6,03}S_{31-74}$	-1.16	1.8	1.079
4	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,98}Fe^{2+}_{0,74}Zn_{1,32})_{6,04}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,02}As^{5+}_{1,85})_{5,87}S_{32-09}$	-0.77	1.2	1.057
5	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{0,38}Fe^{2+}_{4,29}Zn_{1,79}Pb^{2+}_{0,04})_{6,5}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{3,18}As^{5+}_{2,13})_{5,31}S_{32-19}$	-2.01	3.1	1.049
6	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{1,91}Fe^{2+}_{1,78}Zn_{0,72})_{4,41}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,21}As^{5+}_{1,39})_{5,60}S_{33-99}$	-9.37	14.	
	$Cu^{+}_{16}(Cu^{2+}_{5,91}Zn_{0,72})_{6,04}Fe^{3+}_4(Ge^{4+}_{4,21}As^{5+}_{1,39})_{5,60}S_{33-99}$	-3.59	5.3	0.941
7	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,50}Fe^{2+}_{2,89}Zn_{1,79})_{6,39}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,16}As^{5+}_{1,80})_{5,96}S_{31-65}$	+1.12	1.7	1.085
8	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,67}Fe^{2+}_{1,95}Zn_{1,64})_{7,26}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,28}As^{5+}_{2,16})_{6,44}S_{32-30}$	+3.84	5.6	
	$Cu^{+}_{22}(Cu^{2+}_{1,67}Fe^{2+}_{1,95}Zn_{1,64})_{5,26}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,28}As^{5+}_{2,16})_{6,44}S_{32-30}$	+1.84	2.8	1.105
9	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,19}Fe^{2+}_{2,18}Zn_{0,99})_{5,96}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,37}Ga^{3+}_{0,05}As^{5+}_{1,51})_{5,93}S_{32-11}$	-1.12	1.7	1.055
10	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,83}Fe^{2+}_{1,87}Zn_{0,40})_{6,10}(Fe^{3+}_{1,9}W^{4+}_{0,10})_2(Ge^{4+}_{4,02}As^{5+}_{1,82})_{5,84}S_{32-06}$	-0.64	1.0	1.059
11	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,36}Fe^{2+}_{2,14}Zn_{0,60})_{6,10}(Fe^{3+}_{1,83}Mo^{4+}_{0,17})_2(Ge^{4+}_{4,31}As^{5+}_{1,44})_{5,75}S_{32-15}$	-1.66	2.6	1.054
12	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,81}Fe^{2+}_{1,69}Zn_{0,45})_{5,95}(Fe^{3+}_{1,51}Mo^{4+}_{0,17}W^{4+}_{0,32})_2(Ge^{4+}_{4,03}As^{5+}_{1,74})_{5,77}S_{32-27}$	-1.5	2.3	1.045
13	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,20}Fe^{2+}_{1,97}Zn_{0,65})_{5,82}(Fe^{3+}_{1,4}W^{4+}_{0,60})_2(Ge^{4+}_{4,43}As^{5+}_{1,43})_{5,86}S_{32-31}$	-1.51	2.3	1.042
14	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{4,06}Fe^{2+}_{1,14}Zn_{0,69})_{5,89}(Fe^{3+}_{0,95}Mo^{4+}_{1,02}W^{4+}_{0,03})_2(Ge^{4+}_{4,52}As^{5+}_{1,39})_{5,91}S_{32-20}$	-1.56	2.4	1.050
15	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{4,22}Fe^{2+}_{1,02}Zn_{0,69})_{5,93}(Fe^{3+}_{1,01}Mo^{4+}_{0,94}W^{4+}_{0,05})_2(Ge^{4+}_{4,28}As^{5+}_{1,34})_{5,62}S_{32-43}$	-3.13	4.8	1.036
16	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{4,39}Fe^{2+}_{0,29}Zn_{0,88})_{5,56}(Fe^{3+}_{0,32}W^{4+}_{1,68})_2(Ge^{4+}_{4,54}Ga^{3+}_{0,29}As^{5+}_{1,59})_{6,42}S_{32-01}$	+1.76	2.7	1.060
17	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{4,04}Fe^{2+}_{0,63}Zn_{1,14})_{5,81}(Fe^{3+}_{0,16}Mo^{4+}_{0,18}W^{4+}_{1,66})_2(Ge^{4+}_{4,55}Ga^{3+}_{0,29}As^{5+}_{1,18})_{5,93}S_{32-26}$	-0.54	0.8	1.046
18	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{4,06}Fe^{2+}_{1,01}Zn_{0,80})_{5,87}(Fe^{3+}_{0,40}V^{3+}_{0,06}Mo^{4+}_{1,54})_2(Ge^{4+}_{4,58}As^{5+}_{1,23})_{5,81}S_{32-31}$	-2.41	3.7	1.043
19	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{4,94}Fe^{2+}_{0,70}Zn_{0,05})_{5,69}(Fe^{3+}_{0,11}V^{3+}_{1,21}Mo^{4+}_{0,68})_2(Ge^{4+}_{4,42}Ga^{3+}_{0,37}As^{5+}_{3,21})_{6,00}S_{32-31}$	-0.56	0.9	1.042
20	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{4,80}Fe^{2+}_{0,97}Zn_{0,05})_{5,82}(Fe^{3+}_{0,01}V^{3+}_{1,39}Mo^{4+}_{0,60})_2(Ge^{4+}_{4,28}Ga^{3+}_{0,37}As^{5+}_{3,27})_{5,90}S_{32-27}$	-0.4	0.6	1.045
21	$Cu^{+}_{22}(Cu^{2+}_{4,37}Fe^{2+}_{1,76})_{6,13}(Fe^{3+}_{0,13}V^{3+}_{1,87})_2(Ge^{4+}_{3,26}As^{5+}_{2,15})_{5,41}S_{32-44}$	-0.83	1.3	1.096
22	$Cu^{+}_{16}(Cu^{2+}_{6,79}Fe^{2+}_{2,14})_{8,93}(Fe^{3+}_{0,82}V^{5+}_{1,18})_2(Ge^{4+}_{4,56}S_{32-50})$	-6.9	11.	
	$Cu^{+}_{16}Cu^{2+}_{6,79}Fe^{3+}_{2,96}(Ge^{4+}_{4,56}V^{3+}_{1,18})_{5,74}S_{32-50}$	-2.4	3.6	0.969
23	$(Ag^{+}_{0,03}Cu^{+}_{1,6})_{16,03}(Cu^{2+}_{6,37}Mn^{2+}_{0,02}Zn_{0,54})_{6,93}(Fe^{3+}_{4,50}Mo^{4+}_{0,10}W^{4+}_{0,11}Sb^{3+}_{0,03})_{4,74}(Ge^{4+}_{4,03}Sn^{4+}_{0,04}Ga^{3+}_{0,05}As^{5+}_{0,44})_{4,56}S_{31-78}$	-0.71	1.1	0.904
24	$Cu^{+}_{16}(Cu^{2+}_{6,60}Zn_{0,14})_{7,74}Fe^{3+}_{2,93}(Ge^{4+}_{4,73}As^{5+}_{0,60})_{5,33}S_{32-00}$	-1.81	2.8	1.00
25	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,1}Fe^{2+}_{1,97}Zn_{0,96})_{6,03}(Fe^{3+}_{1,84}V^{3+}_{0,08}W^{4+}_{0,01}Mo^{3+}_{0,07})_2(Ge^{4+}_{4,18}Ga^{3+}_{0,06}As^{5+}_{1,40})_{5,64}S_{32-33}$	-2.69	4.2	1.040
	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,10}Fe^{2+}_{1,81}Zn_{0,96})_{5,87}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,18}Ga^{3+}_{0,06}As^{5+}_{1,40}V^{5+}_{0,08}W^{4+}_{0,01}Mo^{3+}_{0,07})_{5,80}S_{32-33}$	-2.376	3.7	
26	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{2,36}Fe^{2+}_{3,45}Zn_{0,66})_{6,47}(Fe^{3+}_{1,6}V^{3+}_{0,08}W^{4+}_{0,05}Mo^{3+}_{0,27})_2(Ge^{4+}_{4,11}Ga^{3+}_{0,09}As^{5+}_{1,23})_{5,45}S_{32-08}$	-2.21	3.4	1.057
27	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{2,07}Fe^{2+}_{3,26}Zn_{0,64})_{5,97}(Fe^{3+}_{1,87}V^{3+}_{0,06}W^{4+}_{0,02}Mo^{3+}_{0,05})_2(Ge^{4+}_{4,32}Ga^{3+}_{0,07}As^{5+}_{1,29})_{5,68}S_{32-35}$	-2.8	4.3	1.040
	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{2,07}Fe^{2+}_{3,13}Zn_{0,64})_{5,84}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,32}Ga^{3+}_{0,07}As^{5+}_{1,29}V^{3+}_{0,06}W^{4+}_{0,02}Mo^{3+}_{0,05})_{5,81}S_{32-35}$	-2.45	3.8	
28	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,29}Fe^{2+}_{1,93}Zn_{0,93})_{6,15}(Fe^{3+}_{1,76}W^{4+}_{0,23}Mo^{3+}_{0,01})_2(Ge^{4+}_{3,94}Ga^{3+}_{0,29}As^{5+}_{1,54})_{5,77}S_{32-07}$	-1.28	2.0	1.057
29	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{2,45}Fe^{2+}_{3,31}Zn_{0,3})_{6,06}(Fe^{3+}_{1,88}V^{3+}_{0,06}Mo^{3+}_{0,06})_2(Ge^{4+}_{4,47}Ga^{3+}_{0,10}As^{5+}_{1,19})_{5,76}S_{32-18}$	-2.11	3.3	1.051
	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{2,45}Fe^{2+}_{3,19}Zn_{0,3})_{5,94}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{4,47}Ga^{3+}_{0,10}As^{5+}_{1,19}V^{5+}_{0,06}Mo^{3+}_{0,06})_{5,88}S_{32-18}$	-1.87	2.9	
30	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,29}Fe^{2+}_{2,25}Zn_{0,89})_{6,43}(Fe^{3+}_{1,86}V^{3+}_{0,06}Mo^{3+}_{0,08})_2(Ge^{4+}_{4,25}Ga^{3+}_{0,11}As^{5+}_{1,37})_{5,73}S_{31-84}$	-0.64	1.0	1.071
31	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,49}Fe^{2+}_{2,26}Zn_{0,42})_{6,17}(Fe^{3+}_{1,53}V^{3+}_{0,08}W^{4+}_{0,03}Mo^{3+}_{0,36})_2(Ge^{4+}_{4,19}Ga^{3+}_{0,06}As^{5+}_{1,32})_{5,77}S_{32-06}$	-1.21	1.9	1.057
32	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{2,85}Fe^{2+}_{3,00}Zn_{0,63})_{6,48}(Fe^{3+}_{1,89}W^{4+}_{0,06}Mo^{3+}_{0,03})_2(Ge^{4+}_{4,19}Ga^{3+}_{0,05}As^{5+}_{1,66})_{5,9}S_{31-63}$	+0.97	1.5	1.085
33	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{3,45}Fe^{2+}_{2,26}Zn_{0,60})_{6,33}(Fe^{3+}_{1,70}V^{3+}_{0,10}W^{4+}_{0,04}Mo^{3+}_{0,16})_2(Ge^{4+}_{4,12}Ga^{3+}_{0,32}As^{5+}_{1,53})_{5,99}S_{31-68}$	-0.64	1.0	1.083
34	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{2,33}Fe^{2+}_{3,53}Zn_{0,66})_{6,52}(Fe^{3+}_{1,73}V^{3+}_{0,08}W^{4+}_{0,04}Mo^{3+}_{0,15})_2(Ge^{4+}_{4,26}Ga^{3+}_{0,05}As^{5+}_{1,24})_{5,55}S_{31-92}$	-1.37	2.1	1.069
35	$Cu^{+}_{22}(Cu^{2+}_{2,72}Fe^{2+}_{3,61})_{6,33}Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_{3,46}As^{5+}_{2,03})_{5,49}S_{32-18}$	+0.29	0.4	1.113
36	$Cu^{+}_{16}(Cu^{2+}_{4,44}Zn_{2,60})_{7,04}Fe^{3+}_{2,51}(Ge^{4+}_{4,46}As^{5+}_{0,16}V^{5+}_{1,73})_{6,37}S_{32-08}$	+0.84	1.3	0.995
	$Cu^{+}_{16}(Cu^{2+}_{4,44}Zn_{2,60})_{7,04}(Fe^{3+}_{0,25}V^{5+}_{1,75})_2(Ge^{4+}_{4,46}As^{5+}_{0,16})_{6,88}S_{32-08}$	-2.66	4.1	
37	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{1,76}Fe^{2+}_{2,71}Zn_{2,62})_{7,09}(Fe^{3+}_{0,21}V^{3+}_{1,79})_2(Ge^{4+}_{4,42}As^{5+}_{0,53})_{4,95}S_{31-96}$	-3.41	5.3	1.065
	$Cu^{+}_{20}(Cu^{2+}_{1,76}Fe^{2+}_{1,62}Zn_{2,62})_{6,00}(Fe^{3+}_{1,30}V^{3+}_{0,70})_2(Ge^{4+}_{4,42}As^{5+}_{0,53}V^{5+}_{1,09})_{6,04}S_{31-96}$	-0.14	0.2	

Примечание: Вся медь выше 16, 20, 22 атомов в анализах, пересчитывающихся соответственно на 64, 66, 68 атомов, двухвалентная. Sb³⁺, V⁵⁺, Mo³⁺, W⁴⁺ замещают Fe³⁺; Sn⁴⁺, As⁵⁺, Ga³⁺, V³⁺ замещают Ge⁴⁺.

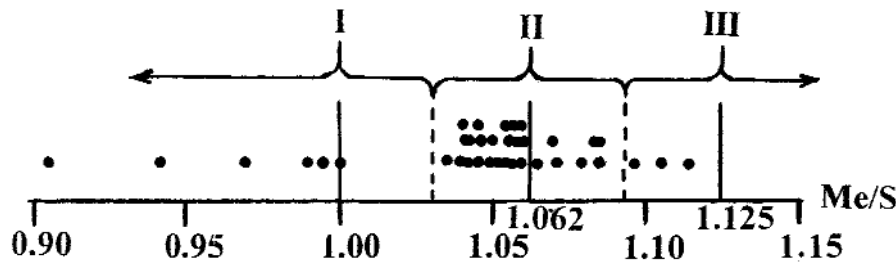


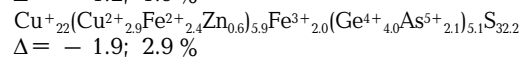
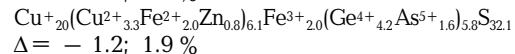
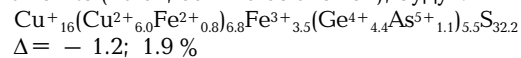
Рис. 3. Отношение Me/S в анализах германита. I — группа анализов с соотношением Me/S близком к 1. II — группа анализов с соотношением Me/S близком к 1,062. III — группа анализов с соотношением Me/S близком к 1,125.

пропорциональная зависимость существует между $Cu + As$ и $Zn + Ge$, что свидетельствует об изоморфизме $Zn^{2+} + Ge^{4+} \rightarrow Cu + As^{5+}$ (рис. 2). Такой изоморфизм установлен ранее в другом сложном сульфиде Ge — реньерите (Bernstein, 1986). В реньерите эта зависимость более четкая, чем в германите, возможно из-за более сложного характера изоморфизма в последнем, так как в германите есть примеси V, Mo, W, Ga , которых нет в реньерите. В германите, по данным Э.М.Спиридонова (Спиридонов, 1987), Fe^{3+} занимает ту же позицию, которую занимает V^{3+} в колусите, следовательно, и в германите V^{3+} может замещать Fe^{3+} .

Пересчёт анализов показал, что из 37 анализов удовлетворительно пересчитываются на 66 атомов в элементарной ячейке только 28 анализов (в 6 из них баланс валентности немного превышает 3%). 6 анализов можно пересчитать только на 64 атома в элементарной ячейке (в двух из 6 анализов баланс валентности немного больше 3%), а 3 анализа хорошо пересчитываются только при условии, что элементарная ячейка содержит 68 атомов (табл. 4). Отношение Me/S в анализах колеблется от 0.904 до 1.113, группируясь вокруг значений 1.00, 1.062 и 1.125, отвечающих отношениям Me/S равным: 32:32, 34:32 и 36:32 (рис. 3). Таким образом, в реальных анализах отношение катион/анион не постоянное. Это говорит о том, что мы имеем дело либо с твёрдыми растворами, либо с тремя разными, но близкими по составу и свойствам минералами. Вероятнее второе предположение. Если бы была область твёрдых растворов, то отношение Me/S было бы непрерывным от 1 до 1.125.

Итак, 37 анализов разделены на 3 группы, рассчитывающиеся на 64, 66 и 68 атомов в элементарной ячейке. Для каждой группы указаны колебания основных компонентов (табл. 5), их средние значения (табл. 6), а также средние значения компонентов, за-

нимающих разные позиции в структуре минерала (табл. 7). Содержание меди в целом увеличивается с увеличением количества атомов в элементарной ячейке, содержание германия и двухвалентных катионов падает в этом же направлении, что еще раз иллюстрирует существующие не очень большие, но явные различия в химическом составе этих трёх групп анализов германита и изоморфизм $Zn^{2+} + Ge^{4+} \rightarrow Cu + As^{5+}$. Формулы средних анализов, рассчитанных на разное количество атомов в элементарной ячейке (на 64, 66 и на 68 атомов), будут:



К выводу о существовании трёх разных минеральных видов можно прийти, проведя параллель между германитом, с одной стороны, и халькопиритом, талнахитом, мойхукитом, хейкоцитом, с другой. До семидесятых годов 20 века четыре последних минерала принимались за один — халькопирит из-за близости их химического состава и физических свойств. В 1967 году была опубликована работа Л.Д.Кабри (Cabri, 1967) о кубическом халькопирите, оказавшемся самостоятельным минеральным видом — талнахитом, а через 5 лет было открыто ещё 2 минеральных вида — мойхукит и хейкоцит (Cabri *et al.*, 1972). Их структуры, как и структура германита, представляют собой сверхструктуры от структуры сфалерита. Из таблицы 8 видно, что соотношения Me/S в них такие же, как и те, вокруг которых группируются эти соотношения в реальных анализах германита, что говорит в пользу существования трёх самостоятельных минералов. Основываясь на выше приведенных формулах халькопирита, талнахита и мойхукита легко получить формулы гер-

Таблица 5. Колебания содержаний основных компонентов в составе германита (в мас.% – верхняя строка и в формульных коэффициентах – нижняя строка)

Ан.рас. на :	Cu		Fe		Zn		Ge		As		Ge + As + Ga	
	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
64 ат.	40.9	48.1	5.2	8.3	0	5.4	9.7	10.9	0	2.6	11.0	13.4
	20.4	22.8	2.9	4.5	0	2.6	4.1	4.7	0	1.07	4.6	6.4
66 ат.	39.4	48.8	1.3	10.7	0	5.5	5.1	10.1	1.3	7.6	11.2	13.8
	20.4	24.9	0.8	6.3	0	2.6	2.3	4.6	0.5	3.27	4.9	6.0
68 ат.	43.6	50.9	3.2	9.8	0	3.10	7.2	9.0	4.7	4.9	12.1	13.7
	23.7	26.4	1.9	5.6	0	1.6	3.3	4.3	2.0	2.2	5.4	6.4

Таблица 6. Средние содержания основных компонентов в составе германита (в мас.% – верхняя строка и в формульных коэффициентах – нижняя строка)

Ан.рас. на :	Cu	Fe	Zn	Fe + Zn	Ge	As	Ge + As + Ga	S
64 ат.	45.2	6.3	1.95	8.2	10.2	1.5	12.6	33.6
	23.3	3.4	0.9	4.3	4.3	0.6	5.4	32.2
66 ат.	45.5	6.0	1.6	7.6	9.1	3.5	13.0	31.7
	23.3	3.5	0.8	4.3	4.1	1.6	5.7	32.1
68 ат.	47.8	6.5	1.0	7.5	8.0	4.8	12.8	31.1
	24.9	3.8	0.5	4.3	3.7	2.1	5.8	32.2

Таблица 7. Средние содержания основных компонентов в составе (в формульных коэффициентах)

Ан.рас. на :	Cu ⁺	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Zn ²⁺	ΣMe ²⁺	Fe ³⁺ + V ³⁺ + Mo + W	Ge ⁴⁺	As ⁵⁺	Ge + As + Ga + V ⁵⁺
64 ат.	16	6.0	0.8	0.0	6.8	3.5	4.4	1.1	5.5
66 ат.	20	3.3	2.0	0.8	6.1	2.0	4.2	1.6	5.8
68 ат.	22	2.9	2.4	0.6	5.9	2.0	4.0	2.1	6.1

Таблица 8. Структурные характеристики халькопирита, талнахита, мойхукита и германита

Минерал	Формула	Пр. гр.	Z	Параметры элемент.яч. в Å	Ссылка	Me/S
Халькопирит	$Cu + Fe^{3+}S_2 \rightarrow Cu_{16}Fe^{3+}_{16}S_{32}$	I 42d	4	5.281 10.401	Hall <i>et al.</i> , 1973	1
Талнахит	$Cu_9Fe_9S_{16} \rightarrow Cu_{18}Fe^{2+}_2Fe^{3+}_{14}S_{32}$	I 43m	16	10.59	Cabri, 1967	1.062
Мойхукит	$Cu_9Fe_9S_{16} \rightarrow Cu_{18}Fe^{2+}_8Fe^{3+}_{10}S_{32}$	P 42m	8	10.58 5.37	Cabri <i>et al.</i> , 1972	1.125
Германит	$Cu_{26}Fe_4Ge_4S_{32} \rightarrow Cu_{16}Cu^{2+}_{10}Fe^{3+}_4Ge_4S_{32}$	P 43n	1	10.58 62(5)	Tettenhorst <i>et al.</i> , 1984	1.062

манита с соотношением Me/S равным 1, 1.062 и 1.125.

Халькопирит – $Cu + Fe^{3+}S_2 \rightarrow Cu_{16}Fe^{3+}_{16}S_{32}$ при замещении

$Fe^{3+}_{13} \rightarrow Me^{2+}_7 + (Ge^{4+}_5As^{5+})_6$ получается германит с соотношением Me/S = 1 – $Cu_{16}Me^{2+}_7Fe^{3+}_3(Ge^{4+}_5As^{5+})_6S_{32}$.

Талнахит – $Cu_9Fe^{2+}_2Fe^{3+}_8S_{16} \rightarrow Cu_{18}Fe^{2+}_2Fe^{3+}_{14}S_{32}$ при замещении

$Fe^{3+}_{12} \rightarrow Cu^{2+}_2 + Me^{2+}_4 + (Ge^{4+}_4As^{5+})_6$ получается германит с соотношением Me/S = 1.062 – $Cu_{20}Me^{2+}_6Fe^{3+}_2(Ge^{4+}_4As^{5+})_6S_{32}$.

Мойхукит – $Cu_9Fe^{2+}_4Fe^{3+}_5S_{16} \rightarrow Cu_{18}Fe^{2+}_8Fe^{3+}_{10}S_{32}$ при замещении $Fe^{2+}_2Fe^{3+}_8 \rightarrow$

$Cu^{2+}_4 + Ge^{4+}_6$ получается германит с соотношением Me/S = 1.125 – $Cu_{22}Me^{2+}_6Fe^{3+}_2Ge^{4+}_6S_{32}$. С учётом изоморфизма $Zn^{2+} + Ge^{4+} \rightarrow Cu^{2+} + As^{5+}$ формула становится $Cu_{22}Me^{2+}_6Fe^{3+}_2(GeAs)_6S_{32}$, что соответствует формуле Э.М.Спиридонова с соавторами (Спиридонов и др., 1992). Во всех формулах $Me^{2+} - Cu^{2+}, Fe^{2+}, Zn^{2+}$.

Близость этих формул и формул, полученных при пересчете средних анализов каждой группы, очевидна, что ещё раз подтверждает логичность вывода о существовании трёх минеральных видов, близких по составу к германиту.

Литература

- Годовиков А.А. Структурно-химическая систематика минералов. //Издание Минералогического Музея. **1997**. 247 стр.
- Коваленкер В.А., Цонев Д., Бресковска В.В., Малов В.С., Тронева Н.В. Новые данные по минералогии медноколчеданных месторождений Центрального Среднегорья Болгарии. //В сб. «Метаморфизм, минералогия и вопросы генезиса золотых и серебряных месторождений». **1986**. М., Наука, стр.91 – 110.
- Логинова Л.А. Опыт измерения оптических постоянных германита и реньерита.

- // Труды ИМГРЭ АН СССР, **1960**, вып. 4, стр.224 – 234.
- Спиригонов Э.М.* О составе германита. // ДАН СССР. **1987**, т.295, № 2, стр. 477 – 481.
- Спиригонов Э.М., Качаловская В.М., Ковачев В.В., Крапива Л.Я.* Германоколусит $Cu_{26}V_2(Ge,As)_6S_{32}$ – новый минерал. // Вестник Московского Университета. **1992**, сер.4, геология, № 6, стр. 50 – 54.
- Хорошилова Л.А., Янулов К.П.* Рентгенографическая диагностика минералов групп сульфаниита и колусита. // Труды Института геологии Коми научного центра Ур О АН СССР, **1988**, вып. 66, стр.70 – 79.
- Bernstein L.R.* Renierite, $Cu_{10}ZnGe_2Fe_4S_{16}$ – $Cu_{11}GeAsFe_4S_{16}$ a coupled solid solution series. // Amer. Mineral., **1986**, vol. 71, pp.210 – 221.
- Cabri L.J.* A new copper – iron sulfide. // Econ. Geol., **1967**, vol. 62, № 7, pp. 910 – 925.
- Cabri L.J. and Hall S.R.* Mooihockite and Haycockite, two new new copper – iron sulfides, and their relationship to chalcopyrite and talnakhite. // Amer. Mineral., **1972**, vol. 57, pp.689 – 708.
- De Jong W.G.* Die Kristallstruktur von Germanit. // Zeitschrift fur Kristallographie, **1930**, vol. 73, s.176 – 180.
- Francotti J., Moreau J., Ottenburgs R., Levy C.* La briartite, $Cu_2(Fe,Zn)GeS_4$, une nouvelle espece minerale. // Bull. Soc. Franc. Miner. Crist. **1965**, vol. LXXXVIII, 432 – 437.
- Geier B.H., Ottemann J.* New Primary Vanadium-, Germanium-, Gallium-, and Tin-Minerals from the Pb-Zn-Cu- Deposit Tsumeb, South West Africa. // Mineral. Deposita, **1970**, vol. 5, № 1, pp. 29 – 40.
- Hall S.R. and Stewart J.M.* The crystal structure refinement of chalcopyrite, $CuFeS_2$. // Acta Cryst., **1973**, B 29, pp.579 – 585.
- Levy C.* Contribution a la mineralogie des sulfures de cuivre du type Cu_3XS_4 . // Mem. Bur. Rech. Mineral. **1966**, vol. 54, pp.3 – 178.
- Mozgova N.N., Borodaev Yu.S., Nenasheva S.N., Efimov A.V., Gandhi S.M., and Mookherjee A.* Rare Minerals from Rajpura – Dariba, Rajasthan, India. VII: Renierite.// Mineralogy and Petrology. **1992**, vol. 46, pp.55 – 65.
- Pufahl O.* «Germanit» ein Germanium- Mineral und Erz von Tsumeb, Sud-West-Africa. // Metall u. Erz., **1922**, Bd. 19, s. 324 – 325.
- Rowland J.F. and Hall S.R.* Haycockite, $Cu_4Fe_3S_8$: a superstructure in the chalcopyrite series. // Acta Cryst., **1975**, B 31, pp.2105 – 2112.
- Schneiderhohn H.* Die Erzlagerstätten des Otaviberlandes, Deutsch-Sud-West-Afrika. // Metall u. Erz. **1920, 1921**, Bd. 17 u. 18, 48 S.
- Sclar C.B., Geier B.H.* The paragenetic relationships of germfnite and renierite from Tsumeb, South-West-Africa. // Econ. Geol., **1957**, vol. 52, № 6, pp.612 – 631.
- Springer G.* Microanalytical investigation into germanite, renierite, briartite and gallite. // N. Jb. Miner. Mh., **1969**, pp. 435 – 440.
- Tettenhorst R.T., Corbato C.E.* Crystal structure of germanite, $Cu_{26}Ge_4Fe_4S_{32}$, determined by X-ray powder diffraction. // Amer. Mineral., **1984**, vol. 69, pp. 943 – 947.
- Viaene W., Moreau J.* Contribution a l'etude de la germanite, de la renierite et de la briartite. // Ann. De la Societe Geologique de Belgique. **1968**, n. 91, pp. 127 – 143.

УДК 549.37

О GERMAНОКОЛУСИТЕ ИЗ КИПУШИ (КАТАНГА)

С.Н. Ненашева., Л.А. Паутов

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, sn@fmm.ru

Изучен образец борнита № 64332 из фондов Минералогического Музея им. Аю.Е.Ферсмана из месторождения Кипуши, в котором оказались мелкие овальные включения германоколусита в ассоциации с реньеритом, теннантитом, халькопиритом, сфалеритом. В его составе немного больше Zn и V и меньше As по сравнению с германоколуситом первооткрывателя. Предложена новая структурная формула для германоколусита, учитывающая характерный для сложных сульфидов германия изоморфизм $Zn^{2+} + Ge^{4+} \rightarrow As^{5+} + Cu^{+}$. Это первая находка германоколусита на месторождении Кипуши.

В статье 5 таблиц, список литературы из 7 названий.

Германоколусит утверждён как минеральный вид в 1992 г. (Спиридонов и др. 1992), но ещё раньше среди германитов выделялись «желтые германиты», в составе которых определяли значительное количество V и As и которые стали называть «ванадиевыми» или «ванадиево-мышьяковыми» германитами. Э.М.Спиридонов с соавторами (Спиридонов и др. 1992) показал, что те из «ванадиевых» или «ванадиево-мышьяковых» германитов, в формуле которых германий преобладает над мышьяком, являются германоколуситами. Авторы (Спиридонов и др. 1992) приводят 3 анализа германоколусита из месторождений Уруп (Россия), Цумёб (Намибия) и Челопеч (Болгария) (табл. 1, ан. 1–3). Ещё один близкий по составу к германоколуситу анализ германиевого сульфида из Урупа опубликован В.М.Качаловской с соавторами (Качаловская и др., 1975) и позднее повторен под названием «колусит-Ge» в работе Э.М.Спиридонова с соавторами (Спиридонов и др. 1986) (табл. 1, ан. 4). Содержание германия в нём превышает содержание мышьяка. Э.М.Спиридонов с соавторами (Спиридонов и др. 1992) предложили для германоколусита структурную формулу $Cu^{+}_{18+x}Cu^{2+}_4(Cu^{2+}, Fe, Zn)_{4-x}V^{3+}_2X^{4+}_6S_{32}$, где $X^{4+} = Ge^{4+}, (As, Sb^{5+} + As, Sb^{3+}) : 2, Sn^{4+}, Mo^{4+}, Te^{4+}$.

При пересчете на эту формулу анализов германоколусита, приводимых в работе (Спиридонов и др. 1992), выяснилось, что два анализа из трёх не электронейтральны (баланс валентности 4,2 и 3,5%) (табл. 2, ан. 1 и 3). Электронейтральными считаются анализы, баланс валентности которых не превышает 3%. Если учесть характерный для сложных сульфидов германия изоморфизм $Ge^{4+} + Zn^{2+} \rightarrow As^{5+} + Cu^{+}$, то формулу первооткрывателей можно представить в виде

$Cu^{+}_{18+x}Cu^{2+}_4(Cu^{2+}, Fe, Zn)_{4-x}V^{3+}_2(Ge^{4+}, As^{5+}_x)_6S_{32}$ или $Cu^{+}_{18+x}Cu^{2+}_4Me^{2+}_{4-x}V^{3+}_2(Ge^{4+}, As^{5+}_x)_6S_{32}$, где $0 \leq x \leq 3$. При пересчете на эту формулу все анализы из работы (Спиридонов и др. 1992) оказываются электронейтральными (табл. 2), что свидетельствует в пользу формулы с учётом изоморфного замещения $Ge^{4+} + Zn^{2+} \rightarrow As^{5+} + Cu^{+}$.

Нами германоколусит обнаружен в образце № 64332, который записан в фонды Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана как борнит из месторождения Кипуши (Катанга). Германоколусит выделяется в виде овальных мелких зерен размером до 10–15 микрон, как правило в реньерите, который в свою очередь находится в борните в ассоциации с теннантитом, сфалеритом, халькопиритом. Германоколусит в отраженном свете розовато-сиреневый изотропный. Отражение ниже, чем у халькопирита, теннантита, выше, чем у борнита, сфалерита. Выделения такие мелкие, что невозможно провести их рентгенодиагностику.

Микрорентгеноспектральный анализ выполнен на микрозонде JXA – 50А фирмы JEOL с энергодисперсионным спектрометром TRACOR – Xr, при 20 kv и токе зонда $30 \cdot 10^{-9}$ А. Расчёт концентраций проводился с использованием ZAF – коррекции. Использовались следующие эталоны (аналитические линии): ZnS ($Zn_{K\alpha}$ и $S_{K\alpha}$), GaAs ($As_{K\alpha}$ и $Ga_{K\alpha}$), Cu_2FeSnS_4 ($Cu_{K\alpha}$, $Fe_{K\alpha}$, $Sn_{L\alpha}$, $S_{K\alpha}$), V и Ge – металлические ($V_{K\alpha}$, $Ge_{K\alpha}$, $Ge_{K\beta}$). Состав германоколусита из Кипуши представлен в таблицах 3, 4. Прослеживается чёткая положительная корреляция между медью и мышьяком, а также цинком и германием и отрицательная корреляция между германием и мышьяком. Все анализы, рассчитанные на основе формулы, учитывающей изоморфное замещение $Ge^{4+} + Zn^{2+} \rightarrow As^{5+} + Cu^{+}$, электронейтральны в пределах допустимых 3%.

Таблица 1. Микрорентгеноспектральные анализы германоколусита. (мас.% – верхняя строка и формульные коэффициенты – нижняя строка). Ан. № 1–3 по (Спиридонов и др., 1992), ан. № 4 – по (Качаловская и др., 1975)

№.	Содержание элементов								Σ	Me/S
	Cu	Fe	Zn	Ge	As	Sb	V	S		
1	49.69	0.47	0.91	8.62	5.19	0.08	3.22	32.10	101.4	1.064
	24.96	0.27	0.44	3.79	2.21	0.02	2.02	31.96	66	
2	49.22	1.56	0.15	6.55	5.90	0.12	3.19	31.97	100.31	1.059
	24.91	0.90	0.07	2.90	2.53	0.03	2.01	32.06	65.99	
3	48.04	1.54	1.28	9.13	3.38	0.40	3.17	31.05	100.66	1.073
	24.50	0.89	0.63	4.08	1.46	0.11	2.02	31.39	65.99	
4	47.8	1.00	5.5	10.6	2.9		3.1	32.0	102.9	1.102
	23.66	0.56	2.65	4.59	1.22		1.91	31.40	65.99	

Примечание:

В том числе в ан. № 1 Sn 0.14% (0.04 ф.к.), W 0.03 (0.01), Mo 0.67 (0.22), Ag 0.13 (0.04), Bi 0.15 (0.02); в ан. № 2 Ga 0.35 (0.16), Sn 0.06 (0.02), W 0.06 (0.01), Mo 1.18 (0.39); в ан. № 3 Ga 0.17 (0.08), Sn 0.17 (0.08), Ag 0.09 (0.03), Se 1.08 (0.44). Ан. № 1 и 4 образцов из месторождения Уруп, № 2 – Цумёб, № 3 – Чехолец.

Таблица 2. Пересчёт анализов германоколусита, приведенных в таблице 1

№	Формулы, рассчитанные на основе формулы, предложенной Э.М.Спиридоновым с соавт. (Спиридонов и др., 1992)	Баланс валентности ±Δ	%
1	$(\text{Cu}^{+18.00}\text{Ag}^{+0.04})_{18.04}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{2.96}\text{Fe}^{2+}_{0.27}\text{Zn}_{0.44})_{3.67}(\text{V}^{3+}_{2.02}\text{W}^{4+}_{0.01}\text{Mo}^{3+}_{0.22})_{2.25}$ $[\text{Ge}^{4+}_{3.79}\text{Sn}^{4+}_{0.04}(\text{As}^{5+}_{2.21}\text{Sb}^{5+}_{0.02}\text{Bi}^{5+}_{0.02})_{2.23}]_{6.06}\text{S}_{31-96}$	+2.79	4.2
2	$\text{Cu}^{+18}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{2.91}\text{Fe}^{2+}_{0.90}\text{Zn}_{0.07})_{3.88}(\text{V}^{3+}_{2.01}\text{W}^{4+}_{0.01}\text{Mo}^{3+}_{0.39})_{2.41}$ $[\text{Ge}^{4+}_{2.90}\text{Ga}^{3+}_{0.16}\text{Sn}^{4+}_{0.02}(\text{As}^{5+}_{2.53}\text{Sb}^{5+}_{0.03})_{2.56}]_{5.64}\text{S}_{32-09}$	-1.78	2.7
3	$(\text{Cu}^{+18.00}\text{Ag}^{+0.03})_{18.3}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{2.50}\text{Fe}^{2+}_{0.89}\text{Zn}_{0.63})_{4.02}\text{V}^{3+}_{2.02}$ $[\text{Ge}^{4+}_{4.08}\text{Ga}^{3+}_{0.08}\text{Sn}^{4+}_{0.36}(\text{As}^{5+}_{1.46}\text{Sb}^{5+}_{0.11})_{1.57}]_{6.09}(\text{S}_{31-39}\text{Se}_{0-44})_{31.83}$	+2.32	3.5
4	$\text{Cu}^{+18}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{1.66}\text{Fe}^{2+}_{0.56}\text{Zn}_{2.65})_{4.87}\text{V}^{3+}_{1.91}$ $(\text{Ge}^{4+}_{4.59}\text{As}^{5+}_{1.22})_{5.81}\text{S}_{31-40}$ $\text{Cu}^{+18}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{1.66}\text{Fe}^{2+}_{0.47}\text{Zn}_{2.65})_{4.78}(\text{V}^{3+}_{1.91}\text{Fe}^{3+}_{0.09})_{4.78}$ $(\text{Ge}^{4+}_{4.59}\text{As}^{5+}_{1.22})_{5.81}\text{S}_{31-40}$	+3.13	4.7
		+3.22	4.9
№	Формулы, рассчитанные на основе формулы $\text{Cu}^{+18+x}\text{Cu}^{2+}_4\text{Me}^{2+}_{4-x}\text{V}^{3+}_2\text{Ge}^{4+}_{6-x}\text{As}_x\text{S}_{32}$	Баланс валентности ±Δ	%
1	$(\text{Cu}^{+20.25}\text{Ag}^{+0.04})_{20.29}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{0.71}\text{Fe}^{2+}_{0.27}\text{Zn}_{0.44})_{1.42}(\text{V}^{3+}_{2.02}\text{W}^{4+}_{0.01}\text{Mo}^{3+}_{0.22})_{2.25}$ $[\text{Ge}^{4+}_{3.79}\text{Sn}^{4+}_{0.04}(\text{As}^{5+}_{2.21}\text{Sb}^{5+}_{0.02}\text{Bi}^{5+}_{0.02})_{2.23}]_{6.06}\text{S}_{31-96}$	+0.53	0.8
2	$\text{Cu}^{+20.56}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{0.35}\text{Fe}^{2+}_{0.90}\text{Zn}_{0.07})_{1.32}(\text{V}^{3+}_{2.01}\text{W}^{4+}_{0.01}\text{Mo}^{3+}_{0.39})_{2.41}$ $[\text{Ge}^{4+}_{2.90}\text{Ga}^{3+}_{0.16}\text{Sn}^{4+}_{0.02}(\text{As}^{5+}_{2.53}\text{Sb}^{5+}_{0.03})_{2.56}]_{5.64}\text{S}_{32-09}$	-0.78	1.2
3	$(\text{Cu}^{+19.57}\text{Ag}^{+0.03})_{19.6}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{0.93}\text{Fe}^{2+}_{0.89}\text{Zn}_{0.63})_{2.45}\text{V}^{3+}_{2.02}$ $[\text{Ge}^{4+}_{4.08}\text{Ga}^{3+}_{0.08}\text{Sn}^{4+}_{0.36}(\text{As}^{5+}_{1.46}\text{Sb}^{5+}_{0.11})_{1.57}]_{6.09}(\text{S}_{31-39}\text{Se}_{0-44})_{31.83}$	+0.75	1.2
4	$\text{Cu}^{+19.22}\text{Cu}^{2+}_4(\text{Cu}^{2+}_{0.44}\text{Fe}^{2+}_{0.47}\text{Zn}_{2.65})_{3.56}(\text{V}^{3+}_{1.91}\text{Fe}^{3+}_{0.09})_{2.00}$ $(\text{Ge}^{4+}_{4.59}\text{As}^{5+}_{1.22})_{5.81}\text{S}_{31-40}$	+2.0	3.1

Таблица 3. Микрорентгеноспектральные анализы германоколусита из месторождения Кипуши (обр. 64332) (мас.% – верхняя строка и формульные коэффициенты – нижняя строка)

№ п.п.	Содержание элементов							Σ	Me/S
	Cu	Fe	Zn	Ge	As	V	S		
1	50.14	0.30	3.75	7.98	3.89	3.53	32.17	101.76	1.047
	24.96	0.17	1.82	3.48	1.64	2.19	31.74	66	
2	49.41	0.29	4.31	8.03	4.11	3.68	32.35	102.18	1.045
	24.49	0.16	2.08	3.48	1.73	2.28	31.78	66	
3	49.37	0.50	4.69	8.75	3.57	3.19	31.74	101.81	1.099
	24.68	0.28	2.28	3.82	1.52	1.98	31.44	66	
4	48.94	0.12	4.11	8.79	3.15	3.63	32.37	101.11	1.060
	24.45	0.07	2.00	3.84	1.34	2.26	32.04	66	
5	48.21	0.39	4.24	8.68	2.79	3.43	31.43	99.17	1.076
	24.61	0.22	2.10	3.88	1.21	2.18	31.79	65.99	
6	48.11	0.35	4.91	8.68	2.84	3.58	32.47	100.95	1.062
	24.03	0.20	2.38	3.80	1.20	2.23	32.15	65.99	
7	48.10	0.56	4.84	8.93	2.96	3.65	32.38	101.42	1.065
	23.96	0.32	2.34	3.89	1.25	2.27	31.96	65.99	
8	47.76	0.53	4.89	8.63	2.86	3.44	32.36	100.47	1.050
	23.97	0.30	2.38	3.79	1.22	2.15	32.18	65.99	
9	47.75	0.54	4.87	9.11	2.70	3.47	31.89	100.33	1.072
	24.08	0.31	2.39	4.02	1.16	2.18	31.86	66	
10	47.12	0.36	5.03	9.00	2.90	3.16	31.71	99.27	1.061
	24.01	0.21	2.49	4.05	1.25	2.00	32.02	66	

Таблица 4. Пересчёт анализов германоколусита из месторождения Кипуши

№	Формулы, рассчитанные на основе формулы $Cu^{+18+3}Cu^{2+4}Me^{2+4-x}V^{3+2}Ge^{4+6-x}As_xS_{32}$	Баланс валентности	
		$\pm\Delta$	%
1	$Cu^{+20.0}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.96}Zn_{1.82})_{2.78}(V^{3+1.83}Fe^{3+0.17})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.48} (As ⁵⁺ _{1.64} V ⁵⁺ _{0.36}) _{2.00}] _{5.48} S _{31.74}	0.0	0.0
2	$Cu^{+20.17}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.32}Zn_{2.08})_{2.40}(V^{3+1.84}Fe^{3+0.16})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.48} (As ⁵⁺ _{1.73} V ⁵⁺ _{0.44}) _{2.17}] _{5.65} S _{31.78}	+0.18	0.3
3	$Cu^{+19.78}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.90}Zn_{2.28})_{3.18}(V^{3+1.72}Fe^{3+0.28})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.82} (As ⁵⁺ _{1.52} V ⁵⁺ _{0.26}) _{1.78}] _{5.60} S _{31.44}	+1.44	2.2
4	$Cu^{+19.67}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.78}Zn_{2.00})_{2.78}(V^{3+1.93}Fe^{3+0.07})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.84} (As ⁵⁺ _{1.34} V ⁵⁺ _{0.33}) _{1.67}] _{5.51} S _{32.04}	-1.14	1.8
5	$Cu^{+19.61}Cu^{2+4}(Cu^{2+1.00}Zn_{2.10})_{3.10}(V^{3+1.78}Fe^{3+0.22})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.88} (As ⁵⁺ _{1.21} V ⁵⁺ _{0.40}) _{1.61}] _{5.49} S _{31.79}	-0.2	0.3
6	$Cu^{+19.63}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.40}Zn_{2.38})_{2.78}(V^{3+1.80}Fe^{3+0.20})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.80} (As ⁵⁺ _{1.20} V ⁵⁺ _{0.43}) _{1.63}] _{5.43} S _{32.15}	-1.76	2.7
7	$Cu^{+19.84}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.12}Zn_{2.34})_{2.46}(V^{3+1.68}Fe^{3+0.32})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.89} (As ⁵⁺ _{1.25} V ⁵⁺ _{0.59}) _{1.84}] _{5.73} S _{31.96}	-0.4	0.6
8	$Cu^{+19.67}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.30}Zn_{2.38})_{2.68}(V^{3+1.70}Fe^{3+0.30})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{3.79} (As ⁵⁺ _{1.22} V ⁵⁺ _{0.45}) _{1.67}] _{5.46} S _{32.18}	-1.82	2.8
9	$Cu^{+19.63}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.43}Zn_{2.39})_{2.82}(V^{3+1.69}Fe^{3+0.32})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{4.02} (As ⁵⁺ _{1.16} V ⁵⁺ _{0.49}) _{1.65}] _{5.67} S _{31.86}	-0.1	0.2
10	$Cu^{+19.46}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.55}Zn_{2.49})_{3.04}(V^{3+1.79}Fe^{3+0.21})_{2.00}$ [Ge ⁴⁺ _{4.02} (As ⁵⁺ _{1.25} V ⁵⁺ _{0.21}) _{1.46}] _{5.48} S _{32.02}	-1.12	1.7
Формулы, рассчитанные на основе формулы, предложенной Э. М. Спиридоновым с соавт. (Спиридонов и др., 1992) $Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+}, Fe, Zn)_4V^{3+2}X^{4+}_6S_{32}$		Баланс валентности	
		$\pm\Delta$	%
1	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.96}Fe^{2+0.17}Zn_{1.82})_{4.95}V^{3+2.19}$ (Ge ⁴⁺ _{3.48} As ⁵⁺ _{1.64}) _{5.12} S _{31.74}	+1.11	1.7
2	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.14}Fe^{2+0.16}Zn_{2.04})_{4.34}V^{3+2.24}$ (Ge ⁴⁺ _{3.44} As ⁵⁺ _{1.70}) _{5.14} S _{32.28}	-0.9	1.4
3	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.68}Fe^{2+0.28}Zn_{2.28})_{5.24}V^{3+1.98}$ (Ge ⁴⁺ _{3.82} As ⁵⁺ _{1.52}) _{5.34} S _{31.44}	+2.42	3.7
4	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.45}Fe^{2+0.07}Zn_{2.00})_{4.52}V^{3+2.26}$ (Ge ⁴⁺ _{3.84} As ⁵⁺ _{1.34}) _{5.18} S _{32.04}	-0.2	0.3
5	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.22}Fe^{2+0.22}Zn_{2.10})_{4.93}V^{3+2.18}$ (Ge ⁴⁺ _{3.88} As ⁵⁺ _{1.21}) _{5.09} S _{31.79}	+0.39	0.6
6	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.03}Fe^{2+0.20}Zn_{2.38})_{4.61}V^{3+2.23}$ (Ge ⁴⁺ _{3.80} As ⁵⁺ _{1.20}) _{5.00} S _{32.15}	-1.19	1.8
7	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+1.96}Fe^{2+0.32}Zn_{2.34})_{4.62}V^{3+2.27}$ (Ge ⁴⁺ _{3.89} As ⁵⁺ _{1.25}) _{5.14} S _{31.96}	-0.06	0.2
8	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.97}Fe^{2+0.30}Zn_{2.38})_{4.65}V^{3+2.15}$ (Ge ⁴⁺ _{3.79} As ⁵⁺ _{1.22}) _{5.01} S _{32.18}	-1.35	2.0
9	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.08}Fe^{2+0.31}Zn_{2.39})_{4.78}V^{3+2.18}$ (Ge ⁴⁺ _{4.02} As ⁵⁺ _{1.16}) _{5.18} S _{31.86}	+0.98	1.5
10	$Cu^{+18}Cu^{2+4}(Cu^{2+0.21}Fe^{2+0.21}Zn_{2.49})_{4.71}V^{3+2.00}$ (Ge ⁴⁺ _{4.02} As ⁵⁺ _{1.25}) _{5.27} S _{32.02}	-0.54	1.6

Таблица 5. Колебания содержаний основных элементов в мас.% в германоколусите из месторождения Кипуши (1) и из месторождений Уруп, Цумёб и Челопеч (2)

Элемент	1	2
Cu	47.12 – 50.14	48.04 – 49.69
Fe	0.12 – 0.56	0.47 – 1.56
Zn	3.75 – 5.03	0.07 – 0.63
Ge	7.98 – 9.11	6.55 – 9.13
As	2.70 – 4.11	3.38 – 5.90
V	3.16 – 3.68	3.17 – 3.22
S	31.43 – 32.38	31.05 – 32.02

Из таблицы 5, где показаны колебания основных компонентов состава германоколусита, видно, что в анализах германоколусита из месторождения Кипуши больше цинка и меньше мышьяка, немного больше германия и меньше железа по сравнению с анализами германоколусита из месторождений Уруп, Цумёб и Челопеч. Средний из 10 анализов германоколусита из Кипуши не совсем отвечает структурной формуле, учитывающей изоморфизм $Ge^{4+} + Zn^{2+} \rightarrow As^{5+} + Cu^{+}$, $Cu^{+}_{19.75}Cu^{2+}_{4.0}(Cu^{2+}_{0.60}Zn_{2.22})_{2.82}(Fe^{3+}, V^{3+})_{2.0}[Ge^{4+}_{3.80}(As^{5+}_{1.35}V^{5+}_{0.40})_{1.75}]_{5.55}S_{31.90}$ или

$Cu^{+}_{19.8}Cu^{2+}_{4.0}(Cu^{2+}_{0.6}Zn_{2.2})_{2.8}(Fe^{3+}, V^{3+})_{2.0}[Ge^{4+}_{3.8}(As^{5+}_{1.4}V^{5+}_{0.4})_{1.8}]_{5.6}S_{32}$. Количество двухвалентных катионов больше, а сумма четырёхвалентных и пятивалентных меньше, чем необходимо по этой формуле, приблизительно на одну и ту же величину. Вероятно, часть двухвалентных катионов занимает позицию четырёхвалентных и пятивалентных, т.е. изоморфизм более сложный. Такое предположение основано на результатах исследования положения Fe в реньерите методом Мессбауэровской спектроскопии. Установлено, что железо занимает три разных положения (Bernstein *et al.*, 1986). То же самое подтверждено при изучении структуры реньерита методом Ретвельда (Bernstein *et al.*, 1989). В этом случае структурная формула германоколусита будет

$Cu^{+}_{18+x}Cu^{2+}_{4}Me^{2+}_{4-x}Me^{3+}_{2}[Me^{4+}_{6-x-y}Me^{5+}_{x}Me^{2+}_{y}]_{6}S_{32}$, где $Me^{2+} - Cu^{2+}, Fe^{2+}, Zn^{2+}$;

$Me^{3+} - V^{3+}, Fe^{3+}$;

$Me^{4+} - Ge^{4+}, Sn^{4+}, Ga^{3+}$;

$Me^{5+} - As^{5+}, V^{5+}, Sb^{5+}, Bi^{5+}$;

при $0 \leq x \leq 3.0$ и $0 \leq y \leq 0.5$.

Анализ литературы показал, что до настоящего времени не опубликовано ни одного анализа ни германита, ни колусита из месторождения Кипуши. Германиевую минерализацию Кипуши изучали В.Вайен и Дж.Моро (Viaene *et al.*, 1968). Они из сульфидов, содержащих германий, обнаружили только бриартит и реньерит. Ни германит, ни колусит, содержащий германий, ими не отмечены. В работе Л.Р.Бернштейна о ренье-

рите (Bernstein, 1986) в таблице указывается германит на месторождении Кипуши, однако при описании минеральной ассоциации этого месторождения из сульфидов германия отмечен только реньерит. В геологическом справочнике по сидерофильным и халькофильным редким металлам, опубликованном в 1989 году (Геологический справочник, 1989), говорится, что в Кипуши есть только реньерит. Вероятно, наша находка германоколусита является первой для месторождения Кипуши.

Литература

- Геологический справочник по сидерофильным и халькофильным редким металлам. Под ред. Н.П.Лавёрова. // 1989. М. Недра.
- Качаловская В.М., Осипов Б.С., Кукоев В.А., Козлова Е.В. Германий содержащие минералы из борнитовых руд месторождения Уруп. // ЗВМО, 1975, ч. 104, вып. 1, С. 94–97.
- Спиригонов Э.М., Качаловская В.М., Багалов А.С. Разновидности колусита, о ванадиевом и ванадиево-мышьяковом германите. // Вестник Московского Университета. 1986, сер.4, геология, № 3, С. 60–68.
- Спиригонов Э.М., Качаловская В.М., Ковачев В.В., Крапива Л.Я. Германоколусит $Cu_{26}V_2(Ge,As)_6S_{32}$ – новый минерал. // Вестник Московского Университета. 1992, сер. 4, геология, № 6, С. 50–54.
- Bernstein L.R. Renierite, $Cu_{10}ZnGe_2Fe_4S_{16}$ – $Cu_{11}GeAsFe_4S_{16}$ a coupled solid solution series. // Amer. Mineral., 1986, vol. 71, p. 210–221.
- Bernstein L.R., Reichel D.G., Merlino S. Renierite crystal structure from Rietveld analysis of powder neutron – diffraction data. // Amer. Mineral., 1989, vol. 74, p. 1177–1181.
- Viaene W., Morean J. Contribution a l'etude de la germanite, de la renierite et de la briartite. // Ann. De la Societe Geologique de Belgique. 1968, n. 91, p. 127–143.

УДК 553.43/451.498 + 553.662(575)

МИНЕРАЛОГИЯ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНО-ТЕЛЛУРИДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЙРАГАЧ (УЗБЕКИСТАН)

В.А.Коваленкер,

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, Москва, vak@igem.ru

О.Ю.Плотинская,

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, Москва, ploton@igem.ru

Р.И.Конеев

Национальный Университет Узбекистана им. Улугбека, Ташкент, Республика Узбекистан

Золоторудное месторождение Кайрагач расположено на северных склонах Кураминского хребта (Узбекистан), в 3.5 км к северо-востоку от известного золото-теллуридного месторождения Кочбулак. В соответствии с особенностями минералогии руд и гидротермальных изменений оно отнесено к высоко-сульфидизированному или кислотно-сульфатному типу эпитермальной минерализации, однако в отличие от типичных месторождений данного типа, имеющих отчетливую золото-медную специализацию, руды Кайрагача обладают характерным золото-олово-висмут-селен-теллуридным геохимическим профилем.

В статье, на основе авторских и литературных данных, суммированы краткие сведения о геологическом строении и рудах месторождения, последовательности минералообразования и основных минеральных ассоциациях, рассмотрены условия нахождения и особенности химического состава основных минералов золото-сульфидно-селенидно-теллуридной минерализации. Приведены данные о распространённости и вариациях состава самородных элементов (золото, теллур, олово), блеклых руд, висмутовых и сурьмяных сульфосолей, сульфостаннатов меди и железа, селенидов и теллуридов.

Показано, что уникальное разнообразие минерального состава рудной минерализации определяется многообразием форм нахождения и состояния — самородной, изоморфной, сульфидной, селенидной и теллуридной — содержащихся в них химических элементов.

В статье 6 таблиц, 5 рисунков, список литературы из 15 названий.

Эпитермальное золоторудное месторождение Кайрагач позднепалеозойского возраста расположено на северных отрогах Кураминского хребта (Восточный Узбекистан), в 3.5 км к северо-востоку от более широко известного золото-теллуридного месторождения Кочбулак (Коваленкер и др., 1997). По своему экономическому потенциалу месторождение Кайрагач не относится к разряду крупных — его потенциальные ресурсы оцениваются в 50 т золота и 150 т серебра (Islamov *et al.*, 1999), однако представляет значительный интерес для изучения закономерностей эпитермального рудогенеза, поскольку принадлежит к весьма редкому на территории бывшего СССР кислотно-сульфатному (acid-sulphate; Heald *et al.*, 1987) или высоко-сульфидизированному (high-sulfidation; White, Hedenquist, 1991) типу эпитермального оруденения и обладает уникальным разнообразием (сульфиды, сульфосоли, теллуриды, селениды, оксиды) слагающих руды минералов. Более того, в отличие от типичных месторождений высоко-сульфидизированного типа с золото-медной специализацией их минерализации (Саммитвилл в США, Эль-Индио в Чили, Нансатсу в Японии, Лепанто на Филиппинах, Челопеч в Болгарии), месторождение Кайрагач по своим минерало-

го-геохимическим особенностям характеризуется ярко выраженным золото-олово-висмут-селен-теллуридным геохимическим профилем оруденения.

Неординарность и сложность минерального состава руд явились причиной того, что уже на ранних этапах изучения месторождения Кайрагач первостепенное внимание уделялось детальным минералогическим исследованиям, которые привели к установлению здесь ряда редких минералов, в том числе новых минеральных видов (Бадалов, Спиридонов, 1983; Бадалов и др., 1984; Коваленкер, 1986; Коваленкер, Гейнке, 1984; Коваленкер и др., 1984; 1986; 1987; Спиридонов, Бадалов, 1983; Спиридонов и др., 1983). В то же время, обобщающие работы по минералогии руд Кайрагача до сих пор отсутствовали. В рамках предлагаемой статьи суммированы имеющиеся на сегодняшний день данные, в т.ч. полученные нами в последние годы, обобщающие условия нахождения, парагенезисы, вариации химического состава самородного золота и других самородных элементов, разнообразных сульфосолей, теллуридов и селенидов, слагающих уникальные руды Кайрагача. Представляется, что рассматриваемые здесь данные существенно уточняют и расширяют представления о минерало-геохимичес-

ких особенностях руд не только месторождения Кайрагач, но и эпitherмального оруденения в целом.

Краткие сведения о геологическом строении и рудах

Месторождение Кайрагач приурочено к вулканической кальдерной постройке герцинского возраста. Кальдера выполнена туфами, лавами и субвулканическими образованиями андезитового, андезит-дацитового и дацитового составов средне- и поздне-каменноугольного возраста. В центральной части кальдеры эффузивно-пирокластические отложения прорваны Кайрагачским штокообразным субвулканическим экстрезивным телом трахиандезитовых порфиритов грибообразной формы размером 1,2 × 3 км, которое, предположительно, представляет собой выполнение жерла древнего стратовулкана. В северной эндоконтактной части экстрезива располагаются рудоносные структуры северо-восточного простирания. Вулканогенно-осадочные породы прорываются также дайками диабазовых порфиритов и гранодиорит-порфиритов позднекаменноугольно-раннепермского возраста. На западе месторождение ограничено Караташским разломом сбросового типа, а на севере – Шаугазским (или Анренским) надвигом северо-восточного простирания (Коваленкер, Гейнке, 1984). В вулканических и субвулканических породах повсеместно проявлена слабая пропилитизация в кальцит-хлоритовой и альбит-хлорит-кальцитовой фациях.

Рудная минерализация на месторождении Кайрагач концентрируется в четырех зонах метасоматического окварцевания протяженностью 3–5 км: Диабазовой, Первой, Чукуркатанской и Бедренгетской. Промышленное оруденение обнаружено только в двух первых из них. Зоны представляют собой сложно построенные ветвящиеся пучки кварцевых, кварц-баритовых и баритовых жил, линзовидных, прожилковидных и брекчиевых тел, к которым приурочена гнездовая, вкрапленная и прожилково-вкрапленная рудная минерализация, также развиты интенсивное окварцевание, серицитизация и пиритизация вмещающих вулканитов и даек диабазовых порфиритов. Золото-сульфидно-селенидно-теллуридная минерализация проявлена, главным образом, в рудных телах зоны Диабазовая, которая, на настоящее время, изучена наиболее

детально и с которой связаны основные ресурсы благородных металлов месторождения Кайрагач. Она располагается в пределах северного контакта Кайрагачского субвулканического штока трахиандезитовых порфиритов.

По минеральному составу среди руд месторождения Кайрагач, локализованных в зоне Диабазовая, нами выделено два основных типа. Первый, *золото-кварцевый тип* представлен существенно кварцевыми рудами, количество сульфидов (преимущественно пирита) в которых обычно не превышает 3–5 об.%. Они пространственно ассоциируют с зонами монокварцитов, характеризуются массивной текстурой и относительно низкими концентрациями полезных компонентов. Кварц здесь криптозернистый до кремневидного и, как правило, обладает высокой кавернозностью и пористостью, пустотами выщелачивания и местами содержит реликты вмещающих вулканитов. Второй, комплексный *золото-сульфидно-селенидно-теллуридный тип* оруденения, представлен жильными и линзовидными телами, прожилково-вкрапленными и гнездовидными скоплениями кварцевого, кварц-баритового и баритового состава с сульфидами, сульфосолями, селенидами и теллуридами, которые неравномерно распределены в пределах рудной зоны как среди монокварцитов, так и среди березитоподобных образований. Руды данного типа играют важную роль в балансе запасов месторождения и характеризуются варьирующими концентрациями золота, серебра и других полезных компонентов, сложным и изменчивым минеральным составом.

Последовательность минералообразования и основные минеральные ассоциации

Формирование рудной минерализации зоны Диабазовая, как следует из результатов изучения текстурно-структурных особенностей руд, характеризовалось определенной последовательностью. Нами выделено четыре основных стадии, в течение которых формировались минеральные ассоциации руд и околорудных гидротермальных изменений (Плотинская, Коваленкер, 1998): стадия Предрудных метасоматитов, Ранняя продуктивная (или кварц-пиритовая), Основная продуктивная (или золото-блеклорудно-сульфосолюно-теллуридная) и Послепродуктивная (или кварц-карбонат-баритовая).

На стадии прерудных метасоматитов образовались породы типа вторичных кварцитов с пирофиллитом, диаспором, каолинитом и алунитом, а также березитоподобные кварц-карбонат-серицитовые с пиритом породы.

В составе минерализации Ранней продуктивной стадии основное значение имеют минералы золото-кварц-пиритовой ассоциации, представленные вкрапленностью сульфидов в сером метасоматическом кварце. Среди сульфидов преобладает пирит, иногда — халькопирит, реже встречаются сфалерит, галенит и блеклая руда ранней генерации. Самородное золото присутствует в виде ультрадисперсных включений в кварце и пирите.

В составе Основной продуктивной стадии получили развитие несколько минеральных ассоциаций, как правило, близких по времени образования и часто пространственно совмещенных. Наиболее ранней из них является золото-кварц-баритовая ассоциация, которая представлена скоплениями высокопробного самородного золота в кварц-баритовом агрегате и характеризуется практически одновременным отложением золота, кварца и барита. К числу ранних также отнесена ассоциация голдфилдита и фаматиниталюционита, которые встречаются на верхних горизонтах месторождения. Голдфилдит и фаматинит-люционит обычно образуют небольшие (до первых сотен мкм) выделения среди барита и кварца или присутствуют в виде реликтов в более поздних минералах. Для них характерна заметная (до 1–2 мас.%) примесь олова. Присутствие среди рудных минералов фаматинита, люционита и энаргита рассматривается в качестве диагностического признака высокосульфидизированной обстановки формирования минерализации (White, Hedenquist, 1991). Мы считаем, что и голдфилдит с полным основанием может быть отнесен к минералам-индикаторам оруденения данного типа.

К относительно более поздним минеральным ассоциациям относится ассоциация самородного золота с ранними теллуридами — главным образом алтаитом и калаверитом, а также сильванитом, фробергитом, колорадоитом, теллурантимоном и другими. Эта ассоциация проявлена практически во всем вертикальном интервале развития оруденения, кроме самого приповерхностного уровня. С золото-теллуридной ассоциацией часто пространственно совмещена

ассоциация самородного теллура. Этот минерал, для которого характерны высокие (до 10 мас.%) примеси селена, образует мелкие выделения в барите или кварце, иногда в сростаниях с халькопиритом. К теллуридным ассоциациям близка по времени образования и часто пространственно совмещена с ними ассоциация сульфостаннатов меди и железа, включающая моусонит, станноидит, кестерит, некрасовит, вольфонит, хемусит и ряд слабо изученных минералов с переменными соотношениями олова, меди и железа.

Ассоциация сульфовисмутитов представлена минералами, которые по составу близки к минералам висмутин-айкинитовой ряда, джуноитовой и павонитовой гомологических серий, а также ходрушитом. Эти минералы характеризуются широкими вариациями химического состава и повышенными содержаниями селена. Они образуют тесные сростания с висмутсодержащими блеклыми рудами. Относительно более поздними являются минералы висмута-сульфоселенидной ассоциации — самородный висмут, лайтакариит, тетрадимит и другие сульфоселениды, сульфотеллуриды и сульфоселенотеллуриды, а также халькопирит, которые возникли на месте селенистых сульфовисмутитов при их разложении в результате изменения физико-химических условий среды.

Наиболее широко распространена среди продуктов золото-блеклорудно-сульфосольно-теллуридной стадии ассоциация поздних блеклых руд, которые обычно находятся в сростаниях с халькопиритом, образуя относительно крупные (до нескольких мм) агрегаты. Обычно к блеклым рудам поздней генерации приурочены многочисленные включения самородного золота, висмутовых сульфосолей, сульфостаннатов, теллуридов и селенидов.

Одной из наиболее поздних среди минеральных образований Основной продуктивной стадии является ассоциация гессита, электрума и халькопирита. Мельчайшие выделения этих минералов обычно приурочены к бариту или кварцу.

Минерализация Послепродуктивной стадии представлена маломощными жилами и прожилками, секущими продукты отложения всех предыдущих стадий. Эти жилы и прожилки помимо кварца, карбонатов и барита в ряде случаев содержат переменные количества сульфидов, главным образом галенита и сфалерита, реже халькопирита, пирита и тетраэдрита.

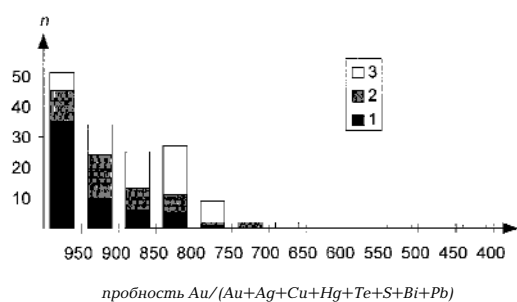


Рис. 1. Гистограмма распределения пробности самородного золота зоны Диабазовая из разновозрастных минеральных ассоциаций (1 – с кварцем и баритом, 2 – с ранними теллуридами и сульфовисмутитами, 3 – с гесситом, халькопиритом и тетраэдритом)

Условия нахождения и особенности химического состава основных минералов

Изучение химического состава минералов проведено с использованием рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) на приборах MS-46 (аналитики В.С.Малов, Н.В. Тронева), Camebax-Micro (С.М.Сандомирская) и SX-50 (А.И.Цепин) фирмы «Самеса». Анализы выполнены при следующих условиях: 1) MS-46 – ускоряющее напряжение 20 кВ, ток поглощенных электронов 15–25 нА (в зависимости от анализируемого минерала), диаметр зонда 1–2 мкм, аналитические линии: K_{α} – для S, Fe, Cu, Zn; K_{β} для As; L_{β} – для Ag, Sb, Te, Bi, Se; образцы сравнения – стехиометрические FeS_2 , $CuFeS_2$, NiAs, Ag_8Sn_6 , PbSe и металлические V, Zn, Sb, Ag, Te, Bi; 2) Camebax-Micro – ускоряющее напряжение 15 кВ, ток поглощенных электронов ~15 нА, диаметр зонда 1–2 мкм, аналитические линии: K_{α} для Cu, As, S, Se; L_{α} – для остальных элементов, образцы сравнения – синтетические PbTe, CdSe, $CuSbS_2$, GaAs, химически чистые Au, Ag, Bi; 3) SX-50 – ускоряющее напряжение 20 кВ, ток поглощенных электронов – 20 нА, диаметр зонда 1–2 мкм, аналитические линии: K_{α} для Cu, As, S, Se; L_{α} – для остальных элементов, образцы сравнения – синтетические PbTe, HgTe, FeS_2 , ZnS, GaAs, химически чистые металлы.

Самородное золото, теллур, висмут и олово

Морфология выделений самородного зо-

лота достаточно разнообразна. Встречаются ксеноморфные, удлинённые, комковатые, прожилковидные, округлые, овальные, амебообразные его выделения. При этом, более 70% выделений самородного золота имеют размер менее 20 мкм, а количество относительно крупных (более 100 мкм) золотин не превышает 10%.

В сульфидах обычно отмечаются единичные включения самородного золота, в то время как в жильных минералах – их скопления, часто приуроченные к границам барита и кварца. К этим же участкам руд, как правило, приурочены повышенные количества минералов продуктивных ассоциаций – теллуридов, селенидов, сульфовисмутитов.

Характерной чертой самородного золота руд зоны Диабазовая является его чрезвычайно высокая пробность $Au/(Au + Ag + Cu + Hg)$, которая в более чем 50% изученных его выделений варьирует в пределах от 992 до 900‰, и в не менее чем 85% золотин – превышает 800‰ (табл. 1, рис. 1).

Наиболее высокопробное золото приурочено к кварцу (пробность 937–965‰ на верхних горизонтах и 974–995‰ на нижних) и бариту (соответственно 795–946‰ и 880–989‰). Пробность самородного золота, ассоциирующего с ранними теллуридами – алтаитом, калаверитом и другими, возрастает с глубиной от 806–944 до 971‰. С гесситом, одним из поздних теллуридов, на верхних горизонтах ассоциируют электрум и относительно низкопробное золото (пробность от 670 до 850‰), на нижних – более высокопробное (950–960‰). Более позднее самородное золото, которое находится в сростаниях с минералами висмутин-айкинитонового ряда и теллуридами висмута, имеет пробность 838–943‰. Широкими вариациями пробности (790–956‰) обладает самородное золото, приуроченное к тетраэдриту и халькопириту. При этом, относительно мелкие выделения самородного золота, как правило, характеризуются низкой пробностью, тогда как более крупные часто имеют зональное строение: центральная часть представлена высокопробным золотом, а кайма – низкопробным и перепады содержания Au достигают 27 мас.%. Наиболее высокие содержания серебра зафиксированы в выделениях электрума (пробность от 401 до 834‰), образующего прожилки в блеклой руде. Этот электрум, в отличие от самородного золота из других минеральных ассоциаций, также содержит высокие концентрации ртути (в основном 1–5, в еди-

Таблица 1. Пределы вариаций химического состава самородного золота месторождения Кайрагач (мас.%)

Ассоциирующие минералы	n*	Au	Ag	Cu	Bi	Te	Hg
Кварц	38	79,38-	0,12-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-
		99,41	17,77	0,21	1,46	0,62	0,30
Барит	11	79,19-	0,99-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-
		97,25	20,23	0,78	0,87	0,07	0,17
Ранние теллуриды (калаверит, алтаит, фробергит, петцит и др.)	19	84,64-	0,39-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-
		97,01	18,42	1,15	1,55	2,70	0,30
Поздние теллуриды (гессит) и халькопирит	12	67,11-	4,96-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-
		94,05	29,26	1,87	0,61	1,11	0,09
Сульфовисмутиты, реже сульфотеллуриды Bi	18	71,78-	0,53-	0,0-	0,00-	0,00-	0,00-
		97,98	27,14	0,49	2,02	0,24	0,20
Блеклые руды, сульфо-станныты, халькопирит	28	79,01-	2,86-	0,26-	0,0-	0,0-	0,0-
		95,56	22,05	2,52	1,11	0,19	1,28
Прожилки электрума в блеклой руде	7	40,02-	14,42-	0,69-	—	—	0,00
		83,44	46,58	2,35	—	—	11,26

Примечание. *) n – количество определений. Прочерк – элемент не определялся.

ничных случаях – до 10 – 11 мас.%).

Помимо золота в рассматриваемых рудах установлены и другие самородные элементы – теллур, висмут и олово. Самородный теллур образует мелкие изолированные зерна среди барита или кварца, иногда нарастает на выделения более ранних теллуридов, а в ряде случаев отмечено обрастание самородного теллура халькопиритом. Для самородного теллура, образующего мелкие выделения в барите, характерны высокие примеси селена (до 10.25 мас.%). Самородный висмут представлен мелкими выделениями в ассоциации с сульфосолями висмута, висмутсодержащими блеклыми рудами, сульфостаннатами и халькопиритом. В его составе установлены небольшие примеси серы, меди, железа и серебра. Мельчайшие выделения самородного олова, по данным А.С.Бадалова с соавторами (1984), образуют тесные сростания с ванадийсодержащим касситеритом и сульфостаннатами меди и железа.

Блеклые руды

На месторождении Кайрагач блеклые руды принадлежат к числу широко распространенных минералов. По относительному времени образования выделены четыре основные их генерации, которые существенно различаются своим составом (табл. 2, рис. 2, 3). Ранняя генерация представлена, в основном, теннантитом и мышьяковистыми разновидностями минералов теннантит-тетраэдритового ряда. Они встречаются достаточно редко в виде мелких выделений, образующих сростания с пиритом, принадлежащим ранней кварц-пиритовой стадии. Относительно большим распространением пользуются блеклые руды второй генерации, кото-

рые представлены минералами голдфилдит-теннантит-тетраэдритового ряда. Они встречаются преимущественно на верхних горизонтах месторождения, тесно ассоциируя с калаверитом, алтаитом, колорадоитом, фробергитом, теллурантимонном, самородным теллуром, а также фаматинитом-люционитом. Содержания теллура в этих блеклых рудах достигают 17 мас.% (с глубиной уменьшаются до 2 – 8 мас.%), в некоторых выделениях отмечены высокие концентрации серебра (до 11 мас.%) и селена (0.2 – 1.1 мас.%). Для изученных минералов голд-

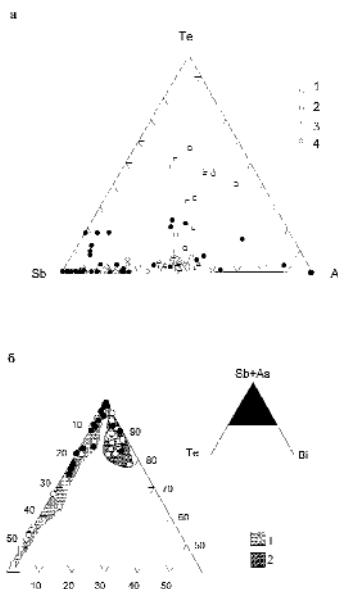


Рис. 2. Диаграммы химических составов минералов группы блеклых руд месторождения Кайрагач. а – общие вариации полуметаллов в разновозрастных (1–4) генерациях блеклых руд (в ат. %), б – химический состав Bi- и Te-содержащих блеклых руд второй (1) и третьей (2) генераций. Незалитые значки – верхние горизонты (+1340, +1300 и +1220 м), залитые значки – нижние горизонты (+1100 и +1000 м)

Таблица 2. Пределы вариаций содержаний элементов в составе разновозрастных генераций минералов группы блеклых руд месторождения Кайрагач

	Генерации блеклой руды							
	1 (n=5)*		2 (n=23)		3 (n=33)		4 (n=48)	
	а	б	а	б	а	б	а	б
Cu	42,65-40,42	10,28-9,40	44,32-34,27	11,29-9,35	41,55-36,67	10,56-9,50	42,63-30,99	10,96-8,62
Ag	0,78-0,01	0,11-0,00	11,18-0,00	1,80-0,00	0,60-0,00	0,09-0,00	9,53-0,00	1,56-0,00
Fe	5,68-3,16	1,57-0,85	7,11-0,15	2,00-0,04	6,84-1,20	2,04-0,35	5,89-0,04	1,67-0,01
Zn	6,10-2,89	1,39-0,64	4,29-0,03	1,04-0,01	6,28-0,08	1,59-0,02	7,58-0,41	1,90-0,10
Te	1,78-0,00	0,22-0,00	17,16-2,45	2,27-0,30	2,26-0,00	0,28-0,00	4,89-0,00	0,61-0,00
Sb	13,25-0,06	1,68-0,01	22,56-2,94	2,98-0,40	30,58-12,50	4,19-1,62	29,98-10,54	4,17-1,32
As	19,45-9,56	3,87-1,97	12,86-7,71	2,68-0,00	9,95-0,19	2,06-0,04	12,94-0,29	2,64-0,00
Bi	0,45-0,00	0,03-0,00	5,08-0,00	0,40-0,00	9,54-0,55	0,77-0,04	3,34-0,00	0,26-0,00
S	29,31-26,87	13,50-12,92	28,19-22,92	14,17-12,10	26,90-23,42	13,21-12,19	28,17-22,25	14,08-12,00
Se	0,41-0,00	0,08-0,00	1,28-0,03	0,27-0,00	0,59-0,00	0,12-0,00	0,58-0,00	0,12-0,00

Примечание: n – количество определений, а – мас. %, б – формульные коэффициенты при расчете на 29 атомов в формуле.

Таблица 3. Химический состав висмутовых сульфоселей (мас.%)

№ п/п	№ обр.	Bi	Pb	Sb	As	S	Cu	Ag	Se	Сумма	+/- (%)*
1	27/85	62,49	12,32	0,33	0,00	17,56	3,66	0,00	1,12	97,50	-3,34
2	8/83	36,66	35,12	0,00	0,00	14,92	10,32	0,06	2,78	99,86	2,47
3	8/83	35,68	35,23	0,00	0,30	15,06	10,43	0,04	2,21	98,97	3,14
4	1050/82б	34,28	36,34	0,33	0,05	16,02	9,52	2,66	0,00	99,33	3,00
5	65/82	57,77	0,02	0,14	0,15	16,84	19,92	0,00	4,83	99,67	1,93
6	65/82	58,17	0,00	1,54	1,49	17,69	18,96	0,08	4,07	102,00	-1,89
7	65/82	58,80	0,00	0,22	0,16	17,52	18,97	0,08	2,78	98,53	0,87
8	42/85	55,31	19,68	0,09	0,00	16,20	4,36	0,08	3,12	98,87	3,38
9	147/81а	64,45	0,41	0,07	0,41	17,16	12,82	0,74	3,47	99,53	-1,17
10	8/83а	54,82	12,01	0,11	0,00	15,42	7,94	3,83	4,07	98,20	-0,25
11	8/83а	55,21	11,56	0,00	0,84	15,58	8,28	3,74	5,06	100,27	-0,09
12	8/83а	56,51	11,27	0,00	0,00	15,65	9,38	1,83	4,11	98,75	-0,46
13	8/83а	66,78	1,93	0,37	0,62	15,69	4,92	4,45	4,49	99,25	-3,54

Примечание. * – баланс валентностей; 1–4 – висмутин-айкинито́вая серия, 5–7 – эмлектит, 8 – джуноит, 9 – ходрунит, 10–12 – купропавонит, 13 – маковички́т ? («Cu-бенжаминит»).

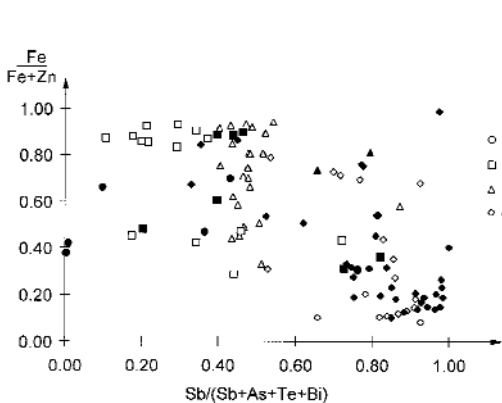


РИС. 3. Вариации составов разновозрастных генераций блеклых руд месторождения Кайрагач. Условные обозначения те же, что на РИС. 2а

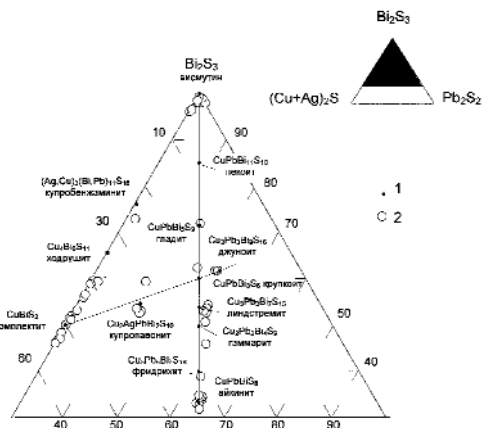


РИС. 4. Диаграмма вариаций химического состава висмутовых сульфоселей (ат. %). 1 – теоретические составы, 2 – минералы месторождения Кайрагач

филлит-теннантит-тетраэдритового ряда, обладающих высокими содержаниями теллура, характерны преобладание одновалентных металлов над двухвалентными относительно стехиометрии, а среди последних — железа над цинком (рис. 3). При этом мышьяк и сурьма присутствуют примерно в эквивалентных количествах (рис. 2). Важно отметить, что в составе теллуристых разностей блеклых руд теллур имеет положительный заряд $4+$, т.е. находится в окисленном состоянии и, в отличие от теллуридов, принадлежит катионной части. Блеклые руды третьей генерации тесно ассоциируют с сульфосолями висмута, а также с высокопробным самородным золотом, самородным висмутом и селенидами, и представлены минералами ряда теннантит-тетраэдрит-аннивит (рис. 2). Они характеризуются высокими (до 9 мас.%) содержаниями висмута (с глубиной его содержание снижается до 2–5 мас.%), повышенными (1–3 мас.%) — теллура, и низкими (<1 мас.%) — серебра (табл. 2). Мышьяк и сурьма в них также содержатся примерно в равных количествах, а железо превалирует над цинком (рис. 2, 3). Как правило, блеклые руды второй и третьей генераций встречаются в виде реликтовых выделений среди других минералов, в т.ч. блеклых рудах четвертой генерации. Последние отмечаются преимущественно в центральных частях рудных тел в виде достаточно крупных, до нескольких мм, скоплений, часто в сростаниях с халькопиритом, сульфостаннатами, халькостибитом и, иногда, бурнонитом. Нередко к блеклым рудам этой генерации приурочены выделения относительно низкопробного самородного золота и некоторых теллуридов. По составу поздняя генерация блеклых руд характеризуется господством тетраэдритового минала, преобладанием цинка над железом и низкими (<1 мас.%) концентрациями серебра и селена (обычно на уровне первых десятых долей мас.%) (табл. 2, фиг. 2, 3). Однако в тетраэдритах, ассоциирующих с бурнонитом и халькостибитом на глубоких горизонтах, содержания серебра достигают 10 мас.%.

Висмутовые и сурьмяные сульфосоли

Висмутовые сульфосоли принадлежат к числу распространенных минералов руд зоны Диабазовая. Среди встречающихся здесь разнообразных сульфовисмутитов по составу (табл. 3, рис.4) могут быть выделены

эмплектит, ходрушит, джуноит и несколько минералов, отнесенных к висмутин-айкинитовому ряду. Здесь также установлено несколько природных фаз системы Ag-Cu-Pb-Bi-S-Se, которые по составу, вероятно, могут быть отнесены к павонитовой серии. Вследствие того, что минералы айкинит-висмутинового ряда и павонитовой серии обычно образуют тесные сростания друг с другом и другими рудными и жильными минералами, оказалось невозможным выделение чистого материала для их рентгенофазового изучения. Поэтому их диагностика осуществлялась главным образом на основании близости состава изученных фаз к составу известных минералов (табл. 3, рис.4), вследствие чего идентификация рассматриваемых здесь сульфовисмутитов является в достаточной мере условной. Обычно сульфовисмутиты характеризуются высокими (до 5 мас.%) содержаниями селена и часто находятся в тесных сростаниях с самородным золотом или содержат мельчайшие (первые мкм) его включения, а также ассоциируют с самородным висмутом, тетрадимитом, алтаитом и другими минералами продуктивных ассоциаций. Основная масса сульфовисмутитов образовалась после высокотеллуристых блеклых руд, вместе с сульфостаннатами, но до сульфоселено-теллуридов (Плотинская, Коваленкер, 1998).

Висмутин-айкинитовая серия (Bi_2S_3 – $PbCuBiS_3$). Состав изученных сульфовисмутитов группируется вблизи фигуративных точек теоретических составов минералов данной серии — висмутина, айкинита, гладита, линдстрёмита, крупкаита, хаммарита и фридрихита (рис.4). Для всех них характерны высокие содержания селена (до 2 мас.%) и заметные примеси мышьяка — до 2–2.5 мас.% в висмутине и линдстрёмите, до 1 мас.% — в айкините. Существенные примеси сурьмы установлены только в висмутине: до 1.5% Sb на верхних горизонтах и до 2–8 мас.% Sb — на нижних. На глубоких уровнях рудной зоны Диабазовая также установлены сульфосоли, имеющая промежуточный состав (Bi-66.50; 66.17; Sb-14.07.11.55; S-19.94;16.42; Se-0.00;7.40 мас.%) между висмутином (Bi_2S_3) и хоробетсуитом ($\sim BiSbS_3$) и близкий по составу к линдстрёмиту минерал ($Cu_3Pb_3Bi_7S_{13}$), который тесно ассоциирует с самородным золотом и тетрадимитом. Он образует пластинчатые выделения в барите и на границе кварца и барита. В периферических зонах рудных тел из сульфовисмутитов развит главным образом айкинит, который здесь тесно сростается с галенитом и прак-

Таблица 4. Химический состав теллуридов золота и серебра (мас. %)

№ п/п	№ обр.	Te	Ag	Au	Cu	Se	Sb	S	Hg	Pb	Bi	Сумма
1	42/85	58,68	0,34	39,75	0,09	0,06	0,44	0,00	0,00	0,41	0,00	99,72
2	232-9	55,86	0,09	42,96	0,00	0,05	0,40	0,00	0,00	0,00	0,32	99,68
3	232-9	56,38	0,02	42,83	0,01	0,16	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	99,77
4	Кай-32	55,95	0,13	42,31	0,02	0,14	0,07	0,00	0,00	0,04	0,00	98,66
5	Кай-38	55,72	0,43	42,24	0,54	0,10	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	99,54
6	Кай-32	56,11	0,00	42,22	0,09	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	98,74
7	Кай-32	56,21	0,62	41,65	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,90
8	Кай-32	54,80	0,24	41,60	0,02	0,34	0,37	0,00	0,00	0,00	1,27	98,64
9	Кай-32	54,63	0,67	41,60	0,89	0,19	3,00	0,20	0,00	0,00	0,00	101,18
10	Кай-32	55,14	0,15	41,26	0,06	0,32	1,64	0,13	0,00	0,03	1,15	99,88
11	232-9	57,08	0,00	39,94	0,00	0,09	0,51	0,00	0,00	0,10	1,58	99,30
12	147/81	56,28	0,95	41,62	0,20	0,10	—	0,01	0,39	—	—	99,55
13	147/81	56,62	0,39	42,14	0,07	0,87	—	0,04	0,49	—	—	100,62
14	Кай-32	63,25	7,31	24,27	3,15	0,00	0,00	0,00	0,38	0,21	0,12	98,69
15	147/81	62,46	12,39	23,89	0,51	0,64	—	0,03	0,24	—	—	100,16
16	147/81	62,03	11,76	23,62	0,86	0,57	—	0,02	0,33	—	—	99,19
17	147/81	62,03	11,79	23,62	0,86	0,57	0,01	0,02	0,33	—	0,17	99,40
18	64/84	36,87	61,86	1,42	0,02	0,07	0,05	0,23	—	0,32	0,12	100,96
19	66/84	36,32	60,88	1,16	0,27	0,07	—	0,18	—	—	—	98,88
20	1050/82Б	36,08	64,42	—	—	—	0,25	0,24	—	—	—	100,99
21	59/86	37,75	61,83	—	—	—	—	—	—	—	—	99,58
22	59/86	38,81	62,82	—	—	—	—	—	—	—	—	101,63
23	64/84	36,87	61,86	1,42	0,02	0,07	0,05	0,23	—	0,32	0,12	100,96
24	66/84	36,32	60,88	1,16	0,27	0,07	—	0,18	—	—	—	98,88
25	48/85	39,20	60,26	—	—	—	—	—	—	—	—	99,46
26	64а/84	39,06	60,63	0,17	0,58	0,20	0,38	0,22	—	—	—	101,24
27	27/85	36,82	61,55	0,24	0,08	0,04	0,24	0,10	0,00	0,26	0,14	99,47
28	147/81	41,01	57,39	—	—	0,06	—	0,03	0,71	—	—	99,20
29	64а/84	46,69	17,46	—	—	—	2,21	—	—	—	33,52	100,14

Примечание. анализы 1–13 – калаверит, 14–17 – сальванит, 18–27 – гессит, 28 – штютцит, 29 – вольтскит.
Прочерк – элемент не определялся

тически не содержит примеси селена.

Джуноитовая серия ($Pb_3Cu_2Bi_8(S,Se)_{16}-CuBiS_2$). Среди минералов этой серии преобладает селенистый эмплектит ($CuBiS_2$), который ассоциирует с блеклыми рудами третьей генерации. Он образует крупные агрегаты, нарастающие на блеклые руды, а также сростания с сульфостаннатами меди. Для эмплектита характерны примеси сурьмы, мышьяка и высокие содержания селена (табл. 3). На глубоких горизонтах, также как в рассмотренном выше примере с минералами висмутин-айкинитового ряда, в составе эмплектита встречаются сурьмянистые (до 8 мас.% Sb) разновидности, для которых также характерны высокие содержания селена (3–4 мас.%). В частности, в составе одного из таких минералов на микрозонде определены (мас.%): Cu-22.67, Bi-26.78, Sb-25.27, S-22.36 и Se-0.79. Его идеализированная формула может быть представлена как $Cu_5Sb_3Bi_2(S,Se)_{10}$ или как $Cu(Sb_{0,6}Bi_{0,4})(S,Se)_2$, если считать этот минерал висмутистым халькоститом. В джуноите ($Pb_3Cu_2Bi_8(S,Se)_{16}$), который отмечается в рудах Кайрагача значительно реже, чем эмплектит, также установлены высокие (до 3 мас.%) содержания селена (табл. 3).

Группа павонита. К минералам этой группы, которые обнаружены в рудах мес-

торождения Кайрагач, может быть отнесен минерал, близкий по составу к купропавониту ($AgPbCu_2Bi_5S_{10}$) (табл. 3, рис.4). Этот минерал ассоциирует с ходрушитом и другими висмутовыми сульфосолями. Он образует весьма мелкие (50–60 мкм) округлые и овальные выделения в висмут-теллур-содержащих блеклых рудах. Здесь также нами встречены редкие мелкие (не более 30 мкм) выделения минерала, который при общей близости его состава к бенжаминиту характеризовался преобладанием меди над серебром. Ранее этот минерал условно именовался нами «Cu-бенжаминитом». В то же время, на композиционной диаграмме (рис.4) его состав располагается в непосредственной близости от фигуративной точки состава маковицкита (Zak *et al.*, 1994). Однако, в настоящее время, без проведения дополнительных исследований точная идентификация рассматриваемой сульфосоли невозможна. Для минералов этой группы, как и для других сульфовисмутитов, развитых в рудах Кайрагача, характерны высокие (4–5 мас.%) концентрации селена.

Ходрушит ($Cu_4Bi_6S_{11}$) по своему составу и кристаллохимическим особенностям близко примыкает к рассмотренным выше минералам павонитовой серии. Он образует агрегаты игольчатых и пластинчатых зерен в

кварце и барите или среди блеклых руд поздней генерации, часто находится в сростаниях с айкинитом. Ходрушит из Кайрагача характеризуется высокими концентрациями селена (до 3,47 мас.%), серебра (0,51 – 2,18 мас.%) а также свинца и мышьяка (до 1,44 и 1,31 мас.% соответственно) (табл. 3).

Сульфоантимониты, представленные главным образом бурнонитом и халькостибитом, встречаются в рудах Кайрагача значительно реже сульфовисмутитов, в основном, в периферических участках рудных столбов. Здесь они тесно ассоциируют с поздней генерацией блеклой руды, галенитом и халькопиритом. Химический состав изученных халькостибитов и бурнонитов близок к стехиометрии этих минералов.

Теллуриды и селениды

В рудах зоны Диабазовая селениды и теллуриды пользуются широким распространением, хотя и не образуют крупных скоплений. Они включают большую группу бинарных, тройных и более сложных соединений, в том числе редких и, вероятно, новых (табл. 4), которые могут быть описаны в рамках систем Au-Ag-Te, Ag-Pb-Bi-Sb-Te, Bi-Te-S-Se. Теллуриды встречаются, главным образом, в виде мелких (30 – 300 мкм) изолированных включений или агрегатов в барите, на границе барита и кварца, реже – среди скоплений блеклой руды, а на глубоких горизонтах – обычно в кварце.

Установленные здесь *минералы системы Au-Ag-Te* включают калаверит, сильванит, петцит, гессит, штютцит, самородные теллур и золото. Как правило, эти минералы образуют тесные сростания друг с другом среди жильных и рудных минералов, реже встречаются в виде изолированных выделений в барите, кварце и сульфидах. Особенности их реального состава приведены в табл. 4 и показаны на тройной композиционной диаграмме (рис.5).

Калаверит. На верхних горизонтах калаверит ассоциирует преимущественно с высокопробным самородным золотом и петцитом, на нижних – главным образом с телуроантимоном, фробергитом, иногда – с самородным теллуrom и сильванитом. Минерал характеризуется стехиометрическими соотношениями основных компонентов (табл. 4, рис.5). При этом в его состав входят заметные количества серебра, концентрации которого увеличиваются с глубиной и на

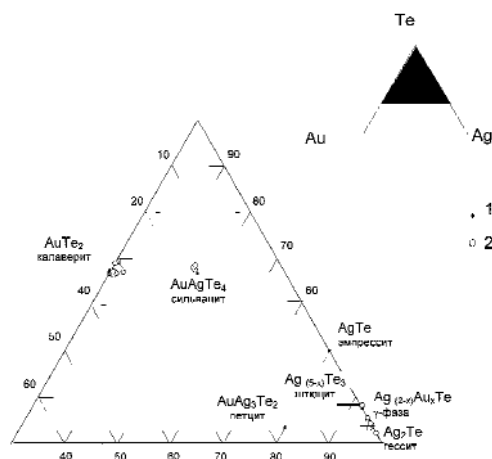


Рис. 5. Диаграмма вариаций химического состава теллуридов золота и серебра (ат. %). 1 – теоретические составы, 2 – минералы месторождения Кайрагач

нижних уровнях рудных тел обычно достигает 1.7 – 1.8 мас.%. В составе минерала практически постоянно отмечаются небольшие примеси селена (до 0.34 мас.%), на нижних горизонтах – также меди (до 0.5 – 0.9 мас.%) и сурьмы (до 1.6 – 3.0 мас.%). Весьма примечательно, что именно на нижних горизонтах среди минералов золотопродуктивных ассоциаций наряду с калаверитом обнаружено несколько ранее не встречавшихся в природных условиях *минеральных фаз Au-Sb-Te состава* с переменными количествами компонентов. В одной из них, по данным анализа на микрозонде, содержится (в мас.%): Au-79.47, Ag-0.17, Te-10.61 и Sb-9.05, что соответствует идеализированной формуле Au₅SbTe. В другой обнаруженной здесь золото-сурьмяно-теллуровой фазе установлен тот же набор элементов, но находящихся в других соотношениях (в мас.%): Au-44.37, Te-26.38, Sb-28.04 и Se-0.41. Этот анализ хорошо пересчитывается на идеализированную формулу AuSbTe. Еще одна найденная изученная минеральная фаза кроме золота, сурьмы и теллура содержит также висмут (в мас.%): Au-31.58, Sb-8.87, Bi-5.81 и Te-54.23. Расчетная формула этой сложной по составу минеральной фазы близка к стехиометрии Au₃Sb₂Bi₂Te₁₃. Возможно, что этот минерал принадлежит к группе нагиагита-букхорнита, однако в настоящее время вопрос остается открытым, поскольку дальнейшие исследования невозможны в связи с очень мелкими (<20 мкм) размерами его выделения. **Сильванит** встречается в основном в рудах глубоких горизонтов и по распространенности существенно уступает калавериту. В его составе постоянно отмечается не-

большая (до 0.4 мас.%) примесь меди. Состав одного из находящихся в барите выделений сильванита ($\text{Au}-24.27$, $\text{Ag}-7.31$, $\text{Cu}-3.15$ и $\text{Te}-63.26$ мас.%), отвечает идеализированной формуле $\text{Au}(\text{Ag}_{0.6}\text{Cu}_{0.4})\text{Te}_4$, т.е. этот минерал занимает промежуточное положение в изоморфном ряду сильванит AuAgTe_4 — костовит AuCuTe_4 .

Минералы системы *Pb-Te-Se-S* представлены в рудах зоны Диабазовая алтаитом, клаусталитом и промежуточными членами галенит-клаусталитового ряда. Наиболее распространенным из них является алтаит, который принадлежит к ранним ассоциациям Основной продуктивной стадии. Клаусталит и минералы галенит-клаусталитового ряда ассоциируют с фмагнитом-люцитом, голдфилдитом, халькопиритом и сульфостаннатами. Химический состав изученных минералов этой системы представлен в табл. 5. Из особенностей следует отметить наличие заметных примесей Ag, Cu, Fe и Sb, иногда — Au в алтаите, в то время как для состава минералов галенит-клаусталитового ряда характерны варьирующие концентрации селена и серы, а также небольшие количества висмута (табл. 5). К числу минералов ранней ассоциации отнесен и *висмутистый теллурантимон*. В его составе на микрозонде определены (мас.%): Bi-22.04; Sb-21.38; Te-55.82 и S-0.62.

Относительно более поздними среди теллуридов Кайрагача являются *гессит*, *тетрагимит*, *вольнский* и *раклиджит*, которые ассоциируют с низкопробным золотом, сульфоселенотеллуридами и селенидами висмута. Среди последних отметим такие редкие минералы, как кавачулит $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$, лайтакариит $\text{Bi}_4(\text{Se,S})_3$, нескит $\text{Bi}(\text{Se,S})$, селенистый сульфозумоит $\text{Bi}_3\text{Te}_2(\text{S,Se})$, фазы $\text{Bi}_2(\text{Te,Se,S})_3$ и $\text{Bi}_3(\text{Se,S})_2$. Все эти минералы, химический состав которых представлен в табл. 6, встречаются в составе золотопродуктивных ассоциаций исключительно в пределах рудных столбов и, главным образом, на верхних уровнях месторождения. Хотя на глубоких горизонтах собственно селениды не получили широкого развития (там установлен лишь селенотеллурид висмута кавачулит), некоторые висмутовые сульфосоли, такие как хоробетсуитоподобный минерал и сурьмянистый эмплектит, наряду с заметными количествами сурьмы, содержат значительные (от 2.89 до 10.14 мас.%) концентрации Se. Повышенные концентрации селена характерны и для сульфозумоита (Bi-68.89, Sb-0.69, Te-24.06, S-3.27, Se-3.09 мас.%), впервые установ-

ленного в рудах Кайрагача.

Сульфостаннаты являются одной из типоморфных для богатых и бонанцевых руд Кайрагача групп минералов. Они включают моусонит, станноидит, станнин, кестерит, некрасовит, вольфонит, хемусит, а также несколько пока не названных сульфосолей олова, меди и железа, характеризующихся переменными соотношениями этих элементов (Коваленкер, Гейнке, 1984; Коваленкер и др., 1986). В эту группу нами включены также оловосодержащие колусит и стибколусит, связанные непрерывными взаимопереходами с изоструктурным некрасовитом (Коваленкер и др., 1984). Сульфостаннаты не образуют крупных скоплений в рудах Кайрагача и обычно представлены мелкими (до 50 — 100 мкм), но многочисленными, округлыми либо ксеноморфными выделениями, чаще всего приуроченными к блеклой руде, халькопириту, бариту или кварцу. Встречаются эти минералы, как правило, в тесных сростаниях друг с другом, а также халькопиритом, самородным золотом, селенистым эмплектитом и другими сульфовисмутитами. Нередко к агрегатам сульфостаннатов приурочены скопления и отдельные зерна ванадийсодержащего (до 1 мас.% V) касситерита, а также самородного олова (Бадалов и др., 1984). Особенности химизма и парагенезисы сульфостаннатов в рудах Кайрагача были подробно рассмотрены в специальных публикациях (Коваленкер, Гейнке, 1984; Коваленкер и др. 1984; 1986; Спиридонов и др., 1983), поэтому здесь лишь отметим, что состав минералов этой группы характеризуется постоянными примесями сурьмы, мышьяка и, в меньшей степени, селена — типоморфных элементов руд Кайрагача.

Основные выводы

В отличие от типичных эпитермальных месторождений высоко-сульфидизированного типа, характеризующихся золото-медной специализацией оруденения, руды месторождения Кайрагач являются комплексными, поликомпонентными и обладают ярко выраженным золото-висмут-олово-селен-теллутовым геохимическим профилем.

Сложность и своеобразие минералогии руд Кайрагача обусловлены множественностью форм нахождения и состояния — самородной, изоморфной, сульфидной, селенидной и теллуридной — содержащихся в них химических элементов.

Таблица 5. Химический состав минералов системы Pb-Te-Se-S (мас.%)

№ п/п	№ обр.	Pb	S	Se	Te	Sb	Fe	Cu	Ag	Au	Hg	Bi	Сумма
1	1020/86	59,41	0,00	0,03	38,25	0,24	0,36	0,66	2,40	0,00	0,00	0,00	101,35
2	130/87	61,67	0,00	0,22	36,34	0,29	0,58	0,78	0,17	0,18	0,00	0,00	100,23
3	130/87	60,79	0,03	0,30	36,86	0,30	0,70	0,66	0,15	0,60	0,00	0,00	100,39
4	1020/86	59,86	0,05	0,11	38,10	0,35	0,07	0,02	0,12	0,53	0,26	0,00	99,47
5	435/82	58,86	1,01	0,16	35,98	0,83	0,03	1,94	0,07	0,48	0,00	0,00	99,36
6	Кай-38	60,82	0,00	0,12	37,85	0,00	0,02	0,40	0,12	0,10	0,07	0,00	99,50
7	Кай-38	60,47	0,00	0,25	38,06	0,04	0,07	0,19	0,01	0,60	0,29	0,00	99,98
8	558/87	76,7	10,29	8,17	—	0,41	0,43	3,92	0,08	—	—	—	100,00
9	558/87	77,94	11,55	4,47	—	0,32	0,47	3,33	—	—	—	0,23	98,31
10	558/87	74,54	9,34	9,69	—	0,51	0,55	3,28	—	—	—	—	97,91
11	121/87	69,63	3,63	23,39	—	—	1,45	2,31	—	—	—	0,26	100,67
12	121/87	70,01	2,42	24,85	—	—	1,59	3,3	0,07	—	—	—	102,24
13	121/87	72,32	4,06	20,21	—	—	0,53	—	0,02	—	—	0,26	97,40

Примечание: анализы 1–7 – алтаит, 8–10 – галеноклаусталит, 11–13 – клаусталит. Прочерк – элемент не определялся

Таблица 6. Химический состав минералов системы Bi-Pb-Te-Se-S (мас.%)

№ п/п	№ обр.	Bi	Pb	Sb	As	Cu	Ag	S	Se	Te	Au	Hg	Fe	Сумма
1	147/81	80,19	0,26	0,10	1,17	0,34	0,15	2,44	17,00	—	—	—	0,10	101,75
2	147/81	82,88	0,25	0,18	1,55	0,58	—	3,90	13,10	—	—	—	—	102,44
3	147/81	77,50	0,60	0,03	0,66	0,71	0,04	1,33	18,10	0,07	—	0,11	—	99,15
4	147/81	78,75	—	—	0,28	0,44	0,09	1,86	16,01	0,39	0,18	0,38	0,12	98,50
5	231/81	78,00	0,07	0,11	1,15	0,75	0,04	3,49	15,80	—	—	—	0,06	99,47
6	*	76,61	0,69	0,39	—	0,50	—	5,36	15,98	0,00	—	—	—	99,53
7	*	78,67	0,00	0,00	—	0,84	—	5,89	15,33	0,00	—	—	—	100,73
8	1031/86	66,15	6,48	—	—	3,80	3,80	13,90	6,24	0,61	—	—	—	100,98
9	1031/86	64,96	6,46	—	—	3,85	3,72	14,37	5,82	0,37	—	—	—	99,55
10	8/83	66,78	1,93	0,37	0,62	4,92	4,45	15,69	4,49	0,22	—	0,06	—	99,53
11	147/81	75,49	1,67	0,21	0,14	3,20	0,02	1,31	17,72	0,36	—	0,06	—	100,18
12	1020/86	56,28	0,12	0,25	0,00	0,00	0,45	4,36	0,13	37,04	0,19	0,00	0,01	98,83
13	1020/86	56,47	0,02	0,25	0,00	0,04	0,24	4,37	0,74	36,31	0,57	0,00	0,08	99,09
14	1020/86	55,74	0,00	0,26	0,00	0,00	0,07	4,46	1,03	36,44	0,25	0,00	0,48	98,73
15	42/85	54,59	0,07	0,56	0,32	0,03	—	3,69	0,99	34,44	—	—	—	94,69
16	232-9	56,02	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	4,11	1,15	36,91	0,37	0,00	0,04	99,33
17	232-9	56,78	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00	3,96	1,24	36,94	0,00	0,00	0,00	99,97
18	Кай-38	56,27	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	4,30	1,84	35,38	0,81	0,23	0,02	98,92
19	27/85	50,74	3,50	0,26	0,00	1,01	0,63	4,31	2,69	34,55	0,00	0,00	0,76	98,45
20	*	73,64	2,04	0,61	—	—	—	0,91	5,79	18,16	—	—	—	101,15
21	147/81	55,92	—	0,44	—	1,39	0,29	1,75	9,12	30,58	0,37	0,71	—	100,57
22	Кай-38	57,07	0,00	0,03	0,00	1,10	0,00	2,52	9,51	29,69	0,00	0,33	0,00	100,25
23	8/83	52,88	—	0,86	0,02	3,22	0,57	2,91	7,32	29,73	0,60	—	0,63	98,74
24	К-12/1	56,42	—	0,81	—	1,06	—	3,25	6,11	33,01	—	—	—	100,66
25	К-12/2	68,89	—	0,69	—	—	—	3,27	3,09	24,06	—	—	—	100,00
26	232-9	53,86	0,03	1,37	0,00	0,04	0,00	2,64	7,04	32,42	0,72	0,11	0,00	98,23
27	Кай-38	53,39	0,00	0,00	0,00	0,78	0,14	3,71	3,75	32,62	4,72	0,28	0,07	99,46
28	Кай-38	55,74	0,00	0,00	0,00	0,90	0,06	2,96	6,40	32,19	0,19	0,00	0,36	98,80
29	*	62,58	1,48	0,50	—	—	—	2,94	6,23	28,08	—	—	—	101,81
30	64a/84	36,10	14,20	1,04	0,55	0,89	0,73	0,24	0,35	45,46	—	—	0,08	99,64

Примечание: *) – по: Спиридонов, Бадалов, 1983; анализы 1–5 – лайтакаринит, 6–7 – фаза Bi₂SeS, 8–10 – фаза Cu Bi₃(S,Se)₅, 11 – фаза Cu₃Bi₁₅(S,Se)₁₁, 12–19 – тетрадимит, 20 – фаза Bi₃TeSe, 21–24 – қавацунит, 25 – цумоит, 26–29 – фаза Bi₃Te₂SeS, 30 – раклиджит. Прочерк – элемент не определялся

Типохимизм кайрагачских руд определяется присутствием в них многочисленных и разнообразных минералов золота, серебра, висмута, олова, сурьмы, селена и теллура, которые часто имеют сложный переменный состав, нередко образуют ряды твердых растворов либо принадлежат гомологическим сериям.

Формирование разнообразных сложных по составу рудных минералов месторождения Кайрагач связывается с высокой измен-

чивостью физико-химических условий (Т, Р, рН, Eh, активностей компонентов) в обстановках динамично развивавшихся вблизи земной поверхности процессов минералообразования.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ), гранты 01-05-64081 и 02-05-06196 МАС.

Список литературы

- Багалов А.С., Спиригонов Э.М.* Блеклые руды и самородное золото рудопроявления Кайрагач (Восточный Узбекистан) // Узб. Геол. Журнал, **1983**, № 2, С. 74–78.
- Багалов А.С., Спиригонов Э.М., Гейнке В.Р., Павшуков В.В.* Минералы – самородные элементы и теллуриды вулканогенного рудопроявления Кайрагач (Уз.ССР) // Записки Узб. Отд. ВМО. **1984**. Вып. 37. С. 64–67.
- Коваленкер В.А.* Типоморфные минералы руд малоглубинных золото-серебряных месторождений верхнепалеозойской вулканической области Средней Азии // Метасоматизм, минералогия и вопросы генезиса золотых и серебряных месторождений в вулканических толщах. М.: Наука, **1986**. С. 111–145.
- Коваленкер В.А., Гейнке В.Р.* Новый Cu-Sn-Bi-Se-тип минерализации в Кураминской подзоне Срединного Тянь-Шаня // Известия АН СССР, сер. Геологическая. **1984**. № 5, С. 91–104.
- Коваленкер В.А., Евстигнеева Т.Л., Малов В.С., Трубкин И.В., Горшков А.И., Гейнке В.Р.* Некрасовит $Cu_{26}V_2Sn_6S_{32}$ – новый минерал группы колусита // Минералог. ж., **1984**, № 2, С. 88–97.
- Коваленкер В.А., Трубкин И.В., Малов В.С.* Ходрушит $Cu_8Bi_{12}S_{22}$ -первая находка в СССР // Новые данные о минералах. Вып. 34. М.: Наука, **1987**, С. 76–81.
- Коваленкер В.А., Некрасов И.Я., Малов В.С.* Минералогия и парагенезисы сульфостаннатов меди и железа в золото-серебряных месторождениях // Геология рудных месторождений., **1986**, № 2, С. 67–84.
- Коваленкер В.А., Сафонов Ю.Г., Наумов В.Б., Русинов В.Л.* Эпитермальное золото-теллуридное месторождение Кочбулак (Узбекистан) // Геология рудных месторождений. **1997**. Т. 39. № 2. С. 127–152.
- Плотинская О.Ю., Коваленкер В.А.* Эпитермальное золото-теллуридное месторождение Кайрагач: минералого-геохимическая зональность // Золоторудные месторождения Узбекистана: геология и промышленные типы. Ташкент: ИМР, **1998**. С. 57–60.
- Спиригонов Э.М., Багалов А.С.* Новые сульфоселенотеллуриды и сульфоселениды висмута из вулканогенного месторождения Кайрагач (Восточный Узбекистан) // Узб. геол. журнал. **1983**. № 6. С. 82–84.
- Спиригонов Э.М., Чвилева Т.Н., Багалов А.С.* Сурьмянистый колусит $Cu_{26}V_2As_2Sb_2S_{32}$ месторождения Кайрагач и о разновидностях колусита // Докл. АН СССР. **1983**. Т. 269. № 3. С. 706-712.
- Heald P., Foley N.K., Hayba D.O.* Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: Acid – sulfate and adularia-sericite types // Economic Geology, **1987**, v 82, No 1., P. 1–26.
- Islamov F., Kremenetsky A., Minzer E., Konev R.* The Kochbulak-Kairagach ore field // Au, Ag, and Cu deposits of Uzbekistan. Excursion Guidebook. GFZ. Potsdam, **1999**. P. 91–106.
- White N.C., Hedenquist J.W.* Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration // Journ. Geochem. Explor., **1990**, V.36, P. 445–474.
- Zak L., Fryda J., Mumme W.G., Paar W.H.* Makovickite, $Ag_{1.5}Bi_{5.5}S_9$, from Baita Bihorului, Romania: The 4P natural mineral member of the pavonite series // Neues. Jahrb. Mineral. Abh., **1994**, V. 168, P. 147–169.

УДК 549:553.2

КАВИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ МИКРОСФЕРУЛ В РУДАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ГЕНЕЗИСА

М.И.Новгородова

Минералогический музей им.А.Е.Ферсмана РАН, Москва, min@fmm.ru

С.Н.Андреев, А.А.Самохин

Институт общей физики РАН, Москва, asam@ran.gpi.ru

Для объяснения условий возникновения в рудах гидротермального генезиса минеральных микросферул, трактуемых как затвердевшие и раскристаллизованные капли расплава, рассмотрена кавитационная модель. Термодинамическими расчетами величин тепловой энергии, выделяемой за микросекундное время при сокращении газового пузырька во вскипающем гидротермальном растворе, показана вероятность плавления таких тугоплавких веществ как кварц и золото.

В статье 2 таблицы, 6 рисунков, список литературы из 12 названий.

Минеральные микросферулы — шаровидные выделения микронных размеров (от 10 до 100 мкм в диаметре) с разным минеральным составом были известны давно (Вернадский, 1955), однако особый интерес они вызвали после того, как были обнаружены непосредственно в рудах на достаточно большой глубине от поверхности (Гамянин и др., 1999; Новгородова и др., 2003). Ранее объяснения причин их образования были различными. Для так называемых магнитных шариков, состоящих из металлического железа с примесью Ni, часто полностью или частично замещенных вюститом или магнетитом, предполагалось космогенное происхождение, а обнаруженные в рудах, прошедших механическую обработку, рассматривались как техногенные артефакты (Dilabio *et al.*, 1988). Округлые конкреционные формы минеральных агрегатов хорошо известны для осадочных руд и минеральных образований карстовых пещер (пещерный жемчуг). Ни одно из этих объяснений не может быть использовано для выяснения условий образования микросферул алюмосиликатных стекол и тугоплавких металлов, а также сульфидов, располагающихся в пустотах и трещинах жильного α -кварца в минерализованных зонах терригенных и вулканогенно-осадочных пород, метаморфизованных в фации зеленых сланцев (золоторудные месторождения Якутии, запада Узбекистана, Аляски). Граничные параметры зеленосланцевой фации метаморфизма ($T^{\circ}C$ до ~ 500 , P , кбар до $\sim 2-8$) не допускают возникновения условий парциального плавления сульфидных руд, как это было предположено Р.Фростом с соавторами (Frost *et al.*, 2002) для месторождений, залегающих в породах амфиболитовой и гранулитовой фаций метаморфизма.

Конкретные сведения о физико-химических параметрах рудообразующих растворов представляют термобарометрические исследования газовой-жидких включений в минералах, в частности, в кварце. На примере детально изученного Нежданнинского месторождения (Якутия) было установлено, что руды образованы при $T^{\circ}C$ 175–360, P 1,2–1,7 кбар при участии растворов средней солености с $H_2O > CO_2 > CH_4 = N_2 > H_2S$, гетерогенизированных на две фазы: жидкую водноуглекислотную с N_2 , CH_4 , растворенными хлоридами, и газообразную с преобладающими CO_2 и CH_4 (Бортников и др., 1998). Не были отмечены признаки оплавления кварца или включений стекла в кварцевых зернах.

Для объяснения возникновения микросферул алюмосиликатных стекол и тугоплавких металлов с температурами плавления, существенно превышающими температуру гидротермального раствора при образовании мезотермальных золоторудных месторождений (Нежданнинское, Келям в Якутии, Кокпатас в западном Узбекистане, Демократ на Аляске) была выдвинута гипотеза о кавитационной природе явления (Новгородова и др., 2003₁).

Предположено, что минеральные микросферулы образуются за счет быстрого охлаждения и раскристаллизации капель расплава, возникающих в локальных участках приоткрывающихся трещин и пустот в зоне минерализации вследствие явлений кавитационного вскипания и гетерогенизации гидротермальных растворов. Переход от режима медленного просачивания гидротермальных растворов по капиллярам и порам во вмещающей породе к мгновенному заполнению трещин, приоткрываемых при тектонических подвижках, приводит к местному понижению давления, расширению выде-

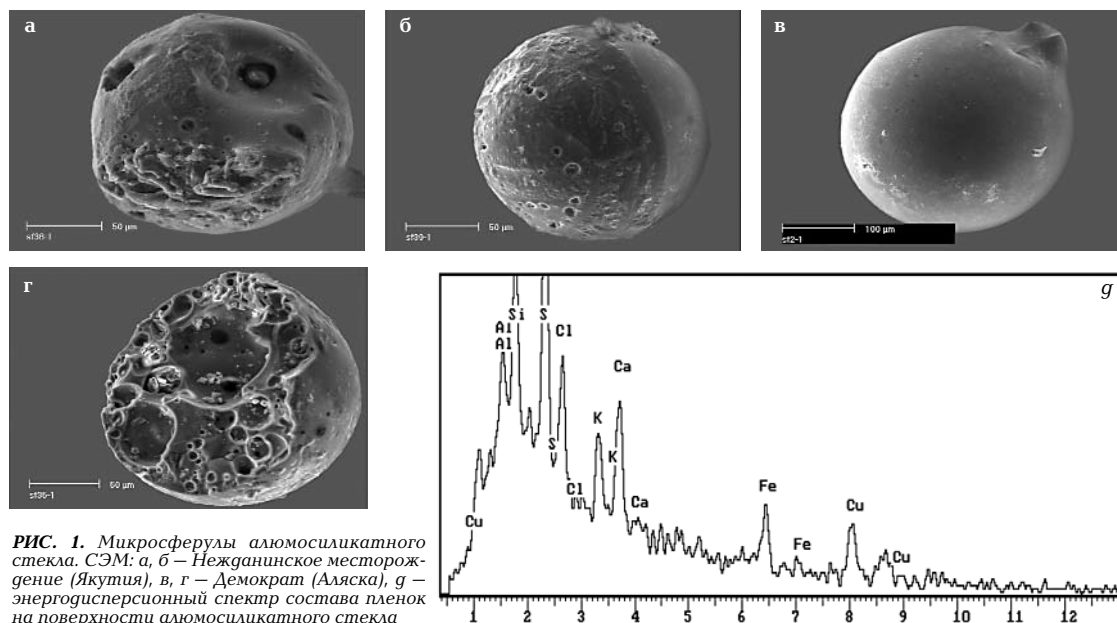


РИС. 1. Микросферы алюмосиликатного стекла. СЭМ: а, б – Нежданинское месторождение (Якутия), в, г – Демократ (Аляска), г – энергодисперсионный спектр состава пленки на поверхности алюмосиликатного стекла

лившихся газовых пузырьков и их схлопыванию при возвращении к начальным условиям при полном заполнении приоткрывшегося пространства. После схлопывания мелкие пузырьки исчезают, крупные разбиваются на множество мелких. Время протекания процесса для одного пузырька исчисляется микросекундами, однако теплоты и энергии, необходимой для расплавления той или иной твердой частицы, находящейся в зоне воздействия схлопывающегося пузырька, оказывается достаточно, как показывают расчеты, приведенные ниже, для плавления даже таких тугоплавких веществ, как кварц или золото.

Предшествующее затвердеванию и раскристаллизации микросферул их расплавленное состояние было установлено (Новгородова и др., 2003_{1,2}) по следующим фактам и соображениям.

Алюмосиликатные стекла микросферул (рис. 1) – прозрачные рентгеноаморфные образования, характеризуются широким разбросом и дискретностью в содержаниях петрогенных элементов, обедненных относительно вмещающих золотые руды пород кремнекислотой, щелочами и обогащенными фемическими компонентами (рис. 2). Большая часть анализов не соответствует известным составам каких-либо магматических пород. Выявлена внутренняя неоднородность состава микросферул с включениями стекла в стекле; включения отличаются пониженными содержаниями SiO_2 и представ-

лены дискретными составами с высокими содержаниями Al_2O_3 , MgO , CaO , FeO .

Среди алюмосиликатных стекол выявлены микросферы мономинерального состава. Для Нежданинского месторождения они представлены стеклами почти чистого SiO_2 (98.69 – 99.02%) и пироксеном типа энстатит-бронзита со стехиометрией $(\text{Mg}_{1.4}\text{Fe}_{0.6})_2(\text{Si}_{1.9}\text{Al}_{0.1})_2\text{O}_6$. Во вмещающих золото-сурьмяные руды этого месторождения терригенных породах пироксен отсутствует. На аналогичную формулу энстатит-бронзита рассчитываются все изученные стекла месторождения Демократ.

Размер микросферул алюмосиликатных стекол от 10 до 100 микрон (обычно ~50 микрон). Кварцевые стекла – самые мелкие. Все микросферы насыщены многочисленными газовыми вакуолями. На их поверхности методом растровой электронной микроскопии (SEM) с энергодисперсионным спектрометром Zink-860 обнаружены присыпки и врослки солей Ca , Cu , Zn , Fe с лигандами, содержащими S , Cl , P , C (рис. 1).

Микросферы рудных минералов, составы которых описываются системой $\text{Pb-Sb-Au(Ag)-S(As)}$, представлены мономинеральными (самородное золото, галенит, антимонит, буланжерит, пирротин) и полиминеральными микросферами зонального строения с «золотым» ядром и галенит-буланжеритовой каймой. На их поверхности обнаружены пленки алюмосиликатных стекол и солей Cu и Zn с

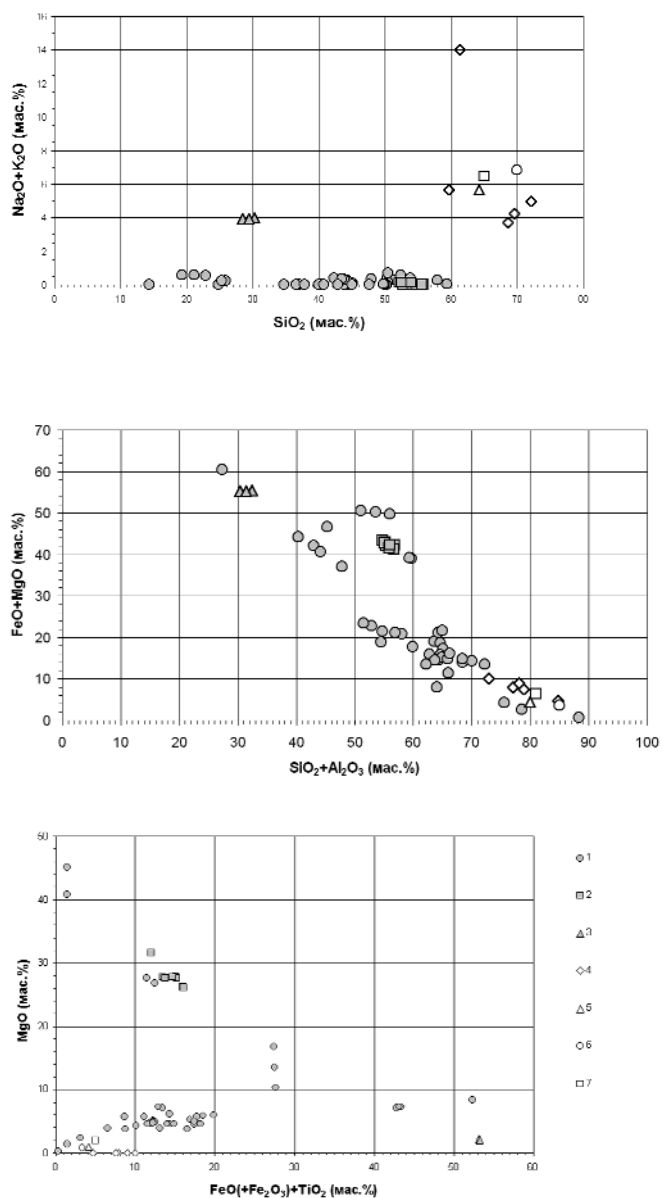


РИС. 2. Вариационная диаграмма составов алюмосиликатных стекол: 1 – месторождение Нежданинское, 2 – Демократ, 3 – Келям, 4 – Кокпатас, 5 – вмещающие алевролиты, Нежданинское, 6 – вмещающие песчаники, Нежданинское, 7 – гранодиорит, среднее по Дэли

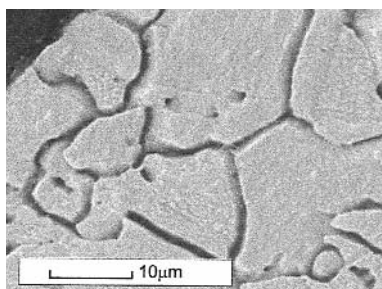
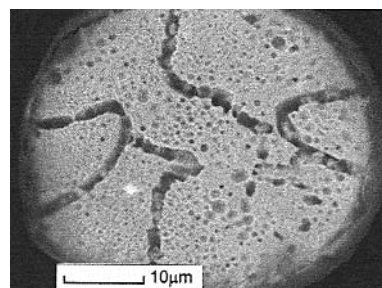
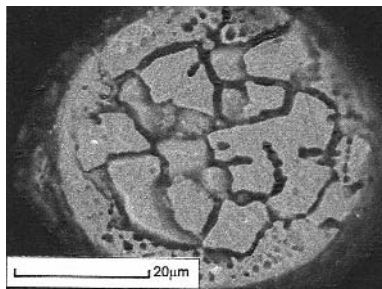
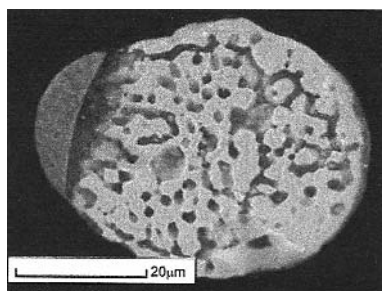


РИС. 3. Трещины контракции, заметные в поперечном срезе микросферы самородного золота. СЭМ

лигандами Cl и S. Внутри микросферул присутствуют газовые полости и реликты осколков кварца и арсенипирита.

Установлено тонкопластинчатое и дендритовидное внутреннее строение мономинеральных микросферул; для микросферул самородного золота характерны трещины контракции,

возникающие вследствие уменьшения объема при затвердевании и раскристаллизации капель расплава золота (рис. 3).

Зональные микросферулы обнаруживают признаки ликвации с обособлением сульфидной (Pb-Sb(As)-S) части в краевых зонах с эвтектидными сростками галенита и бу-

Таблица 1. Химический состав (мас%) минеральных фаз, слагающих микросферулы

№ пп	Фаза	№№ обр.	Кол-во анализов	Au	Ag	Pb	Sb	Fe	As	S	Сумма	Формула
1	Арсенопирит	92	3	-	-	-	-	34,39	46,23	19,52	100,14	$Fe_{1,00}As_{1,00}S_{1,00}$
2	"	82	5	-	-	-	-	34,32	45,99	19,79	100,10	$Fe_{1,00}As_{1,00}S_{1,00}$
3	Пирит	"	5	0,2	-	-	0,2	46,70	-	48,8	95,9	$Fe_{1,00}S_{1,93}$
4	Пирротин	"	2	-	-	-	0,2	63,60	0,7	34,8	99,3	$Fe_{1,02}S_{0,97}As_{0,01}$
5	Антимонит	"	3	0,2	-	-	69,6	0,30	0,5	27,9	98,5	$Sb_{1,95}S_{3,00}$
6	Галенит	"	6	0,7	1,0	83,3	0,2	-	0,5	13,4	99,1	$Pb_{0,96}Ag_{0,02}Au_{0,01}S_{0,99}As_{0,02}$
7	Галенит	105	1	-	-	86,58	-	-	-	14,03	100,61	$Pb_{0,98}S_{1,02}$
8	"	90	1	-	-	87,24	-	-	-	14,18	101,42	$Pb_{0,98}S_{1,02}$
9	"	96	1	-	-	86,32	-	-	-	14,05	100,37	$Pb_{0,98}S_{1,02}$
10	"	82	4	-	-	86,52	-	-	-	13,59	100,11	$Pb_{0,98}S_{1,01}$
11	"	109	4	-	-	86,70	-	-	-	13,63	100,33	$Pb_{0,99}S_{1,01}$
12	"	62	2	-	-	86,49	-	-	-	13,71	100,20	$Pb_{0,99}S_{1,01}$
13	Буланжерит	82	4	-	-	55,46	25,55	-	-	18,83	99,84	$Pb_{5,03}Sb_{3,94}S_{11,03}$
14	"	109	4	-	-	55,54	25,38	-	-	19,12	100,04	$Pb_{5,00}Sb_{3,89}S_{11,11}$
15	"	"	4	0,3	-	56,9	24,1	-	1,4	17,6	100,30	$(Pb_{5,27}Au_{0,03})_{5,30}Sb_{3,80}As_{0,36}S_{10,54}$
16	Золото	92	3	77,70	21,95	-	-	-	-	-	99,65	$Au_{1,98}Ag_{1,02}$
17	"	105	2	78,82	20,62	-	-	-	-	-	99,44	$Au_{2,03}Ag_{0,97}$
18	"	96	1	84,97	14,46	-	-	-	-	-	99,43	$Au_{3,05}Ag_{0,95}$
19	"	"	2	82,92	16,21	-	-	-	-	-	99,13	$Au_{2,96}Ag_{1,03}$
20	"	"	2	92,72	6,96	-	-	-	-	-	99,68	$Au_{3,52}Ag_{0,48}$
21	"	90	4	75,69	23,47	-	-	-	-	-	99,16	$Au_{1,92}Ag_{1,08}$
22	"	"	1	68,60	30,97	-	-	-	-	-	99,57	$Au_{1,10}Ag_{0,90}$
23	Au-Pb-Sb	92	1	70,98	-	2,90	25,08	-	-	-	98,96	$Au_{0,72}Sb_{0,23}Pb_{0,03}$
24	"	62	3	42,46	-	12,06	45,65	-	-	-	100,17	$Au_{0,33}Sb_{0,38}Pb_{0,09}$
25	"	"	3	41,89	-	44,30	13,58	-	-	-	99,77	$Au_{0,39}Sb_{0,21}Pb_{0,40}$
26	"	"	5	42,3	0,6	45,3	11,3	-	1,1	-	100,6	$Au_{0,39}Ag_{0,01}Pb_{0,40}Sb_{0,17}As_{0,03}$
27	"	"	3	74,9	4,0	1,8	19,6	-	1,3	-	101,6	$Au_{0,63}Ag_{0,06}Pb_{0,01}Sb_{0,27}As_{0,03}$
28	"	"	3	62,8	1,1	0,9	31,1	-	3,3	-	99,2	$Au_{0,50}Ag_{0,02}Pb_{0,01}Sb_{0,40}As_{0,07}$
29	Мышьяк	"	4	2,1	-	0,4	1,3	-	96,1	-	99,9	$As_{0,98}Sb_{0,01}Au_{0,01}$
30	Au-Sb-As	"	3	59,2	-	0,9	25,1	-	14,9	-	100,1	$Au_{0,42}Pb_{0,01}Sb_{0,29}As_{0,28}$
31	Ag-Pb-S	105	1	-	24,24	60,72	-	-	-	15,91	100,87	$Pb_{0,58}Ag_{0,44}S_{0,98}$
32	"	"	1	-	19,45	65,16	-	-	-	15,30	99,90	$Pb_{0,65}Ag_{0,37}S_{0,98}$
33	"	"	1	-	22,10	62,86	-	-	-	15,43	100,39	$Pb_{0,61}Ag_{0,41}S_{0,97}$
34	Sb-As	125	3	-	-	-	51,63	-	49,00	-	100,63	$As_{3,03}Sb_{1,97}$
35	Pb-Sb-Fe-O	90	1	-	-	72,54	20,38	6,14	-	-	99,07	$Pb_{1,83}Sb_{1,71}Fe_{0,48}O_{4,02}$

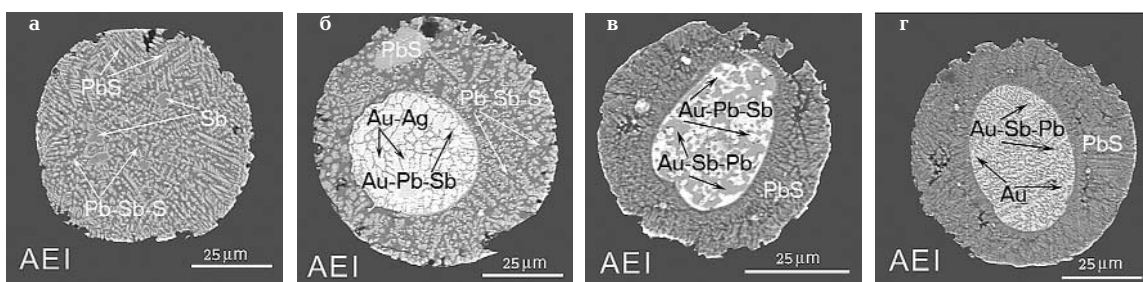


Рис. 4. Структура рудных микросферул в срезе: дендриты галенита в буланжеритовой матрице с неправильными выделениями самородной сурьмы, окаймленной галенитом (а); зональные микросферулы с «золотым» ядром: эвтектические сростки золота и Au-Pb-Sb фаз с галенит-буланжеритовой каймой с реликтом недоплавленного галенита (б); эвтектические сростки Au-Pb-Sb фаз, различающиеся по содержаниям Pb, в галенитовой с примесью буланжерита матрице (в); тонкорасслоенные структуры Au-Pb-Sb фаз и Au в «золотом» ядре с галенитовой с примесью буланжерита оторочкой (г). Изображение в поглощенном токе (AEI). Масштабная линейка 25 микрон. Месторождение Келля

ланжерита и металлической (Au(Ag)-Pb-Sb) части в центральной зоне (рис. 4). «Золотое» ядро характеризуется признаками расслоения с тонкопластинчатой структурой фаз, различающихся по содержаниям Pb, и эвтектоидными сростками фаз Au-Sb и Au-Pb-Sb (табл. 1). Установлена близость состава впервые обнаруженных в природе Au-Pb-Sb фаз к синтезированным стеклам нового класса высокотемпературных сверхпроводников (Новгородова и др., 2003₂).

С использованием систем инвариантных точек на диаграммах плавкости (табл. 2) оценен интервал температур образования микросферул от $>850^{\circ}\text{C}$ (плавление золота, галенита, сурьмы, алюмосиликатов и кварца в присутствии природных флюсов и последующая ликвидация рудных микрорасплавов) до $650 - 400^{\circ}\text{C}$ (инконгруэнтное плавление галенита в смеси с антимонитом с образованием буланжерита и галенита через эвтектоидный распад протосоединения – фалькманита) и до $300 - 250^{\circ}\text{C}$ (плавление, расслоение и эвтектоидный распад с образованием Au-Pb-Sb фаз).

По табулированным значениям свободной энергии Гиббса в реакциях сульфидизации и окисления рассчитаны fugitivности серы и кислорода в газовой фазе, равновесной с сульфидами Pb и Sb (Новгородова и др., 2003₂). Показано, что газовая фаза (мольные доли $\text{H}_2 > \text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$) насыщена водородом.

Инициальным этапом формирования минеральных микросферул является процесс плавления твердых частиц, присутствующих в виде взвеси в потоке гидротермального раствора и попавших в кавитационную область. Сами твердые частицы могут явиться зародышами кавитационных пузырьков. Необходимым условием перехода твердых частиц в капли расплава является повышение их температуры до значений $T_{\text{пл}} < T$, превышающей температуру плавления твердого вещества. Такое повышение может реализоваться при схлопывании парогазового пузырька, однако микросекундные длительности процесса требуют обсуждения его динамики, величины выделяющейся энергии и скорости прогрева твердой частицы.

Необходимые расчеты были выполнены для самых тугоплавких минеральных веществ, присутствующих в составе микросферул – кварца и золота, без учета природных добавок, понижающих температуры плавления. Другими словами, ставилась задача оценить воздействие возможных максимальных температур, кратковременно возникающих при кавитационных явлениях. Для расчетов было принято, что начальное давление P_1 равно 1,5 кбар, $T^{\circ}\text{C}$

250°C , газовые пузырьки в периоды их максимального расширения имеют сантиметровые размеры, размеры микрозерен самородного золота 50 микрон, кварца 10 микрон. Для упрощения принимаем также, что жидкая фаза – вода.

Для оценки динамики схлопывания газо-парового пузырька в воде воспользуемся уравнением Рэлея (Наугольных, Островский, 1990):

$$R \frac{d^2R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = \frac{1}{\rho_l} (P(t) - P_1), \quad (1)$$

где R – радиус пузырька, $P(t)$ и P_1 – давление соответственно внутри пузырька и начальное давление, ρ_l – плотность окружающей пузырек несжимаемой жидкости. Давление $P(t)$ будем оценивать по формулам адиабатического сжатия неидеального газа, описываемого уравнением Ван дер Ваальса с переменной теплоемкостью в расчете на одну частицу $C_v = 5/2$ для плотности пара $c_v < c_c$ меньше критической плотности c_c и $C_v = 3$ для плотности $c_v > c_c$.

Расчет по формуле (1) при $P_1 = 1,5$ Кбар, $c_1 = 1$ г/см³ и начальных условиях $P_0 = 40,5$ бар и $R_0 = 1$ см где P_0 – давление насыщенного пара жидкости при 250°C , R_0 – радиус расширенного пузырька, показывает, что время t_m существования возросшей температуры $T > T_{\text{пл}}$ в пузырьке не превышает 1,5 мкс. Максимум температуры при этом составляет $T_{\text{max}} = 7030^{\circ}\text{C}$, а минимальный радиус пузырька $R_{\text{min}} = 0,15$ см. Величины t_m и R_{min} оказываются примерно пропорциональными начальному радиусу пузырька, в то же время T_{max} от R_0 практически не зависит.

Элементарная оценка $l = \sqrt{\chi t}$ в случае кварцевого микрозерна (температуропроводность $\chi = 0,02$ см²/с) показывает, что за время $t \sim 1$ мкс толщина прогретого расплавленного слоя $l \sim 1,7$ мкм является относительно малой, по сравнению с радиусом микрозерна $r_s = 10$ мкм. В то же время заметное превышение T_{max} над температурой плавления может обеспечить энерговыход, достаточный для более глубокого проплавления микрозерна.

Решая уравнение теплопроводности для сферической микрочастицы кварца с температуропроводностью χ , теплоемкостью $C_s = 70$ Дж/(Моль $^{\circ}\text{C}$), температурой плавления $T_{\text{пл}} = 1610^{\circ}\text{C}$ и начальной температурой $T(r, 0) = 250^{\circ}\text{C}$, на поверхности которой задана температура $T_s = T(t)$, определяемая из решения уравнения (1), можно получить полный энерговыход и распределение температуры внутри микрозерна к заданному моменту времени (Карслоу, Егер, 1964). На рис. 5 при-

Таблица 2. Инвариантные точки природной системы
с Au, Pb, Sb, S, As, Fe
(по Robinson, 1948; Craig *et al.*, 1973; Gmelin Handbook..., 1996)

Низкотемпературная ассоциация	Высокотемпературная ассоциация	T °C
Кварц	Расплав	1610
Галенит	Расплав	1115
Золото	Расплав	1063,4
Галенит-свинец	Расплав (расслоенный)	1041
Бронзит	Расплав(1 кбар)	850
Сурьма-расплав (56% S)	Расплав монотектический (~5,5% S)	800
Пирит (+ сера)	Расплав	743
Арсенопирит	Пирротин + леллингит + расплав	702
Фалькманит (фаза I по Craig <i>et al.</i>)	Галенит + расплав, богатый Sb ₂ S ₃	642
Буланжерит	Фалькманит (фаза I по Craig <i>et al.</i> , 1973) + расплав	638
Золото-мышьяк	Расплав эвтектический	636
Галенит + сурьма	Расплав	622
Антимонит + сурьма	Расплав (расслоенный)	615
Буланжерит + галенит	Фалькманит (фаза I по Craig <i>et al.</i> , 1973)	605
Ag ₂ S + галенит	Расплав	605
Мышьяк (25.5%) + сурьма	Расплав эвтектический	602
Антимонит	Расплав	556
Пирит + арсенопирит	Пирротин + расплав (AsS)	491
Ауростибит	Расплав (конгруэнтное плавление)	460
Золото + кремний (6%)	Расплав эвтектический	370
Золото-ауростибит	Расплав эвтектический	360
Фаза Au _{0,36} Pb _{0,25} Sb _{0,39}	Расплав эвтектический	250

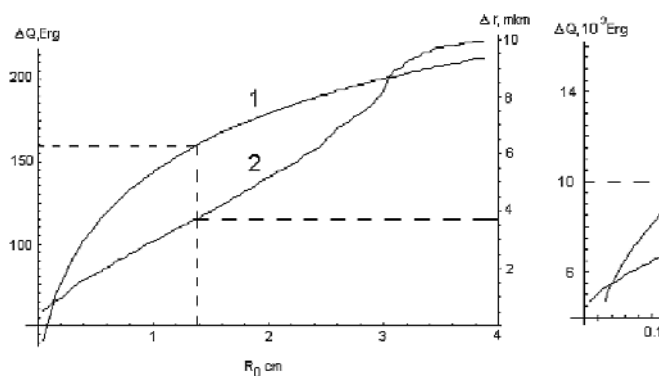


Рис. 5. Величина энерговклада ΔQ , Erg (кривая 1) и толщина проплавленного слоя Δr , мкм (кривая 2) микрозерна кварца в зависимости от изменения радиуса парогазового пузырька при его расширении

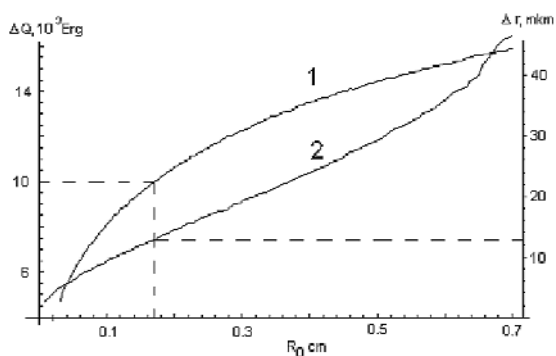


Рис. 6. Величина энерговклада ΔQ , Erg (кривая 1) и толщина проплавленного слоя Δr , мкм (кривая 2) микрозерна золота в зависимости от изменения начального радиуса парогазового пузырька

водится величина полного энерговклада и

$$\Delta Q = 4\pi c_s \int_0^{r_0} (T(r) - T_0) r^2 dr$$

толщина проплава Δr в зависимости от радиуса расширившегося кавитационного пузырька к тому моменту времени, когда температура в пузырьке $T(t)$ после прохождения через максимум $T_{\max} = 7030^\circ\text{C}$ уменьшается до значения $T(t) = T_{\text{пл}}$.

Из рис. 5 видно, что микрозерно получает энергию, необходимую для его полного расплавления $\Delta Q = 161$ Эрг при $R_0 = 1.4$ см, однако фактическое температурное распределение существенно отличается от равномерного и толщина проплавленного слоя в этот момент составляет всего лишь $\Delta r = 3.7$ мкм. В последующие моменты времени глубина проплава может увеличиться до 4.5 мкм. Полное расплавление может реализоваться при $R_0 > 2$ см.

Таким образом, микрозерно кварца размером 10 мкм может быть выплавлено «сухим» способом за счет тепловой энергии, возникающей при резком адиабатическом сокращении радиуса газового пузырька от 2 см до 0.6 см. Столь высокие температуры ($> T_{\text{пл}}$ кварца 1610°C), инициирующие начало плавления поверхности микрозерна кварца, могут быть реализованы лишь при сантиметровых размерах расширившегося газового пузырька, что, очевидно, возможно лишь при больших объемах адиабатической полости.

Аналогичные расчеты были выполнены для микрозерна самородного золота ($T_{\text{пл}} = 1063^\circ\text{C}$, $C_p = 25.23$ Дж/(Моль $\cdot^\circ\text{C}$), $\chi = 1$ см 2 /с) с радиусом 50 мкм, результаты которых приводятся на рис. 6. В этом случае необходимый для полного расплавления микрозерна энерговклад $\Delta Q = 1.06 \cdot 10^4$ Эрг достигается при $R_0 = 0.2$ см. При этом $R_{\min} = 0.06$ см, а глубина проплава составляет величину $\Delta r = 14$ мкм. Для полного расплавления микрозерна из самородного золота в рамках данной модели требуется $R_0 > 0.5$ см.

Из соотношений уравнения (1) следует, что величины температуры прогрева твердой частицы и энерговклада сжимающегося пузырька зависят от его размера в момент его наибольшего расширения. Естественно, что для более легкоплавких веществ, составляющих большинство минеральных микросферул (табл. 1, 2), требуются на 1–2 порядка меньшие размеры пузырька.

Следует иметь в виду, что используемая модель является весьма упрощенной и нуждается в ряде уточнений, в частности, в более последовательном учете динамики процессов на границе раздела жидкость-пар,

реального уравнения состояния и процесса теплопередачи от окружающей среды к микрозерну.

Тем не менее, вероятность резких флуктуаций температур, сопровождаемых генерацией тепловой энергии, достаточной для проплавления твердых частиц в потоке вскипающего гидротермального раствора, подтверждается приведенными выше расчетами кавитационной модели.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 00-05-64709.

Литература

- Бортников Н.С., Гамянин Г.Н., Алпатов В.А.* Минералого-геохимические особенности и условия образования Нежданского месторождения золота (Саха-Якутия, Россия) // Геол. рудн. м-ний, **1998**. Т. 40. № 2. С. 137–156.
- Вернадский В.И.* Избранные сочинения (т. 1, 2). // М.: Изд-во АН СССР, **1955**. 615 с.
- Гамянин Г.Н., Жганов Ю.Я., Сыромьятников А.С.* Состав и структурные особенности сферидов из золоторудных месторождений Восточной Якутии // ЗВМО. **1999**. Ч. 128. № 5. С. 71–75.
- Карслоу Г., Егер Д.* Теплопроводность твердых тел // М.: Наука, **1964**.
- Наугольных К.А., Островский Л.А.* Нелинейные волновые процессы в акустике // М.: Наука, **1990**.
- Новгородова М.И., Гамянин Г.Н., Жганов Ю.Я., Агаханов А.А., Дикая Т.В.* Микросферулы алюмосиликатных стекол в золотых рудах // Геохимия. **2003**, № 1.
- Новгородова М.И., Гамянин Г.Н., Жганов Ю.Я., Агаханов А.А., Дикая Т.В.* Микросферулы самородного золота, селфинов и сульфоселей в золотых рудах // Геохимия. **2003**, (в печати).
- Craig J.R., Chang Z.Z.Y., Zees W.R.* Investigations in the Pb-Sb-S system // Canad. Mineral. **1973**. Vol. 12. Part 3. P. 199–206.
- Dilabio R.H.W., Newsame J.W., Mc Ivor D.F., Jowenstein P.J.* The spheroid form of gold: manmade or secondary // Econ. Geol. **1988**. V 83. P. 153–162.
- Frost B.R., Mavrogenes J.A., Tomkins A.G.* Partial melting of sulfide ore deposits during medium- and high-grade metamorphism // Can. Mines. **2002**. V 40. P. 1. P. 1–18.
- Gmelin Handbook of inorganic and organometallic chemistry // An. Suppl. **1996**. Vol. 134. P. 128–134.
- Robinson S.C.* Synthesis of lead Sulphantimonites // Econ. Geol. **1948**. Vol. 43. No 4. P. 293–312.

УДК 548.32

ИЗОМОРФИЗМ В МИНЕРАЛАХ СЕМЕЙСТВА СТАННИНА

Т.Л. Евстигнеева

Институт Геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, Москва, evst@igem.ru

В.С. Русаков

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, rusakov@moss.phys.msu.ru

Ю.К. Кабалов

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, kabalov@geol.msu.ru

Приведены результаты комплексного изучения особенностей структур соединений семейства станнина и механизма изоморфных замещений. В качестве объектов исследования были выбраны 10 членов серии курамит – станнин, $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$ ($0 < x < 1$), синтезированных через ~ 0.1 ф.е., и минералы станнин и кестерит. Использован комплекс методов: микрорентгеноспектральный, профильный анализ (метод Ритвельда), мессбауэровская спектроскопия, сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Промежуточные члены ряда курамит – станнин представляют собой структурно однотипные гомогенные фазы тетрагональной симметрии с закономерно меняющимися параметрами элементарных ячеек ($c/a \sim 2$). По результатам структурного анализа четыре соединения ряда $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$ с $x = 0.3, 0.6, 0.8$ и 1.0 характеризуются тетрагональными структурами, отличающимися от станниновой более низкой симметрией ($\bar{1}4$) и распределением атомов металлов по тетраэдрическим позициям.

По данным мессбауэровского анализа в соединениях ряда присутствуют атомы железа в двух- и трехвалентном состоянии. Существует предельная концентрация атомов Fe (x) ~ 0.5, ниже которой эти атомы находятся только в трехвалентном состоянии в октаэдрическом окружении атомов S. При $0 < x < 0.5$ процессы замещения и изменения структурного положения и валентного состояния атомов происходят по схеме $2\text{Cu}^{2+}(\text{Td}) \rightarrow \text{Cu}^{1+}(\text{Td}) + / (\text{Td}) + \text{Fe}^{3+}(\text{Oh})$, а формула промежуточных соединений соответствует $\text{Cu}^{1+}_2\text{Cu}^{2+}_{1-2x}\text{Fe}^{3+}_x\text{Cu}^{1+}_x\text{Sn}^{4+}_4\text{S}_4$. Конечная фаза процесса отвечает $\text{Cu}^{1+}_2\text{Fe}^{3+}_{0.5}\text{Sn}^{4+}_4\text{S}_4$. Выше предельной концентрации $x \sim 0.5$ схема изоморфизма меняется: $\text{Cu}^{1+}(\text{Td}) + \text{Fe}^{3+}(\text{Oh}) + / (\text{Td}) \rightarrow 2\text{Fe}^{2+}(\text{Td})$, и конечной фазой этого процесса будет $\text{Cu}^{1+}_2\text{Fe}^{2+}_2\text{Sn}^{4+}_4\text{S}_4$.

На основании данных мессбауэровского анализа была уточнена структура промежуточной фазы $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$ с $x \sim 0.6$. Показано, что Fe^{3+} занимает октаэдрические позиции, свободные в «нормальной» упорядоченной структуре сфалерита.

В кестерите с низким содержанием железа установлено распределение ионов Fe^{3+} (высокоспиновое состояние) по октаэдрическим позициям, вакантным в структуре чистого $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, что согласуется со сложной схемой изоморфизма в $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$.

В статье 2 таблицы, 3 рисунка, в списке литературы 11 названий.

Введение

По сравнению с заметным прогрессом в изучении структур силикатов и многоатомных соединений (органических веществ, металлоорганических соединений, полупроводников нового типа и т.д.) уровень знаний особенностей структур относительно простых соединений практически не изменился за последние 20 – 30 лет. Это прежде всего относится к интерметаллидам (Cu_3Au , CuAu), близким им по свойствам фазам (NiAs , MnP , Fe_2P , Ni_2Si), сульфидам (ZnS , CuFeS_2 , $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, FeS_2) и их аналогам. Первая причина такого состояния – отсутствие материала достаточно хорошего качества для структурного исследования. Вторая – широко распространенное мнение о «простоте» кристаллических структур для постановки серьезной проблемы.

Большинство названных соединений и структурно подобных им обладает высокой

«изоморфной емкостью» и постоянным присутствием изоморфных примесей (иногда до десятков атомных процентов). Все они являются соединениями с ковалентным или смешанным (ионно-ковалентным, ковалентно-металлическим и т.д.) типом химической связи. Наличие вакансий во многих структурных типах, а также различная степень упорядоченности в распределении изоморфных компонентов по структурным позициям также характерны для этих соединений.

Проблема изоморфизма элементов в рудных минералах, прежде всего, сульфидах, весьма актуальна, т.к. в настоящее время многие ценные элементы добываются из минералов-носителей и знание формы их нахождения необходимо для выяснения причин потерь полезных компонентов при переработке руд и разработки современной технологии переработки природного сырья. Изучение особенностей распределе-

Таблица 1. Минералы группы станнина

Название	Формула	Пр.гр.	a (Å)	b(Å)	c(Å)	Z	Ссылка
Станнин	Cu ₂ FeSnS ₄	$\bar{I}42m$	5.449	5.449	10.757	2	(Hall <i>et al.</i> , 1978)
Кестерит	Cu ₂ ZnSnS ₄	$\bar{I}4$	5.427	5.427	10.871	2	(Hall <i>et al.</i> , 1978; Kissin, 1989)
Сакураит	Cu ₂ Zn(In,Sn)S ₄	$\bar{I}42m^*$	5.45	5.45	10.91	2	(Чвилева и др., 1988)
Окартит	Ag ₂ FeSnS ₄	$\bar{I}42m$	5.72	5.72	10.98	2	—«—«—«
Бриартит	Cu ₂ FeGeS ₄	$\bar{I}42m$	5.32	5.32	10.51	2	—«—«—«
Черниит	Cu ₂ CdSnS ₄	$\bar{I}42m$	5.487	5.487	10.848	2	(Szymanski, 1978)
Великит	Cu ₂ HgSnS ₄	$\bar{I}4$	5.5749	5.5749	10.882	2	(Евстигнеева и др., 1998)
Курамит	Cu ₃ CuSnS ₄	$\bar{I}42m (\bar{I}4)$	5.445	5.445	10.75	2	(Коваленкер и др., 1979)

ния различных элементов в кристаллических структурах, возможностей изоморфных замещений атомов и, как следствие, упорядоченного распределения их в структуре, также необходимо для ответа на вопрос о причинах различного поведения атомов в природе, дальнейшего развития кристаллохимии и получения новых соединений. Это относится ко многим металлам, как благородным (Au, Ag, ЭПГ), так и к широко распространенным (Fe, Zn, Cu, Cd, Pb и др.).

Считается, что теория изоморфизма достаточно разработана. Широко известны работы Л.Полинга, Г.Гольдшмидта, Н.Белова, Г.Бокия, В.Франк-Каменецкого и многих других. При обсуждении химического состава минералов, особенно рудных, минералогии обычно используют термины «изоморфизм замещения», «компенсационный изоморфизм», «изоморфизм внедрения», «изоморфизм ионов одного элемента, но со сменой заряда». Однако в подавляющем большинстве случаев нет детальных данных о структуре конкретных соединений и о положении «примесных» элементов в структуре, поэтому используются эмпирические правила Полинга или интерполируются результаты изучения близких соединений, что зачастую делает декларативными многие представления об изоморфизме элементов в сульфидах. Особенно это относится к минералам, в составе (МРСА) которых устанавливается много примесей, а формула не всегда соответствует стехиометрии — например, блеклым рудам, минералам семейства станнина и близким производным. Благодаря совершенствованию методов рентгеновского анализа и различным спектроскопическим методам в настоящее время появилась возможность попытаться проверить существующие представления и получить данные о том, как реально происходит изоморфное замещение.

Минерал станнин обладает структурой, производной от структуры ZnS (сфалерита), и характеризуется пр.гр. $\bar{I}42m$, и тетрагональной элементарной ячейкой, удвоенной по «с» по сравнению с ZnS: $a = 5.449$, $c = 10.757$ (4) Å, $Z = 2$. Атомы металлов занимают

все позиции в обращенных в одну сторону тетраэдрах кубической плотнейшей упаковки из атомов серы: Fe — 2a (000), Sn — 2b ($1/2$ $1/2$ 0), Cu — 4d (0 $1/2$ $1/4$), S — 8i (xxx, $x = 0.7551$, $z = 0.8702$) (Hall *et al.*, 1978).

Группа станнина объединяет минералы с общей формулой A₂BSnS₄, где A = Cu, Ag; B = Fe, Cu, Zn, Cd, Ge, Hg и др. (Табл. 1). Среди минералов этого семейства — курамит (Cu₃SnS₄) (Коваленкер и др., 1979), кестерит (Cu₂ZnSnS₄) (Kissin, 1989), окартит (Ag₂FeSnS₄) (Чвилева и др., 1988), великит (Cu₂HgSnS₄) (Евстигнеева и др., 1998), черниит (Cu₂CdSnS₄) (Szymanski, 1978) и др. Минералы группы станнина занимают важное место среди природных и синтетических сульфидов. К ним относятся многие распространенные и характерные минералы колчеданных, золоторудных, медно-никелевых, серебряных и др. месторождений. Эти соединения, как и структурно близкие к ним, обладают необычайно разнообразным составом: они содержат элементы I, II, III, IV, V, VI и VIII групп Периодической системы.

Состав минералов семейства станнина обычно характеризуется наличием большого числа изоморфных примесей, среди которых наиболее типичными являются железо в курамите (Cu₃SnS₄) (Коваленкер и др., 1979) и кестерите (Cu₂ZnSnS₄) (Kissin, 1989). Структуры всех этих соединений являются производными от кубической структуры сфалерита (ZnS) и отличаются пространственной симметрией ($\bar{I}42m$, $\bar{I}4$), распределением атомов металлов в слоях, перпендикулярных оси четвертого порядка, и различной степенью искажения координационных полиэдров из атомов серы.

Монокристалльным методом исследовались лишь структуры кестерита (Kissin, 1989) и черниита (Szymanski, 1978). Оказалось, что они отличаются от станниновой распределением атомов металлов по тетраэдрическим позициям и отсутствием диагональных зеркальных плоскостей симметрии, что приводит к понижению симметрии до $\bar{I}4$.

В результате изучения синтезированных соединений систем Cu₂ZnSnS₄ — Cu₂FeSnS₄

было установлено, что во всем интервале составов существует поле твердого раствора замещения Fe-Zn (Springer, 1979). Благодаря близости размеров двухвалентных ионов железа и цинка считалось, что в структуре кестерита железо замещает атомы цинка. Однако позже было высказано предположение (Kissin, 1989) что изоморфный ряд существует между кестеритом и полиморфной модификацией станнина со структурой кестерита. Таким образом, вопрос о механизме замещений в ряду $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4 - \text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ остается открытым (Bernardini *et al.*, 1979).

На основании сопоставления составов, рентгенограмм и свойств курамита и станнина предполагалось, что существует ряд станнин-курамит (ограниченный?), и в курамите двухвалентное железо замещает двухвалентную медь (Коваленкер и др., 1979). Однако, как известно, электронное строение ионов Fe^{2+} и Cu^{2+} различно, поэтому было интересно выяснить, происходит ли на самом деле замещение Fe-Cu. И если происходит, то каков его механизм.

Объекты и методы исследования

С целью уточнения особенностей структур некоторых фаз и схем изоморфных замещений на базе вышеизложенного было проведено комплексное исследование соединений семейства станнина. В качестве объектов исследования были выбраны система курамит-станнин и минерал кестерит. Десять членов серии курамит-станнин, $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$ при $0 < x < 1$ с интервалом $x \sim 0.1$ ф.е., были синтезированы из чистых элементов в вакуумированных кварцевых ампулах (нагрев до 1150°C , отжиг при 400°C , 960 час.; закалка в ледяной воде). Состав кестерита из месторождения Кестер (образец О.Ставрова) (среднее из 10 анализов, мас.%): Cu – 28.79–28.98; Zn – 12.06–12.21; Fe – 2.28–2.21; Sn – 27.09–27.15; S – 28.96–28.29; Σ – 99.18–98.84, что соответствует $\text{Cu}_{2.00-2.03}(\text{Zn}_{0.81-0.83}\text{Fe}_{0.18})\text{Sn}_{1.00-1.03}\text{S}_{3.99-3.94}$.

Для определения валентного состояния и координации окружения атомов в структурах был использован комплекс методов: микрорентгеноспектральный [MS-46 Cameca (ИГЕМ РАН) Camebax Microbeam (Институт вулканологии ДО РАН), 20 kV-10 nA; эталоны – CuFeS_2 (Cu, Fe), Sn_{met} (Sn), FeS_2 (Fe)]; профильный анализ (метод Ритвельда) – ADP-2 дифрактометр (CuK α , Ni фильтр), расчеты велся по программе WIRIET (версия 3.3); мессбауэровская спектроскопия (MS1001E; ^{57}Co в Rh и $^{119\text{m}}\text{Sn}$ в BaSnO_3 ; про-

граммный комплекс MStools); сканирующая (JSM-5300 + Link ISIS) и просвечивающая (JEM-100C + KeveX 5100 EDD) электронная микроскопия; рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия [LAS-3000 «Riberg» + OPX-150 полусферический фотоэлектронный анализатор, AlK α (1486.6 eV) при $U = 12$ kV и $I = 20$ mA, калибровка – по линии 1s углерода (энергия связи = 285 kV)]. Применение современных возможностей этих методов и программного обеспечения для идентификации и расшифровки экспериментального материала позволяет решать проблемы координационных и валентных характеристик атомов железа и олова в структурах распространенных и редких сульфидов.

Результаты

Согласно данным СЭМ и просвечивающей электронной микроскопии все промежуточные члены изученного ряда курамит – станнин представляют собой структурно однотипные гомогенные фазы тетрагональной симметрии с закономерно меняющимися параметрами элементарных ячеек ($c/a \sim 2$).

В результате определения структуры четырех соединений ряда $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$, с $x = 0.3, 0.6, 0.8$ и 1.0 методом Ритвельда установлено, что они являются тетрагональными и отличаются от станнина ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, $I 42m$) более низкой симметрией ($I 4$) и распределением атомов металлов по тетраэдрическим позициям. Конечный член ряда является, по-видимому, синтетической полиморфной модификацией станнина. Следует отметить, что в промежуточных соединениях ряда курамит-станнин попытки установить, как происходит замещение меди в различных тетраэдрических позициях, приводили к неоднозначным результатам при хороших значениях R-фактора (3.2 – 3.8%) (Evstigneeva *et al.*, 2001a).

По данным мессбауэровского анализа удалось установить, что в соединениях ряда присутствуют атомы железа в двух- и трехвалентном состоянии (Рис. 1). Выявлена и предельная концентрация атомов Fe (x) ~ 0.5 , ниже которой железо находится только в трехвалентном состоянии в октаэдрическом окружении атомов S.

Во всем изученном ряду атомы Sn находятся в четырехвалентном состоянии в тетраэдрических позициях структуры с высокой степенью ковалентности связей с атомами S. С увеличением концентрации

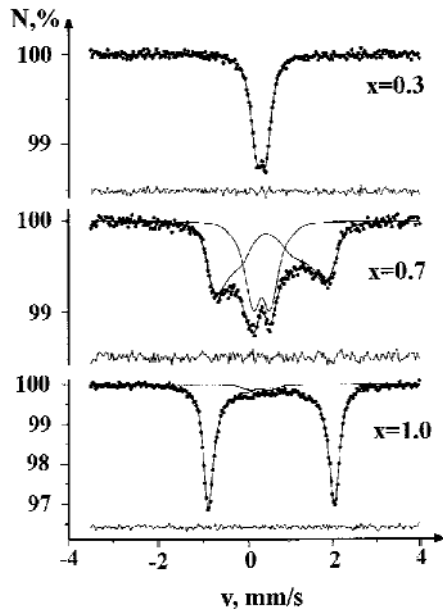


Рис. 1. Типичные мессбауэровские спектры ^{57}Fe соединений ряда $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$

атомов железа степень ковалентности связей $\text{Fe}^{2+}\text{-S}$ и $\text{Sn}^{4+}\text{-S}$ падает, а связей $\text{Fe}^{3+}\text{-S}$ — растет. Величина эффективного заряда атомов Sn в тетраэдрических позициях структуры составляет $Q_{\text{Sn}} = 3.38 \pm 0.08$ (Evstigneeva *et al.*, 2001a).

На основании данных мессбауэровского анализа была уточнена структура промежуточной фазы $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$ с $x \sim 0.6$. Наилучшие результаты ($R = 2.69\%$) получены при распределении Fe^{3+} в октаэдрических позициях, свободных в «нормальной» упорядоченной структуре сфалерита: $8j - \text{xxz}$ ($x\text{Fe}^{3+} \sim 1/4$, $z\text{Fe}^{3+} \sim 0.126 - 0.128$, $z\text{Fe}^{3+} = z\text{S}/3 + 5/12$, $z\text{S} - z$ атомов S в структуре) (Рис. 2). При этом $\text{Me}_{\text{Oh}} - \text{Me}_{\text{Td}} = 2.31 - 2.34 \text{ \AA}$, что сопоставимо с

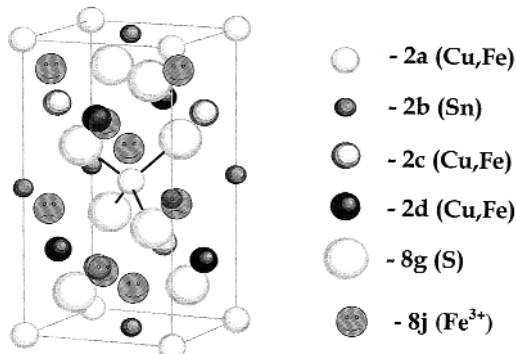


Рис. 2. Структура промежуточного члена ряда куртит-станнын

Таблица 2. Состав (мас.%) синтезированных фаз в системе $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$

x	Cu	Fe	Sn	S	Σ
0.08	41.74	1.08	34.11	24.72	101.65
0.14	42.71	1.56	31.04	23.85	99.16
0.29	39.68	3.79	29.62	29.32	102.41
0.40	40.50	4.83	28.96	23.36	97.65
0.51	39.16	6.60	29.39	26.31	101.46
0.58	35.28	7.88	30.00	29.33	102.49
0.71	35.89	8.89	28.96	27.07	100.81
0.84	32.03	11.18	29.65	29.70	102.56
0.97	33.77	11.52	28.21	25.69	99.16
0.96	29.80	12.88	26.5	29.9	98.1

Примечание: MS-46 Самеса (ИГЕМ РАН); Аналитик — Г.Н.Муравичка; Условия съемки: 20 кВ-10 нА; эталоны — CuFeS_2 (Cu,Fe), $\text{Sn}_{\text{мет}}$ (Sn), FeS_2 (Fe)

расстояниями $\text{Me}_{\text{Td}}\text{-S}$, но меньше, чем $\text{Me}_{\text{Oh}}\text{-S}$ ($2.57 - 2.81 \text{ \AA}$) (Td и Oh — соответственно тетраэдрические и октаэдрические позиции).

Для объяснения полученных результатов предлагаются две схемы изоморфизма в ряду $\text{Cu}_{3-x}\text{Fe}_x\text{SnS}_4$:

При $0 < x < 0.5$ процессы замещения и изменения структурного положения и валентного состояния атомов происходят по схеме $2\text{Cu}^{2+}(\text{Td}) \rightarrow \text{Cu}^{1+}(\text{Td}) + / (\text{Td}) + \text{Fe}^{3+}(\text{Oh})$, а формула промежуточных соединений соответствует $\text{Cu}^{1+}_2\text{Cu}^{2+}_{1-2x}\text{Fe}^{3+}_x\text{Cu}^{1+}_x\text{Sn}^{4+}_4\text{S}_4$. При полном исчерпании Cu^{2+} формула соединения — $\text{Cu}^{1+}_{2.5}\text{Fe}^{3+}_{0.5}\text{Sn}^{4+}_4\text{S}_4$.

Выше предельной концентрации $x = 0.5$ схема изоморфизма меняется: $\text{Cu}^{1+}(\text{Td}) + \text{Fe}^{3+}(\text{Oh}) + / (\text{Td}) \rightarrow 2\text{Fe}^{2+}(\text{Td})$, и конечной фазой этого процесса будет $\text{Cu}^{1+}_2\text{Fe}^{2+}_2\text{Sn}^{4+}_4\text{S}_4$ (Evstigneeva *et al.*, 2001b).

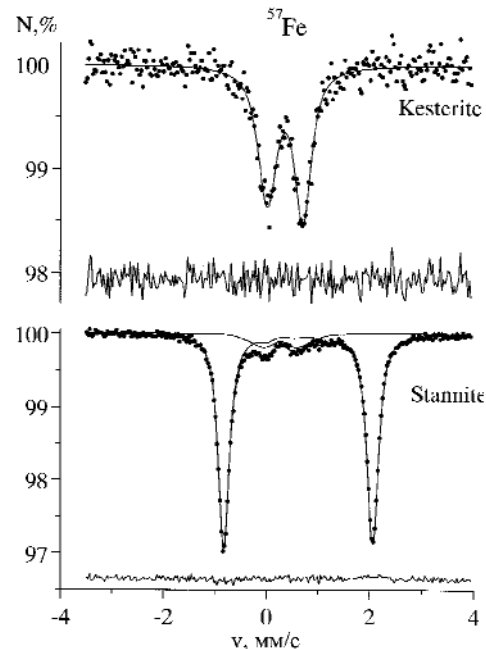


Рис. 3. Мессбауэровские спектры ^{57}Fe в природных кестерите и станныне

Предложенный механизм изоморфизма косвенно подтверждается результатами РФЭС: наблюдается уменьшение содержания двухвалентной меди по отношению к одновалентной с ростом содержания железа в соединениях ряда.

Присутствие трехвалентного железа (высокоспиновое состояние) в октаэдрическом окружении атомов серы в структуре кестерита с небольшим содержанием железа, $\text{Cu}_{2.00-2.03}(\text{Zn}_{0.81-0.83}\text{Fe}_{0.18})\text{Sn}_{1.00-1.03}\text{S}_{3.99-3.94}$, доказано при изучении минерала методами мессбауэровской спектроскопии (Рис. 3) (Русаков и др., 2001). Это противоречит результатам структурного анализа кестерита, согласно которым железо замещает цинк в тетраэдрических позициях (Kissin, 1989).

Поскольку присутствие ионов трехвалентного железа в октаэдрических позициях хорошо согласуется со схемой изоморфных замещений для бедных железом членов изоморфного ряда $\text{Cu}_3\text{SnS}_4 - \text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, для бедного железом кестерита предлагается аналогичная схема изоморфизма с освобождением тетраэдрических позиций в структуре: $\text{Cu}^{1+}(\text{T}_d) + \text{Zn}^{2+}(\text{T}_d) \rightarrow / (\text{T}_d) + \text{Fe}^{3+}(\text{O}_h)$ и, соответственно, формулой промежуточных фаз — $\text{Cu}^{1+}_{2-x}\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}^{3+x}\text{Sn}^{4+}\text{S}_4$.

Выводы

Механизм изоморфного замещения с участием атомов железа в соединениях группы станнина имеет комплексный характер и включает образование тетраэдрических вакансий, заполнение вакантных октаэдрических пустот и смену валентности атомов меди.

В ряду курамит-станнин существует предельная концентрация атомов железа $x \sim 0.5$, ниже которой атомы Fe находятся только в трехвалентном состоянии. В этой области концентраций с ростом x число ионов Fe^{3+} и Cu^{1+} растет, а число ионов Cu^{2+} падает. Выше предельного значения x появляются ионы Fe^{2+} , с увеличением концентрации x растет их число, при этом уменьшается число ионов Fe^{3+} и Cu^{1+} .

Присутствие трехвалентного железа в октаэдрической позиции отмечается также в железистых кестеритах ($\text{Fe} < 0.5$ ф.е.), что свидетельствует об аналогичном механизме замещения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных Исследований (Проект 00—05—64609).

Литература

- Bernardibi G.P., Bonazzi P., Corazza M., Corsini F., Mazetti G., Poggi L., Tanelli G. New data on the $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4 - \text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ pseudobinary system at 750 degrees and 550 degrees C. //Eur.J.Mineral., **1990**, 2(2), pp.219—225
- Evstigneeva T., Rusakov V., Burkovsky I., Kabalov Y. New data on the isomorphism Cu-Fe in sulphides of stannite family. Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century (Piestrzynski et al. eds.). Zwets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands, **2001**, pp.1075—1078.
- Evstigneeva T., Rusakov V., Kabalov Y., Trubkin N., Burkovsky I., Tschegol'kov Y. The complex study of Fe-Cu isomorphous replacement in the $\text{Cu}_3\text{SnS}_4 - \text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ series. //Bull.Soc. Fr. Miner. Crist., **2001**, vol.13, n.3, p.71.
- Hall S.R., Szymanski J.T. & Stewart J.M. Kesterite, $\text{Cu}_2(\text{Zn,Fe})\text{SnS}_4$, and stannite, $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$, structurally similar but distinct minerals. //Canad.Mineral. **1978**. V.16, P. 131—137.
- Kissin S.A. A reinvestigation of the stannite ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$)—kesterite ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$) pseudobinary system. //Canad. Mineral. **1989**. v.27, n.4, P.689—697
- Springer G. The pseudobinary system $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4 - \text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, and its mineralogical significance. //Canad.Mineral., **1972**, v.11, pp.535—541
- Szymanski J.T. The crystal structure of cernyite, $\text{Cu}_2\text{CdSnS}_4$, a cadmium analogue of stannite. //Canad.Mineral. **1978**. V.16. P.147—151.
- Евстигнеева Т.Л., Кабалов Ю.К., Спиридонов Ф.М. Кристаллическая структура $\text{Cu}_2\text{HgSnS}_4$ — синтетического аналога минерала великита. //Кристаллография. **1998**. т.43, №1, с.1—7.
- Коваленкер В.А., Евстигнеева Т.Л., Тронева Н.В., Вяльсов Л.Н. Курамит, Cu_3SnS_4 , новый минерал группы станнина. //ЗВМО, **1979**, Ч.108, №5, 564—569.
- Русаков В.С., Евстигнеева Т.Л., Бурковский И.А. (). Мессбауэровская спектроскопия кестерита, $\text{Cu}_2(\text{Zn,Fe})\text{SnS}_4$. //Традиционные и новые направления в минералогических исследованиях. Труды годичной сессии МО ВМО. (Ред.В.В.Матиас, В.Л.Русинов, Р.А.Амосов). М. ИГЕМ РАН, ВИМС МПР РФ. **2001**. С.132.
- Чвилева Т.Н., Безсмертная М.С., Спиридонов Э.М. и др., Справочник — определитель рудных минералов в отраженном свете. М.: Недра, **1988**. 504 с.

УДК 549.1:53

АДДИТИВНОСТЬ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В МИНЕРАЛАХ ПОЛИСОМАТИЧЕСКОЙ СЕРИИ ГУМИТА

Б.Б. Шкурский

Московский Государственный Геологоразведочный Университет, Москва, msgpa@msgpa.edu.ru

Показатели преломления минералов группы гумита подвержены заметному совокупному влиянию изоморфных замещений, как в катионной, так и в анионной матрицах структуры, что вызывает существенные перекрытия величин показателей преломления для разных минеральных видов группы. Имевшие место попытки количественной оценки влияния вариаций состава на оптические характеристики по опытным данным оцениваются как в разной степени неудачные (Дир, Хауи и Зусман, 1965, Минералы, 1972).

Теоретические расчеты среднего показателя преломления для магнезиальных минералов группы с учётом изоморфизма $F \leftrightarrow (OH)$, произведённые Сахамой (Sahama, 1953, Дир, Хауи и Зусман, 1965) с использованием величин поляризуемости, дали результаты, удовлетворительно согласующиеся с опытными данными, однако есть и отклонения, возрастающие в ряду хондродит-гумит-клиногумит одновременно с ростом самого показателя. Одним из возможных шагов к разрешению вышеизложенной проблемы автор считает попытку построения аддитивной модели изменчивости параметров индикатрисы минералов группы гумита согласно принципам, обсуждаемым в работе Ю.О. Пунина (1989), посвящённой оптике гетерогенных слоистых кристаллов. Условием применимости модели к минералам группы гумита является наличие в их структурах контрастных по составу и структуре слоёв или блоков в различающихся от минерала к минералу количествах. Однако и по настоящее время среди минералогов не существует единого мнения по вопросу о существовании таких слоёв или блоков в структуре минералов группы гумита (Брэгг и Кларингбулл, 1967, Ribbe and Gibbs, 1969).

Целью настоящей работы является построение аддитивных моделей оптических свойств чистых магнезиально-фтористых минералов группы гумита. Результаты могут так или иначе повлиять на оценку применимости традиционных принципов описания структуры минералов группы гумита, так как степень эффективности аддитивной модели индикатрисы минералов группы гумита существенным образом зависит от того, насколько корректно выбраны структурные фрагменты.

В статье 6 таблиц, 5 рисунков, в списке литературы 15 названий.

Оптическая индикатриса гетерогенных кристаллов

Гетерогенные кристаллы, масштабы неоднородности которых много меньше длины волны света, являются оптически гомогенными (Пунин, 1989). Оптические свойства слоистых гетерогенных кристаллов подчиняются правилу аддитивности: индикатрисы таких кристаллов зависят от объёмных долей V_j структурных компонентов, характеризующихся индивидуальными индикатрисами, причём $\sum V_j = 1$. В данной работе на первом этапе должна быть решена задача установления параметров индивидуальных индикатрис для структурных компонентов, содержание которых в различных минералах группы гумита предполагается известным.

Из трёх способов построения результирующей индикатрисы (Пунин, 1989) для решения поставленной задачи наиболее подходящими представляются способы Фёдорова-Поккельса и Хойзера-Венка, так как

способ Малляра, хотя и удобен при установлении объёмных долей компонент по оптическим характеристикам кристалла, в нашем случае должен привести к заметным отклонениям формы результирующей индикатрисы от эллипсоида. Нет оснований сомневаться в эллипсоидальности индикатрисы минералов группы гумита, так как аномалии, которые могли бы свидетельствовать об обратном, в доступной нам литературе не описаны.

По способу Фёдорова и Поккельса (Пунин, 1989) с весами, равными объёмным долям V_j , усредняются тензоры диэлектрической непроницаемости компонентов ϵ_j^{-1} . Главные значения результирующего тензора $\epsilon^{-1} = \sum V_j \epsilon_j^{-1}$ равны обратным величинам квадратов главных показателей преломления — полуосей индикатрисы.

В способе Хойзера и Венка взвешенному усреднению подвергаются тензоры диэлектрической проницаемости компонентов. Квадраты главных показателей преломления — полуосей результирующей индикат-

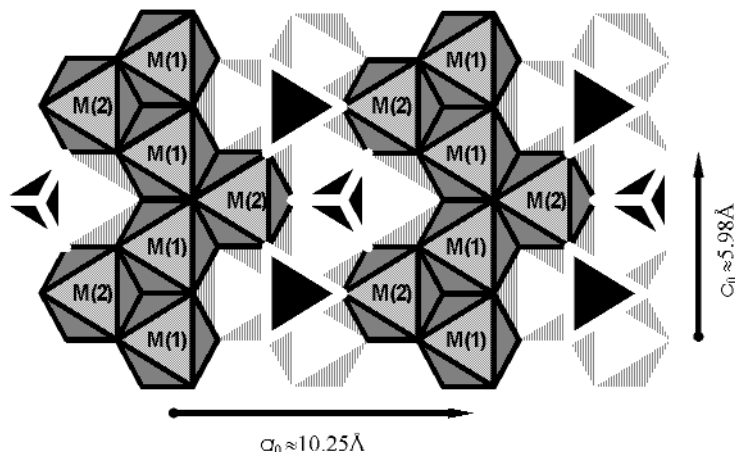


Рис. 1. Идеализированная структура форстерита в установке $R3m$, проекция на (010)

рисы равны главным значениям результирующего тензора $\epsilon = \sum V_j \epsilon_j$.

Применение правила аддитивности оптических свойств к минералам группы гумита предполагает наличие в их структурах по крайней мере двух типов структурных компонентов — разнородных слоёв, количество которых в ячейке закономерно изменяется от минерала к минералу.

Выделение структурных компонентов

Генеральную формулу минералов группы гумита в наиболее общем виде можно записать следующим образом (Jones, Ribbe *et al.*, 1969):



Здесь $\text{Me} = \text{Mg, Fe, Mn, Ca}$ и $\text{X} = \text{F, OH}$, а коэффициенты f и s — целые неотрицательные числа. В настоящее время известны только минералы с такими составами, для которых $s = 1$. В этом случае для магниальных безтитановых членов группы состав описывается заданием коэффициента f :

Таблица 1. Значение коэффициента f в формулах минералов группы гумита

Минерал	Значение f
Норбергит	1
Хондродит	2
Гумит	3
Клиногумит	4

Уже в конце позапрошлого века Пенфилдом и Хауи (Penfield and Howe, 1894) были выявлены морфотропные отношения между тремя известными в то время из четырёх

магниальных минералов группы гумита, что позволило выделить в качестве параметра морфотропии переменное отношение $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4] : \text{Mg}(\text{OH,F})_2$. Рентгеноструктурные исследования всех четырёх минералов, проведённые Тейлором и Уэстом (Taylor and West, 1928), показали, что структуры минералов группы гумита характеризуются плотнейшей гексагональной упаковкой (ПГУ) анионов и имеют много общего со структурой оливина. Структуры были проинтерпретированы как составные, в которых выделяются форстеритовые — состава $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$, и заключённые между ними брусит-селлаитовые — состава $\text{Mg}(\text{OH,F})_2$ слои, в определённых для каждого минерала количественных соотношениях.

Рассмотрим этот способ выделения ключевых деталей в идеализированной структуре минералов группы гумита, опираясь на систему обозначений, принятую в (Брэгг и Кларингбулл, 1967). Для соответствия ориентировки структур различных минералов группы и форстерита, примем единую установку для ячеек всех минералов так, как это предложено в (Минералы, 1972). В этом случае пространственная группа ромбических форстерита, норбергита и гумита выразится символом $R3m$, а пространственная группа моноклинных хондродита и клиногумита — $R12_1/a1$. Будем изображать структуры в проекции на (010) в направлении $[100]$.

В идеализированной структуре форстерита (рис. 1) плоскость ПГУ, как и во всех минералах группы, совпадает для выбранной проекции с плоскостью чертежа. Заполненные октаэдрические позиции, со-

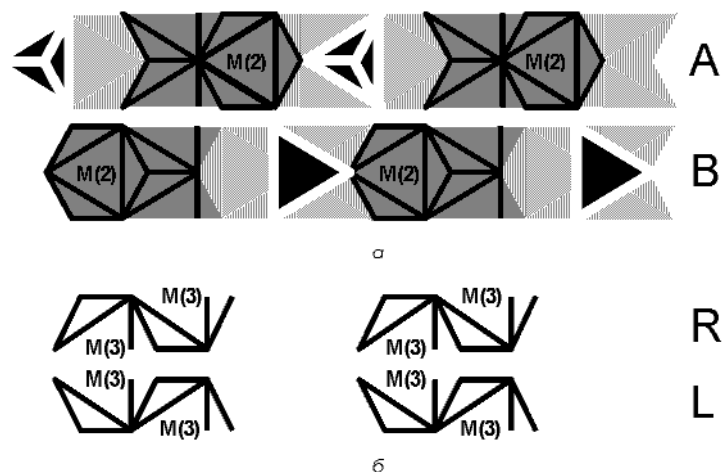


РИС. 2. Выделение структурных фрагментов минералов группы гюмита по Брэггу (Брэгг, Кларингбулл, 1967), проекция на (010) в принятой установке: а) форстеритовые слои А и В, б) селлаитовые слои R и L

держат Mg, подразделяются на два типа — M(1) и M(2). Форстеритовые блоки типа А и В, показанные на рис.2 (а), вырезаются из структуры форстерита и являются слоями высотой в половину параметра c_0 форстерита, параллельными (001) и в принятой проекции выглядящими как ленты. Брусит-селлаитовые энантиоморфные блоки R и L (рис. 2б) представлены слоями толщиной около четверти c_0 форстерита и содержат полуоктаэдры типа M(3). По структуре они являются рутилоподобными и бруситовыми могут называться лишь из-за обычного присутствия гидроксидов. Блоки соединяются таким образом, что R и L никогда не следуют подряд, тогда как блоки А и В могут соседствовать и друг с другом. Если порядок наложения блоков вдоль c^* (здесь и далее — вектор обратной решётки) обозначать буквами А, В, R и L, то в получающихся «словах» — циклических последовательностях для букв будут соблюдаться следующие правила сочетания: А следует только после В или после R, В — только после А или L, а R и L — только после В и А соответственно. Каждая последовательность однозначно определяет минерал, но не наоборот. Такую систему обозначения блоков, как и сами блоки, Н.В.Белов (Белов, 1976) называл Брэгговскими.

Период последовательности отвечает периоду вдоль c^* , равному $c_0 \sin \beta$ образовавшейся структуры. Число форстеритовых блоков в периоде всегда чётное. Параметры a_0 и b_0 сохраняются равными или очень близкими таковым форстерита. У ромбических минералов число блоков R и L совпада-

ет, у моноклинных — различается и величина разности определяет итоговый сдвиг за период и влияет на параметр решётки c_0 и угол моноклинности β . У известных моноклинных минералов группы разность составляет ± 1 . Чтобы угол моноклинности был тупым, в выбранных нами установке и проекции для моноклинных минералов преобладать должны блоки R. Приведём АВRL-формулы для магнезиальных минералов группы:

норбергит	ALBR
хондродит	ABR
гюмит	ABALBABR
клиногюмит	ABABR

Описанная схема выделения структурных фрагментов нашла широкое применение и использовалась многими исследователями группы гюмита, так что можно назвать её традиционной. Однако, уточнив структуру норбергита, Джиббс и Риббе с соавторами (Gibbs and Ribbe, 1968), хотя и подтвердили соответствие своих результатов и идеализированных структур, определённых Тейлором и Уэстом (Taylor and West, 1928), сделали вывод об интерпретации последних структур в виде чередования форстеритовых и селлаитовых слоёв как некорректной и послужившей источником ошибок. Так, оказалось, что традиционно выделяемые форстеритовые и селлаитовые слои не отвечают по составу форстериту и селлаиту (Jones, Ribbe *et al.*, 1969). Полностью отрицая возможность и целесообразность выделения подобных слоёв, Риббе и Джиббс (Ribbe, Gibbs *et al.*, 1968) рассматривают

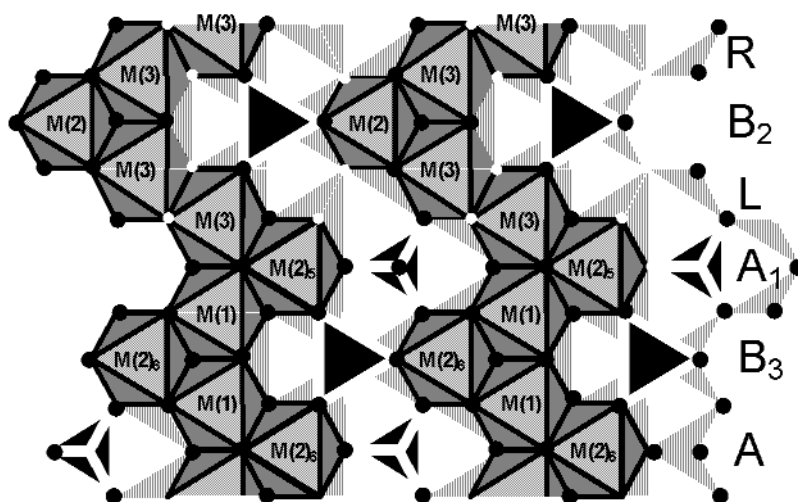


Рис. 3. Различия в координации октаэдрических позиций при различных способах сочетания блоков ABRL и три сорта форстеритовых блоков. ● – кислород, ○ – фтор

структуры минералов группы как существенно оливиноподобные с регулярным замещением части атомов кислорода в ПГУ на фтор и гидроксильную группу, сопровождаемым образованием вакансий в SiO_4 -тетраэдрах. В качестве ключевых деталей структуры принимаются зигзагообразные цепочки рёберно-связанных октаэдров. Достаточно ли в настоящее время оснований для полного отвержения традиционной схемы описания структуры или каких-либо её модификаций? Если достаточно, тогда группа гумита – морфотропный гомологический ряд, осложнённый изоморфизмом, а если выделение блоков возможно – то группу гумита можно считать ещё и полисоматической серией (Годовиков, 1997).

Анализ особенностей координации октаэдрических позиций в блоках R (L) и A(B) с учётом различия анионов и вариантов сочетания блоков (рис. 3) показывает, что состав так называемых «брусит-селлаитовых» блоков R и L – $2\text{Mg}(\text{F},\text{OH})\text{O}$ на ячейку, как и отметили Джонс и Риббе с соавторами (Jones, Ribbe *et al*, 1969). Остаётся добавить, что блоки A(B) имеют различный состав в зависимости от окружения и подразделяются на три сорта (рис. 3).

В случае норбергита форстеритовые блоки принадлежат к сорту $\text{A}_1(\text{B}_1)$, они окружены блоками R и L с обеих сторон. Октаэдр M(2) сохраняет своё обозначение, как единственный в своём роде и имеет два атома F на концах неподеленного ребра. Полуоктаэдры, образовавшиеся из октаэдров M(1) при вырезании блоков A(B) из структуры форстерита, объединяются с полуоктаэдра

ми M(3) селлаитовых блоков и получившиеся октаэдры получают обозначение M(3). Каждый блок сорта $\text{A}_1(\text{B}_1)$ вносит в ячейку вклад $2\text{Mg}_2\text{SiO}_3\text{F}^+$.

Форстеритовые блоки, контактирующие с селлаитовыми только с одной стороны, а с другой соседствующие с себе подобными, относятся к сорту $\text{A}_2(\text{B}_2)$. Полуоктаэдры блоков $\text{A}_2(\text{B}_2)$ – половинки октаэдров M(1) форстерита, со стороны контакта с блоком R или L объединяются с полуоктаэдрами M(3) и это обозначение применяется к составившимся из половинок октаэдров. Со стороны контакта с форстеритовым блоком полуоктаэдры объединяются с себе подобными и обозначаются M(1). Октаэдры M(2) блоков $\text{A}_2(\text{B}_2)$ со стороны контакта с блоком R или L имеют в качестве одного из лигандов атом F, позиция внутри такого октаэдра обозначается M(2)₅. Состав такого сорта блоков на ячейку – $\text{Mg}_4(\text{SiO}_4)\text{SiO}_3\text{F}^+$.

Наконец, блок $\text{A}_3(\text{B}_3)$, окружённый блоками $\text{B}_2(\text{A}_2)$ или своего сорта, обладает действительно форстеритовым составом и не содержит фтора, его октаэдрические позиции обозначаются M(1) и M(2)₆. На ячейку – $2\text{Mg}_2\text{SiO}_4$.

Можно было бы конечно провести границы слоёв извилисто, не рассекая анионы полам, а относя их к одному из соседних блоков целиком и по желанию так, чтобы избежать заряженности блоков и привести составы слоёв к первоначально заявленным. Но это не изменит локализацию связей Me-F и Me-O в блоках разного типа. Однако, несмотря на выявленные факты, схема ABRL, при должном раскрытии различий

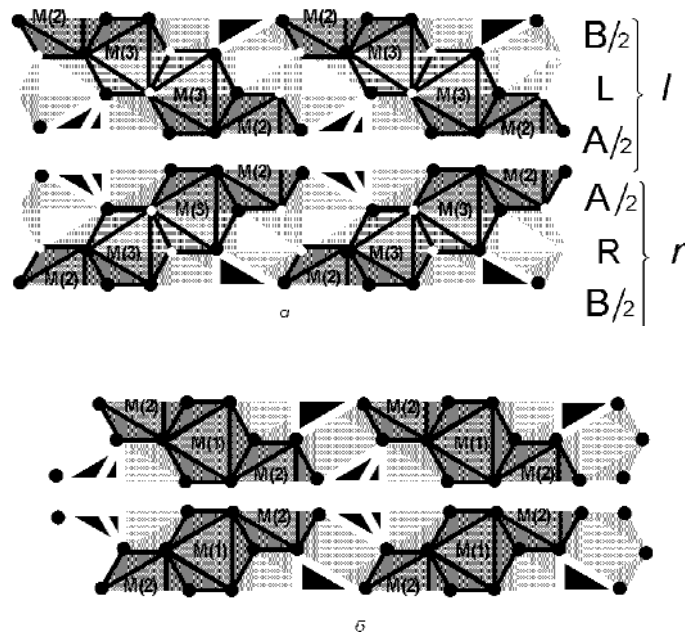


РИС. 4. Структурные фрагменты по схеме *abrl*: а) норбергитовые блоки *r* и *l*, б) форстеритовые блоки *a* и *b*. ● — кислород, ○ — фтор

между сортами блоков и устранении иллюзий о наличии фрагментов с составом и структурой селлаита, всё-таки однозначно задаёт состав и структуру и правильно передаёт топологические особенности координации атомов. Однако, различия в сортах блоков A(B) могут сказаться и на индивидуальных вкладах этих блоков в оптические свойства, так как различны связи Me-O и Me-(F,OH), сосредоточенные в различных сортах блоков в неодинаковом количестве.

Учитывая высказанные опасения, рассмотрим альтернативную схему выделения блоков (рис. 4), приводящую к уменьшению числа сортов до двух, если игнорировать энантиоморфизм, как это делалось и в традиционной схеме. Присоединяя с обеих сторон к блокам R(L) тонкие слои высотой в половину октаэдра, отделённые от буферных блоков A(B), получаем блоки (обозначим их соответственно *r* (*l*)), обладающие составом норбергита, в которых теперь собраны все атомы F(OH) и связи с их участи-

ем (рис. 4а). Платой за это преимущество является вхождение в такие блоки атомов Si и их связей с кислородом.

Два энантиоморфных блока *a* и *b* состава форстерита (рис. 4б) получим, вырезав слои из структуры форстерита со сдвигом на полуктаэдра по сравнению с A и B. Такие слои содержат целиком октаэдры позиций M(1) и полуктаэдры M(2), которые хотя и приобретают статус половин M(2)₅ или M(2)₆ в зависимости от типа соседей, тем не менее не изменяют набора атомов и связей в пределах своего блока. Предложенная схема выделения блоков не имеет слабых сторон, свойственных традиционной схеме и может служить для описания строения и состава любых минералов группы гумита наравне с традиционной до тех пор, пока не будут обнаружены минералы с неодинарными R(L)-вставками, что маловероятно.

Связь традиционных Брэгговских обозначений элементов последовательностей ABRL с новыми *abrl*, если сохранить ориентацию и последовательность упаковки

Таблица 2. Последовательность и содержание структурных компонентов в минералах группы гумита

Минерал	ABRL-схема	A+B	R	L	<i>abrl</i> -схема	<i>a+b</i>	<i>r</i>	<i>l</i>
Норбергит	ALBR	2	1	1	<i>rl</i>	0	1	1
Хондродит	ABR	2	1	0	<i>br</i>	1	1	0
Гумит	BABRABAL	6	1	1	<i>abrbal</i>	4	1	1
Клиногумит	ABABR	4	1	0	<i>babr</i>	3	1	0
Форстерит	AB	2	0	0	<i>ab</i>	0	0	0

вдоль c^* , выражается следующими символическими формулами:

$$r = B/2 + R + A/2, l = A/2 + L + B/2, \\ a = B/2 + A/2 \text{ и } b = A/2 + B/2.$$

Правила сочетания соответствующим образом изменяются. Для обозначения количеств блоков различных типов в периоде удобно для обеих схем — традиционной и предлагаемой, использовать те же буквенные обозначения, что и для самих блоков, различия в употреблении легко установить из контекста. Интересной особенностью количественных соотношений в схеме $ab|l$ является равенство избытков ($r-l$) и ($b-a$), тогда как всегда $A = B$ и не зависит от $(R-L)$. В таблице 2 приведены реализации и количественные характеристики в рамках традиционной и предлагаемой схем для минералов группы гумита и форстерита, являющегося крайним членом полисоматической серии форстерит — норбергит. Именно эти минералы должны считаться смешиваемыми компонентами полисоматической серии гумита, так как составов с содержанием более 50% $Mg(OH,F)_2$ не зафиксировано и селлаит не принадлежит серии.

Объёмные доли структурных компонентов, в качестве которых могут быть приняты как блоки $ABRL$, так и $ab|l$, связаны с числом блоков в ячейке и толщиной этих блоков. С использованием данных о параметрах ячеек 10 минералов группы гумита (Jones, Ribbe *et al.*, 1969), методом наименьших квадратов (МНК) установлены индивидуальные вклады q_i различных типов блоков в величину $c_0 \sin \beta$: $q_A = 3.018 \text{ \AA}$, $q_R = 1.354 \text{ \AA}$, $q_a = 3.018 \text{ \AA}$ и $q_r = 4.372 \text{ \AA}$. Среднеквадратичное отклонение (СКО) вычисленных с этими вкладами величин $c_0 \sin \beta$ от опытных составило 0.012 \AA . Вклады q_i являются оценками толщины блоков и могут быть приняты за их относительные объёмы.

Аддитивные модели индикатрисы

Объектом для первоначальной проверки гипотезы об аддитивности оптической индикатрисы минералов полисоматической серии гумита избраны синтетические $Mg-F$ представители серии, в которых исключено влияние изоморфных замещений на оптические свойства и потому их связь с переменным содержанием структурных компонентов должна выступать в неосложнённом виде. Характеристики синтетических минералов группы, используемые при расчётах, взяты из (Винчелл и Винчелл, 1967).

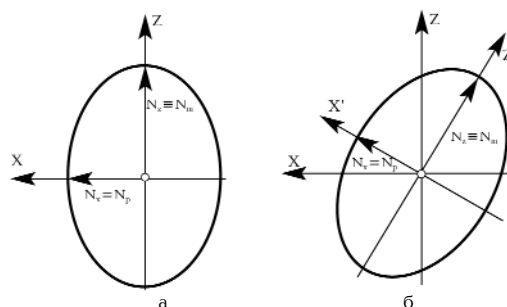


Рис. 5. Ориентировка индикатрисы относительно основной системы координат в проекции на (010): а) — ромбических минералов, б) — моноклинных.

Для моделирования индикатрисы выбрана кристаллофизическая правая система координат XYZ (далее — основная), в которой перечисленные оси совпадают с направлениями векторов a , b и c^* решётки в принятой установке. Для ромбических минералов группы ось Z направлена по направлению вектора c , совпадающему с направлением c^* . При таком выборе системы координат величины главных показателей ромбических минералов группы примут следующие обозначения: $N_g = N_y$, $N_m = N_z$ и $N_p = N_x$ (рис. 5а). Для случая моноклинных минералов условно приняты такие же соответствия, при этом подразумевается, что обозначения относятся к преобразованной системе координат $X'Y'Z'$, повернутой относительно основной вокруг оси X на угол γ , отсчитываемый в положительном направлении. Учитывая, что в моноклинных минералах группы ось индикатрисы N_p расположена в тупом угле β , угол погасания γ оказывается отрицательным, то есть штрихованная система координат для моноклинных минералов повернута относительно основной по часовой стрелке (Рис. 5б).

Тензоры диэлектрической непроницаемости ϵ^{-1} и диэлектрической проницаемости ϵ ромбических минералов в основной системе координат и моноклинных минералов — в штрихованной системе имеют канонический вид, характеризуются тремя главными значениями и записываются в виде

$$\epsilon = \begin{pmatrix} \epsilon_x & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_y & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_z \end{pmatrix}, \quad \epsilon^{-1} = \begin{pmatrix} \epsilon_x^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_y^{-1} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_z^{-1} \end{pmatrix}, \quad (1,2)$$

Тензоры моноклинных минералов в основной системе координат приобретут недиагональный вид, связанный с их главными значениями

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & 0 & \varepsilon_{13} \\ 0 & \varepsilon_{22} & 0 \\ \varepsilon_{31} & 0 & \varepsilon_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon_x \cos^2 \gamma + \varepsilon_z \sin^2 \gamma & 0 & (\varepsilon_x - \varepsilon_z) \cos \gamma \sin \gamma \\ 0 & \varepsilon_y & 0 \\ (\varepsilon_x - \varepsilon_z) \cos \gamma \sin \gamma & 0 & \varepsilon_z \cos^2 \gamma + \varepsilon_x \sin^2 \gamma \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\varepsilon^{-1} = \begin{pmatrix} \varepsilon^{-1}_{11} & 0 & \varepsilon^{-1}_{13} \\ 0 & \varepsilon^{-1}_{22} & 0 \\ \varepsilon^{-1}_{31} & 0 & \varepsilon^{-1}_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon^{-1}_x \cos^2 \gamma + \varepsilon^{-1}_z \sin^2 \gamma & 0 & (\varepsilon^{-1}_x - \varepsilon^{-1}_z) \cos \gamma \sin \gamma \\ 0 & \varepsilon^{-1}_y & 0 \\ (\varepsilon^{-1}_x - \varepsilon^{-1}_z) \cos \gamma \sin \gamma & 0 & \varepsilon^{-1}_z \cos^2 \gamma + \varepsilon^{-1}_x \sin^2 \gamma \end{pmatrix} \quad (4)$$

С главными значениями ε^{-1}_k и ε_k тензоров ε^{-1} и ε , где $k = X, Y, Z$, в отсутствие поглощения связаны соответствующие главные показатели преломления (Современная кристаллография, 1981):

$$N_k^{-2} = \varepsilon^{-1}_k \text{ и } N_k^2 = \varepsilon_k. \quad (5,6)$$

Таким образом, каждому минералу с измеренными главными показателями преломления отвечают определённые значения компонент тензора, который может быть записан в выбранной нами основной системе координат, для чего необходимо знать ориентировку индикатрисы, в частности — угол погасания γ для моноклинных минералов. Использование способов Фёдорова-Поккельса и Хойзера-Венка позволяет записать предполагаемые линейные зависимости известных из опыта компонент соответствующих тензоров минералов от подлежащих оценке неизвестных компонент индивидуальных тензоров, характеризующих различные типы блоков. Отыскание компонент индивидуальных тензоров по величинам компонент результирующих тензоров, оценённых с использованием измеренных показателей преломления, становится возможным при условии наличия предварительных сведений или предположений о форме выражения индивидуальных тензоров в основной системе координат. Во всех случаях, когда напрямую не учитывается связь компонентов тензоров ε^{-1} и ε с показателями преломления, выражения, относящиеся к тензорам обоих типов — непроницаемости и проницаемости, оказываются совершенно аналогичными и для экономии места достаточно приводить лишь выражения для тензоров ε .

С учётом особенностей симметрии структурных компонентов, выделяемых по

схемам ABRL и abrl и закономерностей их количественных соотношений в ячейке, индивидуальные оптические характеристики каждого сорта структурных компонентов описываются тензорами соответствующего вида. Так как энантиоморфные форстеритовые блоки А и В встречаются всегда в равных количествах, любому такому блоку может быть формально приписана одна и та же оптическая характеристика, отвечающая ромбическому минералу. Таким образом, тензоры блоков А и В в основной системе координат имеют канонический вид и характеризуются тремя главными значениями. Моноклинным по симметрии парам энантиоморфных блоков RL, ab и rl отвечают симметричные пары индивидуальных индикатрис, повернутых вокруг оси Y основной системы в противоположных направлениях на равные углы α_R , α_a и α_r , относительно оси Z. В преобразованных системах координат — повернутых относительно основной системы на соответствующие углы, тензоры моноклинных блоков будут иметь канонический вид и характеризоваться тремя главными значениями каждый. В основной системе координат тензоры моноклинных блоков приобретут недиагональный вид и их внедиагональные компоненты, если не будут компенсированы, войдут в результирующий тензор минерала, обусловив его косое погасание. Приведём соответствующие выражения только для тензоров ε блоков А(В), R и L, так как два последних аналогичны выражениям для других энантиоморфных моноклинных блоков:

$$\varepsilon_A = \varepsilon_B = \begin{pmatrix} \varepsilon_{AX} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{AY} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{AZ} \end{pmatrix}, \quad 7$$

$$\varepsilon_R = \begin{pmatrix} \varepsilon_{R11} & 0 & \varepsilon_{R13} \\ 0 & \varepsilon_{R22} & 0 \\ \varepsilon_{R31} & 0 & \varepsilon_{R33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{RX} \cos^2 \alpha_R + \varepsilon_{RZ} \sin^2 \alpha_R & 0 & (\varepsilon_{RX} - \varepsilon_{RZ}) \cos \alpha_R \sin \alpha_R \\ 0 & \varepsilon_{RY} & 0 \\ (\varepsilon_{RX} - \varepsilon_{RZ}) \cos \alpha_R \sin \alpha_R & 0 & \varepsilon_{RZ} \cos^2 \alpha_R + \varepsilon_{RX} \sin^2 \alpha_R \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$\varepsilon_L = \begin{pmatrix} \varepsilon_{L11} & 0 & \varepsilon_{L13} \\ 0 & \varepsilon_{L22} & 0 \\ \varepsilon_{L31} & 0 & \varepsilon_{L33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{RX} \cos^2 \alpha_R + \varepsilon_{RZ} \sin^2 \alpha_R & 0 & (\varepsilon_{RZ} - \varepsilon_{RX}) \cos \alpha_R \sin \alpha_R \\ 0 & \varepsilon_{RY} & 0 \\ (\varepsilon_{RZ} - \varepsilon_{RX}) \cos \alpha_R \sin \alpha_R & 0 & \varepsilon_{RZ} \cos^2 \alpha_R + \varepsilon_{RX} \sin^2 \alpha_R \end{pmatrix}, \quad (9)$$

$$\varepsilon_R + \varepsilon_L = 2 \begin{pmatrix} \varepsilon_{R11} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{R22} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{R33} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

Заслуживает внимания диагональная форма суммы тензоров $\varepsilon_R + \varepsilon_L$, что соответствует ромбической сингонии минералов группы с равными количествами блоков R и L, обеспечивающих компенсацию внедиагональных компонент результирующего тензора и, следовательно, прямое погасание. Соотношение (10) справедливо и для тензоров других пар энантиоморфных моноклиновых блоков – ab и l.

Содержание структурных компонентов в ячейке *i*-го минерала в зависимости от применяемой схемы выделения структурных компонентов характеризуется величинами $(A+B)_i$, R_i и L_i , или a_i , b_i , r_i и l_i (Табл. 3), которые после умножения на толщины q_i соответствующих блоков и нормировки на сумму всех произведений представляют собой V_{ji} – объёмные доли, с которыми индивидуальные тензоры *j*-х блоков дают вклады в результирующий тензор *i*-го минерала группы.

При интерпретации структуры в рамках ABRL и abrl – схем, результирующий тензор представляется следующими способами:

$$\varepsilon_i = V_{(A+B)i} \varepsilon_A + V_{Ri} \varepsilon_R + V_{Li} \varepsilon_L, \quad (11.1)$$

$$\varepsilon_i = V_{ai} \varepsilon_a + V_{bi} \varepsilon_b + V_{ri} \varepsilon_r + V_{li} \varepsilon_l. \quad (11.2)$$

Приравнявая отдельные компоненты результирующего тензора в (11.1) к суммам соответствующих компонент в правой части, с учётом (7), (8), (9) и компенсации внедиагональных компонент равными количествами энантиоморфных блоков R и L, получаем для схемы ABRL

$$\varepsilon_{11i} = V_{(A+B)i} \varepsilon_{AX} + (V_{Ri} + V_{Li}) \varepsilon_{R11}, \quad (12.1)$$

$$\varepsilon_{22i} = V_{(A+B)i} \varepsilon_{AY} + (V_{Ri} + V_{Li}) \varepsilon_{R22}, \quad (12.2)$$

$$\varepsilon_{33i} = V_{(A+B)i} \varepsilon_{AZ} + (V_{Ri} + V_{Li}) \varepsilon_{R33}, \quad (12.3)$$

$$\varepsilon_{13i} = \varepsilon_{31i} = (V_{Ri} - V_{Li}) \varepsilon_{R13}, \quad (12.4)$$

Для схемы abrl, в которой все блоки по отдельности являются моноклиновыми, приравнивание с учётом (7), (8), и (9) отдельных компонент в левой и правой частях в (11.2), приводит к более сложным зависимостям

$$\varepsilon_{11i} = (V_{ai} + V_{bi}) \varepsilon_{a11} + (V_{ri} + V_{li}) \varepsilon_{r11}, \quad (13.1)$$

$$\varepsilon_{22i} = (V_{ai} + V_{bi}) \varepsilon_{a22} + (V_{ri} + V_{li}) \varepsilon_{r22}, \quad (13.2)$$

$$\varepsilon_{33i} = (V_{ai} + V_{bi}) \varepsilon_{a33} + (V_{ri} + V_{li}) \varepsilon_{r33}, \quad (13.3)$$

$$\varepsilon_{13i} = \varepsilon_{31i} = (V_{ri} - V_{li}) (\varepsilon_{a13} + \varepsilon_{r13}). \quad (13.4)$$

Прежде оценки компонент индивидуальных тензоров была проведена предварительная проверка выполнения одного элементарного следствия предполагаемой модели, одновременно сравнивались при этом способы Фёдорова-Поккельса и Хойзера-Венка и был сделан выбор в пользу второго. Именно, в отношении тензоров соблюдается правило инвариантности следа (Ильин, Позняк, 1984) и должны оказаться весьма близки величины следов опытно установленных тензоров и сумм следов индивидуальных тензоров, умноженных на соответствующие V_{ji} . Для схем ABRL и abrl условия равенства следов получаем, суммируя (12.1-3) и (13.1-3) соответственно:

$$\text{tr}(\varepsilon_i) = V_{(A+B)i} \text{tr}(\varepsilon_A) + (V_{Ri} + V_{Li}) \text{tr}(\varepsilon_R), \quad (14)$$

$$\text{tr}(\varepsilon_i) = V_{(a+b)i} \text{tr}(\varepsilon_a) + (V_{ri} + V_{li}) \text{tr}(\varepsilon_r). \quad (15)$$

В левые части уравнений (14) и (15) в соответствии с (5) и (6) были подставлены величины следов тензора ε_i^{-1} диэлектрической непроницаемости $\text{tr}(\varepsilon_i^{-1}) = N_x i^2 + N_y i^2 + N_z i^2$, и следов тензора ε_i диэлектрической проницаемости $\text{tr}(\varepsilon_i) = N_x i^2 + N_y i^2 + N_z i^2$. Величины следов индивидуальных тензоров отыскивались процедурой МНК и вычисленные с этими величинами следы результирующих тензоров показали

Таблица 3. Оптические характеристики и содержание структурных компонентов в Mg-F-минералах группы гумита

Минерал	$N_x = N_p$	$N_y = N_g$	$N_z = N_m$	$x \angle N_p$	A+B	R	L	a	b	r	l
норбергит	1.548	1.570	1.552	0	2	1	1	0	0	1	1
хондродит	1.582	1.612	1.594	-22	2	1	0	0	1	1	0
гумит	1.598	1.63	1.606	0	6	1	1	2	2	1	1
клиногумит	1.608	1.636	1.618	-9	4	1	0	1	2	1	0

Таблица 4. Показатели преломления Mg-F-минералов группы гумита, рассчитанные с использованием индивидуальных тензоров блоков схемы ABRL

Минерал	$N_x = Np$	N_x выч.	$N_y = Ng$	N_y выч.	$N_z = Nm$	N_z выч.	$x \angle Np$	$x \angle Np$ выч.
норбергит	1.548	1.5477	1,570	1,5704	1.552	1.5521	0	0
хондродит	1.582	1.5824	1,612	1,6115	1.594	1.5931	-22	-22.9
гумит	1.598	1.5990	1,630	1,6284	1.606	1.6078	0	0
каингомит	1.608	1.6068	1,636	1,6377	1.618	1.6171	-9	-11.9
СКО		0.0004		0.0006		0.0005		1.52

Таблица 5. Индивидуальные показатели преломления блоков схемы ABRL

«Селлаитовых» блоков (вычисл.)	Главные показатели преломления Селлаита		«Форстеритовых» блоков (вычисл.)		Форстерита
	(Минералы, 1963)				(Минералы, 1972)
N_x	1.3519	1,381 — 1,390	N_x	1.6352	1,635
N_y	1.3338	1,370 — 1,378	N_y	1.6683	1,670
N_z	1.2991	1,370 — 1,378	N_z	1.6471	1,651

хорошее согласие со значениями следов ϵ_i , полученными из показателей преломления по способу Хойзера-Венка — относительное СКО составило 0.017% для обеих схем выделения структурных компонентов. Для следов тензоров ϵ_i^{-1} (способ Фёдорова-Поккельса) относительное СКО = 0.039%, также для обеих схем выделения.

В рамках схемы ABRL по способу Хойзера-Венка с использованием МНК определялись, по уравнениям (12), (8) и (9), главные значения ϵ_{Ax} , ϵ_{Ay} , ϵ_{Az} и ϵ_{Rx} , ϵ_{Ry} , ϵ_{Rz} индивидуальных тензоров ϵ_A и ϵ_R , с одновременным формальным поиском угла α_R , оптимального в смысле обеспечения минимума суммы квадратов невязок вычисленных результирующих тензоров с тензорами ϵ_i . Получены следующие оценки главных значений тензоров ϵ_A и ϵ_R : $\epsilon_{Ax} = 2.6739$, $\epsilon_{Ay} = 2.7863$, $\epsilon_{Az} = 2.7129$, $\epsilon_{Rx} = 1.8276$, $\epsilon_{Ry} = 1.7791$, $\epsilon_{Rz} = 1.6877$ и угол $\alpha_R = 72.11^\circ$. Вычисленные с использованием главных значений индивидуальных тензоров ϵ_A и ϵ_R главные показатели преломления для четырёх и углы погасания для двух минералов находятся в хорошем согласии с опытными данными (Табл. 4).

Главные значения индивидуальных тензоров блоков A(B) и R(L) позволяют оценить их главные показатели преломления (Табл. 5). Отличие этих показателей от показателей минералов, названия которых усвоены блокам, выделяемым по схеме ABRL, не являются неожиданными, так как блоки находятся во взаимодействии и реальный их состав не отвечает их условным названиям, как было показано выше.

Оценки МНК компонент тензоров ϵ_b и ϵ_r структурных блоков, выделяемых в рамках схемы abrl, также позволяют вычислить главные показатели преломления и углы погасания в хорошем согласии с опытом: СКО вычисленных главных показателей от N_x , N_y , и N_z составили 0.0004, 0.0006 и 0.0006 соответственно, и 1.33° для угла погасания. Однако набор V_{ji} , реализуемый в используемом массиве данных, приводит к неразрешимости в отно-

шении главных значений тензоров, кроме $\epsilon_{by} = \epsilon_{b22}$ и $\epsilon_{ry} = \epsilon_{r22}$. Из уравнения (13.4) следует, что вклады диагональных компонент ϵ_{b13} и ϵ_{r13} в результирующие тензоры ϵ_i осуществляются с одинаковыми коэффициентами, так что по данным о чистых Mg-F-минералах группы может быть оценена лишь сумма ($\epsilon_{b13} + \epsilon_{r13}$), которую невозможно разделить между тензорами блоков b и r. Это обстоятельство не позволяет однозначно привести тензоры ϵ_b и ϵ_r к диагональному виду и оценить их главные значения ϵ_{bx} , ϵ_{rx} , ϵ_{bz} и ϵ_{rz} . Тем не менее, сумма ($\epsilon_{b13} + \epsilon_{r13}$) с присущими ей коэффициентами ($V_{i1} - V_{i3}$) одна целиком формирует внедиагональную компоненту ϵ_{13} результирующего тензора моноклинных минералов группы и позволяет, используя также оценки ϵ_{b11} , ϵ_{b33} , ϵ_{r11} и ϵ_{r33} , вычислять все параметры индикатрисы, в том числе и угол погасания. Оценка компонент тензоров ϵ_b и ϵ_r приведены в табл. 6.

В случаях гумита и норбергита — ромбических минералов с прямым погасанием, содержания блоков и связанные с ними коэффициенты V_{ji} таковы, что внедиагональные компоненты ϵ_{b13} и ϵ_{r13} тензоров ϵ_b и ϵ_r принимают нулевое значение, согласно (10) или (13.4). Действительно, при равенстве $a = b$ и $r = 1$, парные энантиоморфные полуфорстеритовые и полунорбергитовые моноклинные блоки формируют количественные сочетания, отвечающие ромбическим форстериту и норбергиту в равных количествах в гумите и, что очевидно, ромбическому норбергиту — в норбергите. Следовательно, диагональные компоненты ϵ_{b11} , ϵ_{b22} и ϵ_{b33} , ϵ_{r11} , ϵ_{r22} и ϵ_{r33} сами по себе задают индивидуальные главные показатели преломления и являются главными значениями индивидуальных тензоров ϵ_{10} и ϵ_n для эквивалентов форстерита и норбергита, представленных в структуре в виде парных сочетаний пусть даже пространственно разобщённых блоков ab и rl. Соответствующие компонентам ϵ_{10} и ϵ_n индивидуальные главные показатели

Таблица 6. Компоненты индивидуальных тензоров блоков модели *abrl* и показатели преломления эквивалентов форстерита и норбергита

Оценки компонент тензоров	Рассчитанные показатели преломления эквивалентов форстерита и норбергита	Показатели преломления форстерита и норбергита (Минералы, 1972)	
$\epsilon_{b11} = \epsilon_{foX}$	2.6739	N_{foX} 1.6352	1,635
$\epsilon_{b1Y} = \epsilon_{b22} = \epsilon_{foY}$	2.7864	N_{foY} 1.6692	1,670
$\epsilon_{b33} = \epsilon_{foZ}$	2.7129	N_{foZ} 1.6471	1,651
$\epsilon_{r11} = \epsilon_{nX}$	2.3955	N_{nX} 1.5477	1,548
$\epsilon_{r1Y} = \epsilon_{r22} = \epsilon_{nY}$	2.4663	N_{nY} 1.5704	1,570
$\epsilon_{r33} = \epsilon_{nZ}$	2.4089	N_{nZ} 1.5521	1,552
$(\epsilon_{b13} + \epsilon_{r13})$	0.02071		

преломления для эквивалентов форстерита и норбергита приведены в таблице 6.

Хорошее соответствие этих величин реальным показателям форстерита и норбергита является закономерным, так как блоки, выделяемые по этой схеме, действительно обладают составами данных минералов и в указанных парных сочетаниях близкими структурами.

Выводы

Сравнивая аддитивные модели индикатрисы Mg-F-минералов группы гумита, построенные по двум схемам выделения структурных компонентов, можно констатировать, что обе модели достаточно хорошо позволяют предсказывать оптические характеристики минералов группы исходя из блочного представления их структуры, при этом модель в рамках схемы *abrl* даёт несколько лучшее предсказание угла погасания для моноклинных минералов. Это и понятно, так как в модели ABRL внедиагональная компонента результирующего тензора, ответственная за косое погасание, целиком обусловлена вкладами блоков типа R(L), тогда как в модели *abrl* за величину внедиагональной компоненты результирующего тензора отвечают как норбергитовые, так и форстеритовые блоки. В последнем случае разделить эту ответственность между ними невозможно, ограничиваясь лишь магнетизально-форстеристыми членами изоморфных рядов. Построение аддитивных моделей оптических свойств для минералов группы с проявлениями изоморфизма по схемам Fe→Mg, (OH)→F и TiO₂→Mg(F₁(OH))₂ является предметом дальнейших исследований и позволит, вероятно, разделить влияние различных типов блоков на величину угла погасания.

Аддитивные модели, основанные на предположении совокупного влияния индивидуальных свойств структурных компонентов, выделяемых традиционным и предложенным в данной работе способами, на оптические свойства минерала, адекватно описывают изменчивость индикатрисы и позволяют заключить, что традиционная интерпретация структур минералов группы гумита правомочна. Более корректное, с кристаллохимической точки зрения, описание структуры даётся предложенной в настоящей работе схемой *abrl*, позволяющей рассматривать минералы группы гумита как члены по-

лисоматического ряда, в котором в различных пропорциях сочетаются блоки форстеритового и норбергитового составов.

Построенные модели могут быть использованы для предсказания оптических характеристик гипотетических минералов группы, при условии, что их структура будет представлена в виде последовательности блоков ABRL или *abrl*.

В заключение автор выражает благодарность проф. Е.И.Семенову, плодотворные беседы с которым инициировали данную работу.

Литература

- Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. М., Недра, 1976. 323 с.
- Брэгг У., Кларингбулл Г. Кристаллическая структура минералов. М.: Мир, 1967. 390 с.
- Винчелл А.Н., Винчелл Г. Оптические свойства искусственных минералов, М.: Мир, 1967. 526 с.
- Годовиков А.А. Структурно-химическая систематика минералов. М.: 1997. 247 с.
- Дир У.А., Хауи Р.А. и др. Породообразующие минералы, т.1. М.: Мир, 1965. 371 с.
- Ильин В.А., Позняк Э.Г. Линейная алгебра. М.: Наука, 1984. 294 с.
- Минералы, т. 2, вып.1, под ред. Ф. В.Чухрова, М.: Наука, 1963. 296 с. т.3, вып.1, под ред. Ф. В.Чухрова, М.: Наука, 1972. 883 с.
- Пунин Ю.О. Аномальная оптика слоистых гетерогенных кристаллов. //ЗВМО, 1989, вып. 1, с. 76 – 90.
- Современная кристаллография, т.4, под ред. Б.К. Вайнштейна, М.: Наука, 1981. 496 с.
- Gibbs G.V., Ribbe P.H., The crystal structure of the humite minerals: I. Norbergite. //Am. Miner. 1969, v. 54, nos. 3 – 4, pp. 376 – 390.
- Jones N.W., Ribbe P.H. et al., Crystal chemistry of the humite minerals. //Am. Miner. 1969, v.54, nos. 3 – 4, pp. 391 – 411.
- Penfield S.L., Howe W.T.H. On the chemical composition of chondrodite, humite, and clinohumite. //Am. J. Sci., 1894, ser.3, 47, pp. 188 – 206.
- Ribbe P.H., Gibbs G.V. et al., Cation and anion substituents in the humite minerals. //Miner. Mag., 1968, v.36, №283, pp. 966 – 975.
- Sahama T.G. Mineralogy of the humite group. //Ann.Acad. Sci. Fennicae, 1953, III, Geol. Geogr., 31, pp.1 – 50.
- Taylor W.H., West J. The crystal structure of the chondrodite series. //Proc. Roy. Soc., London, 1928, 117, pp. 517 – 532.
- Winchell A.N. and Winchell G. Opticheskie svoystva iskustvennykh mineralov (Optical properties of synthetic minerals. M.: Mir, 1967. 526 p. (Rus).

УДК 069:569

ИЗДЕЛИЯ КОЛЫВАНСКОЙ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ФАБРИКИ В МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ им. А.Е.ФЕРСМАНА РАН

М.Б.Чистякова, Н.Р.Буданова

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН. Москва, mineral@fmm.ru

Краткая история открытия декоративных камней на Алтае и появления там камнерезного дела. Описание изделий Колыванской гранильной фабрики в коллекции Музея.

В статье 10 цветных фото, в списке литературы 9 названий.

История камнерезного искусства России своеобразна. Возникнув на тысячелетия позже европейского и восточного, оно в короткий срок, начиная с XVII – XVIII вв., достигло поразительных вершин. Такое позднее развитие связано с затянувшимся становлением России как единого государства и, соответственно, с поздно появившимся интересом к богатствам недр и их обработке.

При всей любви к роскоши, московские государи долгое время вынуждены были довольствоваться привозными заморскими драгоценными камнями, которые покупали у восточных купцов, идущих по Великому Шелковому пути далеко к югу от границ России того времени. Соответственно и обработка драгоценных камней отсутствовала. Она сводилась лишь к закреплению ярких самоцветов в государевых и церковных одеждах и утвари.

Следует, однако, сделать оговорку – мягкий камень на Руси обрабатывался еще с домонгольских времен и до объединения разрозненных княжеств в единое государство. Это был плотный мягкий белый известняк – распространенный строительный материал. Из него возводили дворцы, монастыри, храмы, оборонительные стены и башни. И использовался он не только как строительный материал. Резьба по нему широко применялась для украшения зданий. Замечательные памятники архитектуры многих древних (XII – XIII вв.) городов России до сих пор изумляют каменным кружевным узором, иной раз почти сплошь покрывающим стены строений (Владимир, Ярославль, Ростов Великий, Суздаль...).

Постепенно белокаменное строительство сменяется кирпичным, но еще долго известняк был единственным природным материалом, служившим для декорирования зданий. Резные колонки, наличники, кокошники, мифические существа, растительный орнамент и прочие замысловатые детали

традиционно исполнялись из этого податливого резцу нарядного камня. Однако с течением времени это искусство стало сходить на нет и к моменту появления в России камнерезной промышленности было забыто.

Интерес к своим узорчатым камням и к их обработке явственно начал проявляться в России с середины XVII в., в царствование первого государя из рода Романовых – Михаила (1613 – 1642). Приглашенные для этой цели зарубежные специалисты даже пытались искать драгоценные камни в окрестностях Москвы и Твери (Валишевский, 1911).

Поиски в центральной части России не увенчались успехом, но интерес к земным богатствам страны не угас. В 1668 г. (Мартинова, 1973) появляются достоверные сведения о находках в Уральских горах (близ Мурзинского острога) горного хрусталя, голубых топазов, аметистов, красных турмалинов, бериллов. Но это были пока что лишь единичные знаки. Регулярного промысла еще не было. А о наличии в России декоративных камней и вовсе еще не знали.

Реформы Петра I, коренным образом изменившие жизнь России, заставили обратить серьезное внимание и на освоение земных богатств страны. Для армии, флота нужны были металлы. Для строительства городов, и особенно новой столицы на топких берегах Невы, требовалось огромное количество строительного камня. Острая нехватка его при возведении Петербурга привела даже к тому, что в 1714 г. появился запрет на каменное строительство в России, а всякий приезжавший на место будущей столицы должен был привозить с собой камни. Интерьеры первых дворцов наполнялись зарубежным мрамором и европейскими изделиями.

Долго так продолжаться не могло. И в 1717 г. Петр I учреждает Берг-коллегию, призванную организовать поиск и добычу отечественных руд и «каменьев». Постепенно начинают осваиваться собственные месторождения различных металлов, прочного

строительного материала, а затем и декоративного камня.

Не менее сложным было дело и с камнеобработкой. Поначалу свои мастера лишь обтесывали камень, а для более тонкой работы приходилось звать иноземцев. Масштабы работ были очень невелики. Это никак не вязалось с грандиозными проектами. Не только камни, стекло обрабатывать было негде.

В самом конце своего царствования, в 1722 г. Петр издает указ о создании в Петергофе первой в России казенной шлифовальной мельницы, предназначенной для «пилования и полирования мраморного и другого камня» (Буданов, 1980) и полировки стекла. Она сгорела в 1731 г., а в 1735 г. по указу императрицы Анны Иоановны была восстановлена уже для шлифования и полирования «...всяких найденных в здешнем государстве ясписовых и прочих камней...».

Но Петергоф, хоть и рядом со столицей, очень удален от тех мест, где в XVIII в. открываются многочисленные залежи мрамора и цветных камней. А происходит это на «Камне», как тогда называли Урал. Там, в окрестностях уже действующих железо- и медеделательных заводов, находят все новые и новые «каменья». И почти одновременно с работами на Петергофской фабрике, в 1726 г., на Исетском казенном заводе тоже начинается обработка камня. Здесь в промышленных масштабах сначала используется лишь мягкий материал, хотя к этому времени найдены и некоторые твердые камни — халцедон, кварц. Дальнейшее бурное развитие горного дела на Урале, выявление месторождений разнообразных цветных камней — драгоценных, поделочных, строительных — привело к открытию в 1751 г. на Урале самостоятельного камнеобрабатывающего предприятия — Екатеринбургской казенной гранильной фабрики.

А тем временем освоение земных богатств Россией происходило и гораздо восточнее Урала. В конце века начинается планомерное изучение Алтая. Найдены медные и серебряные руды, построен (1782–1784) Локтевский (Локоть — крутой изгиб реки) меде- и сереброплавильный завод на р. Алее. Интерес к району растет, и, по указу Екатерины II, в окрестностях завода начинаются усиленные поиски «не только руд, но всякого рода камней и минералов полезных».

В 1786 г. в соответствии с царским повелением на поиск отправилось девять отрядов. Одним из них руководил лекарь Локтевского завода Петр Иванович Шангин. Удивительный человек, изучивший, помимо

медицины, ботанику, картографию, этнографию и многое другое, он увлекся камнями и, будто в награду, именно ему «послужило щастие» обследовать верховья р. Чарыша и выйти к ручью Коргону. Были встречены халцедоны и топазы, но главное — нашли яшмы и разноцветные порфиры, брекчии, мраморы (Родионов, 1988, 2002). Отрядом П.И.Шангина были открыты почти все знаменитые породы Алтая. Позже были обнаружены только ревневская яшма (1789) и белорецкий кварцит (1806).

Посланные в Петербург образцы понравились. Началась ломка порфира вблизи Локтя, и решено было тут же строить шлифовальную мельницу «...для обрабатывания колонн, вазов, столов, каминов и других сим подобных приборов». Уже в 1787 г. на ней были сделаны первые аршинные (аршин — 71.12 см) вазы из черного локтевского порфира (Родионов, 1988, 2002). Но возможности локтевского производства были ограничены. Делали там, главным образом, мелкие вещи, а если были и крупные, то вытачивались они «на круглом ходу», т.е. на токарном станке. Они были монолитными, гладкими, без резных орнаментов. И расположен Локоть был далеко от большинства найденных месторождений поделочных камней Алтая. В 1800 г. из Петербурга пришло распоряжение Кабинета Его Императорского Величества — «Закреть Кольванский серебро- и медеплавильный завод и устроить вместо него шлифовальную фабрику». Ее открыли в 1802 г. На новой фабрике уже в первой половине XIX столетия выпускали крупные, даже гигантские изделия. По сложности, мастерству, художественной ценности они очень отличаются от локтевских (Буданов, 1980).

История Кольванской фабрики трагична. Пережив в течение XIX в. бурное развитие, изготовив огромное количество непревзойденных (в мировом масштабе) шедевров, она к концу столетия оказалась почти забыта, а ее удивительные искуснейшие мастера — невостребованными. Уникальное предприятие, аналогов которому не было и нет ни в России, ни в мире, вдруг оказалось вне сферы интересов своих заказчиков и владельцев. В замечательных книгах геолога-писателя А.Родионова «На крыльях ремесла» (1988) и «Кольвань камнерезная» (2002) увлекательно описаны радостные и горестные события ее истории, освещены судьбы многих необыкновенных людей, открывавших залежи алтайских сокровищ, невероятным трудом добывавших и обрабатывавших их.

Мы коснемся лишь нескольких моментов из прошлого фабрики, интересных, как нам кажется, при рассмотрении ее изделий, хранящихся в Минералогическом музее им. А.Е.Ферсмана РАН.

Одной из отличительных черт Кольвани было то, что камнерезное искусство возникло здесь буквально на пустом месте. Если на Урале еще до открытия казенной мастерской были коренные камнерезы-умельцы и интерес к цветному камню и его кустарной обработке был обычным, то на Алтае камень никогда не связывался в умах людей с предметами искусства. Поэтому, казалось бы строителями ее, и тем более мастерами-камнерезами, должны были бы быть (во всяком случае могли быть) иностранцы, как и во времена Петра I, которые учили своему ремеслу мастеров Петергофа, а затем сыграли некоторую роль в развитии камнерезного дела в Екатеринбурге. Кольвань же строится исключительно русскими мастерами, и камнерезы здесь к тому же, практически, только местные. Лишь в самом начале организации камнерезного дела на Алтае — еще в 1786 г. — на Локтевский завод прислали из Петербурга несколько петергофских мастеров. И это при том, что никаких традиций по добыче и художественной обработке декоративного камня на Алтае не было.

И еще одно обстоятельство характерно для Кольвановской фабрики. Она с самого начала своего существования была предприятием художественной промышленности. Здесь не шлифовались и не обрабатывались строительные камни. И, в отличие от Петергофа и Екатеринбурга, Кольвань с первых шагов стала обрабатывать твердый камень, причем наиболее рациональным способом.

Разнообразие алтайских поделочных камней невелико. Это лишь порфиры, яшмы и сливной кварц (кварцит). Однако каждая из этих пород разнообразна по цвету. Среди порфиров есть темно-красный, серо-фиолетовый, зеленый, черный. Некоторые из них (красный, зеленый) очень похожи на породы, добывавшиеся еще в античные времена в Египте (красный) и на Пелопоннесе (зеленый) и украшавшие дворцы и храмы древних египтян, а затем римлян. Из-за этого сходства алтайские породы также получили название «античных» (Ферсман, 1959). В XVIII в. порфиры и яшмы Алтая не различали. Все считалось яшмой, хотя даже внешне эти породы легко узнаваемы. В XIX в. в описях изделий Кольвани породы четко и правильно обозначены.

Яшма, твердая горная порода, в течение всей истории человечества использовалась для мелких поделок (талисманов, украшений, печаток). И только в XVIII в. после открытия крупных месторождений ее на Урале и на Алтае она стала применяться в крупных декоративных изделиях.

Яшмы Алтая также достаточно разнообразны. Самая знаменитая среди них — ревневская (с горы Ревневой). И чаще всего при упоминании алтайской яшмы имеется в виду именно эта — серо-зеленая с пятнами и полосами зеленовато-серого и темно-зеленого цвета, прозванная с самого начала зелено-волнистой. В зависимости от рисунка различают волнистую, полосчатую и парчовую. Минеральный состав их сходен, а интенсивность окраски и рисунок связаны лишь с преобладанием темных (эпидот, актинолит, магнетит) или светлоокрашенных (кварц, полевые шпаты и др.) минералов и их взаимного расположения (Барсанов, Яковлева, 1978).

Помимо ревневской, достаточно широко известны яшмы гольцовская (зеленовато- и голубовато-серая) и риддерская (брекчиевидной текстуры с серыми и розовыми неправильной формы обломками, заключенными в светло-зеленый цемент). Очень необычна коргонская «копейчатая» яшма. По сути, это темно-серый кварцевый порфир с включением сферолитов альбита (Барсанов, Яковлева, 1978), похожих на копейки. Название это придумал открывший ее на Малом Коргоне П.И.Шангин. Изделий из этой породы гораздо меньше, чем из упомянутых ранее. И еще одна разновидность яшм есть на Алтае — «дендритовая». Она почти нацело состоит из мельчайших зерен кварца, лишь изредка встречаются зерна топаза и магнетита. В соответствии с таким составом она окрашена в несвойственный яшмам белый или слегка желтоватый цвет. На светлом фоне хорошо видны дендриты черного (предположительно, органика) и бурого (по-видимому, оксид железа) цвета (Барсанов, Яковлева, 1978). Залежи ее расположены по ручью Хаир-Кумир (приток Чарыша). Изделий из нее известно немного. Есть на Алтае и сургучная яшма, но она не получила большой известности.

Следует заметить, что с петрографических позиций то, что принято считать яшмами Алтая, представляет собой группу очень разных по составу и по генезису пород. Общим для них является лишь тонкозернистость и хорошая полируемость (Барсанов, Яковлева, 1978).

Широко известен еще один замечательный алтайский декоративный камень — белорецкий кварцит (белоречит). Чисто белый, розовый, желтый разномзернистый, местами полупрозрачный камень хорош и для достаточно крупных изделий и для мелкой пластики. В отличие от порфиринов и яшм, изделия из которых, за малым исключением, изготавливались только на Кольвани, белорецкий кварцит использовался и другими камнерезными мастерскими, казенными и частными.

Интересно, что внимание к Алтаю среди столичных заказчиков проявлялось не только в связи с изделиями из новых пород. Из-за начавшейся еще в середине XVIII в. «... всеобщей минералогической болезни» (по выражению президента Берг-коллегии П.А.Соймонова) в столице интересуются и самими породами Алтая, разномвидностей которых насчитывают более полутора сотен. Из Петербурга пишут: «Ее императорскому Величеству благоугодно иметь от всех находящихся порфиринов, яшм и других камней пробочки от каждого раза по две коллекции». Образцы нужны и для учебных заведений Петербурга. Кабинет заказывает сразу 10 коллекций по 130 «пробочек». И еще пишет на Алтай из Петербурга П.А.Соймонов: «Здесь наши порфиры всем головы вскружили. А потому дня нет, чтобы чужестранные для доставки к своим дворам образчиков не просили...». Он же просит прислать материал для президента Академии наук Е.Р.Дашковой: «...княгиня замучила меня требованием штуфов...» (Родионов, 1988, 2002).

И в следующем XIX в. коллекции алтайских цветных камней популярны и высоко ценятся. Их использовали даже в качестве дипломатических подарков (Родионов, 1988, 2002). Из воспоминаний главного мастера фирмы Фаберже Ф.П.Бирбаума известно, что и эта столь прославленная фирма заказывала на Кольвани коллекцию алтайских пород (Фаберже, Горыня и др., 1997).

Но прославилась фабрика, конечно, не «пробочками» и штуфами, а своими великолепными изделиями.

Одна из замечательных особенностей алтайских месторождений состоит в том, что почти все найденные там породы можно было выламывать огромными блоками, из которых затем вырезали грандиозные по размерам цельные изделия. Разнообразные цветные камни Урала не давали крупных монолитных скоплений, часто были трещиноваты. Исключением является лишь зеле-

новато-серая однотонная и плотная яшма с оз. Калкан, из которой были изготовлены очень крупные вазы сказочной красоты.

Кольванская фабрика стала бурно развиваться сразу после открытия. Предпосылки для этого были весьма основательные. Камнерезы пришли сюда из мастерской Локтевского завода. Они владели чутьем и навыками художественной обработки камня вполне профессионально. И во главе фабрики стоял ее практический основатель — бывший управляющий локтевской мастерской, талантливый художник и техник, потомственный камнерез Филипп Васильевич Стрижков.

Заказы поступали из Кабинета в огромных количествах, причем за небольшим исключением, нужны были очень крупные изделия, способные украсить огромные залы новых царских дворцов. Материал для работы добывался рядом. Ломать его в условиях горной местности было трудно и опасно, но зато фабрика не зависела от поставок камня из других районов страны. Работа шла бесперебойно днем и ночью. Из-за огромных размеров добываемых блоков и величины заказываемых вещей, а также труднопреодолимых путей доставки, обтеска материала производилась на месте ломки, и только потом он доставлялся на фабрику. Обычно это возможно было лишь зимой.

Победа над Наполеоном вызвала мощный подъем духовных сил в России. Патриотические настроения находят выражение в торжественном, героическом облике художественных произведений того времени. Особенно ярко это проявилось в архитектуре. Возводятся новые величественные дворцы и храмы. А это, в свою очередь, влечет за собой всплеск интереса к крупным формам камнерезного искусства. Кольвань именно такими работами и славится. Она безостановочно поставляет в Петербург вазы, чаши, столы, колонны, постаменты и пр. Огромные изделия с великими предосторожностями везут и сушат и водою. Именно в это время (1820 — 1843) создается из ревневской яшмы колоссальная (большой диаметр 5 м, высота 2,6 м, вес, примерно, 10 тонн) «царица ваза» — чудо камнерезного дела и по размерам и по качеству обработки. С величайшими предосторожностями преодолеваются тысячи километров трудного пути, и ваза невредимо доставляется в Петербург.

В середине XIX в. (1840 — 1850-е гг.) строится Новый Эрмитаж. И опять Кольвань загружена царскими заказами, и безостановочно вертятся валы машин и склоняются к из-

делиям мастера — с рисунками, измерительными приспособлениями; колдуют, полируют, залечивают природные дефекты камня и без конца выверяют точность форм и качество отделки.

В 1851 г. изделия кольванцев демонстрируются на Всемирной выставке в Лондоне. Величина и красота их поражают публику, ничего до того не знавшую о камнерезах Сибири. Комиссар-оценщик писал: «...размеры и вес этих масс таковы, что я должен сознаться — не знаю других подобных изделий. Я не думаю даже, чтобы столь трудные и так хорошо отделанные произведения были когда-либо исполнены со времен Греков и Римлян» (Буданов, 1980). Участие в Лондонской выставке принесло Кольвани патент выставки и медаль второй степени. Это означало всемирное признание. Затем было успешное участие в других международных и российских выставках с получением наград.

Во второй половине XIX в. интерес к крупным изделиям камнерезов со стороны Кабинета Его Императорского Величества угасает. Ими уже заполнены залы дворцов. Кроме того, отмена крепостного права в 1861 г. повлекла за собой значительное удорожание труда. Штат фабрики сокращается. Заказов становится все меньше, да и не все заказанные вещи попадают в переполненные залы. Многие из них хранятся на складах Кабинета. К концу века на устроенную американцами Всемирную выставку в Чикаго (1893) кольванцы ничего нового не представили. Туда отправили старые вещи со складов Кабинета.

XX век оказался для Кольвани неудачным. Мировые войны и революционная ломка сделали свое дело. Фабрика, принесшая всемирную славу русскому сибирскому камнерезному искусству, была заброшена и почти не использовалась государством по назначению. Кольвань неоднократно переходила из одного ведомства в другое. На ней делались вальцы, абразивные брусочки, облицовочные плитки, временами мелкие изделия для повседневного обихода, сувениры.

Уже в послевоенное время было сделано несколько крупных ваз. Но они оказались очень дороги. Производство их прекратилось. Сейчас появилась надежда на возобновление уникального производства. Но когда она сбудется — неизвестно.

Прочность алтайских камней и монументальность изделий Кольванской фабрики защитила много из них от порчи и гибели. Значительное количество прекрасных ваз, канделябров, каминов и других из-

делий до сих пор украшает залы музеев и интерьеры учреждений.

После Октябрьской революции часть изделий из запасников царских дворцов и апартаментов высшей аристократии была передана в музеи и другие публичные организации. В их числе был и Минералогический музей, где эти вещи привлекают внимание красотой камня и качеством обработки.

Надо сказать, что атрибуция каменных изделий даже знаменитых фабрик часто весьма сложна, так как на них нередко отсутствуют какие-либо знаки типа клейм или пробы, почти всегда имеющиеся на металлических вещах. Это касается и кольванских изделий. На фабрике в разные годы были разные правила оформления вещей. В первую половину XIX века изделия не подписывались, и если они не были занесены в книгу изготовленных вещей с подробным описанием и указанием размеров, то впоследствии установить идентичность изделия, имеющегося в перечне, с рассматриваемым практически невозможно. Лишь в 1853 г. циркуляром от 8 декабря Кабинет предписал, чтобы «...на плитусах ваз, чаш, канделябров и пьедесталов обозначено было высечкою буквами название фабрики, время начатия и окончания изделий обработкою, а также имя мастера, под руководством коего они производились».

С указанными выше трудностями пришлось столкнуться и при выяснении времени изготовления некоторых наших вещей. Так, в Музее экспонируются две гладкие кувшинообразные вазы из ревневской яшмы. Обе состоят из трех смонтированных частей. На плоском круглом профилированном основании располагается слегка сплющенное шарообразное тулово, переходящее в узкое, расширяющееся кверху открытое горло. Граница горла с туловом подчеркнута тонким вертикальным пояском (фото 6, 8). Вазы совершенно идентичны по размеру и форме и различаются только рисунком яшмы. Одна из них сделана из волнистой, другая — из парчовой яшмы. В отличие от четкого графического рисунка волнистой яшмы, причудливые очертания темных и светлых пятен зеленого тона в парчовой яшме создают впечатление фантастического динамичного узора.

Попытка опознать наши вазы по описям «Книги обработанных на Кольванской шлифовальной фабрике каменных вещей и отправленных в Санкт-Петербург в Кабинет Его Императорского Величества с 1786 г.» (Родионов, 2002) успеха не имели.

Надо сказать, что кувшинообразная форма этих ваз совсем не соответствует стилю изделий, выпускавшихся фабрикой. В подавляющем большинстве это были вазы классических (или близких к ним) форм, эскизы которых, разработанные выдающимися архитекторами того времени (К.Росси, Д.Кваренги, И.И.Гальбергом, А.Н.Ворониным и др.), присылали из Петербурга. Поэтому не удалось даже приблизительно сопоставить наши вазы с известными. Описания нескольких кувшинообразных ваз, упоминаемых в «Книге...», не совпадают с нашими.

Поскольку вещи стали подписывать с 1850-х гг., можно предположить, что эти вазы сделаны ранее. Может быть? Именно поэтому исследователь камнерезного искусства на Алтае С.М.Буданов полагал, что они сделаны в 1840-х гг. (Буданов 1980). В 2002 г. вышла в свет книга А.Родионова «Кольвань камнерезная», среди иллюстраций которой помещен контур вазы из ревневской яшмы в виде кувшина, подаренной Александром III турецкому султану Северет-паше в 1880 г. Он практически совпадает с контуром ваз Музея. Слегка измененные пропорции можно объяснить тем, что во время работы кольваньские мастера их подправили, что бывало не раз, так как соотношения отдельных частей в эскизе и в готовой крупной вещи из камня воспринимаются по-разному. Тело подаренной вазы, в отличие от наших, покрыто спиралевидными желобками, что вместе с формой еще более соответствует «восточному» стилю изделия. В частной беседе А.Родионов высказал предположение, что наши вазы — 1870-х годов. Вопрос остался невыясненным.

Вазы демонстрируются в Музее на постаментах из красного коргонского порфира, представляющих собой круглые гладкие колонны с резными ложками в более широкой верхней части, стоящие на основании сложной формы. На одном из постаментов выгравировано «Кольв. Шлифов. Фабрика. 1896 г.».

Если считать 40-е годы XIX в. датой появления кувшиноподобных ваз, то следующими за ними по времени изделиями являются каминные из той же ревневской яшмы.

В 1840—1850 годах строился Новый Эрмитаж. Для него граф Л.А.Перовский, бывший в то время главой Кабинета, заказал на Кольвани среди прочих вещей шестнадцать каминов из разных пород. По заказу Кабинета от 22 марта 1856 г. за № 2149 их было к 1869 г. изготовлено двенадцать. А установлен только один. Остальные попали на склад

и два из них в 20-е годы XX в. оказались в нашей коллекции (фото 10).

Каминные изготовлены из ревневской волнистой яшмы и идентичны по общей композиции, цвету, декору и размеру. Декорировка их предельно проста — низкие плоские профили отдельных частей, рельефные скругленные тяги на передней и боковых стенках, раскреповка углов верхней доски и завершений пилястр по углам. Единственное небольшое резное украшение расположено в центре передней доски. Это растительный мотив в медальоне сложной формы, по сторонам которого на гладкой поверхности выступают яйцевидные элементы. Лаконичная по своим формам композиция каминов оживляется сочетанием прямых и криволинейных деталей декора. А наличие больших полированных гладких плоскостей не нарушает, а подчеркивает красоту камня, что увеличивает художественный эффект изделий.

Каминные делались в разное время. Может быть именно этим объясняется некоторое несущественное отличие в их резных украшениях и в степени обработки внутренних частей. На верхних досках каминов выгравированы тексты с указанием места и времени их изготовления. На более раннем — «Кольв. Шлиф. Фабрика. Начать обработкой 8 марта 1861 г. Оконченъ 24 февраля 1863 г. Управляющий Надвор. Совѣт. Злобинъ» (фото 9). Над вторым работали с 1866 по 1869 г. В упоминавшейся ранее «Книге обработанных... вещей...» есть эти каминные, причем стоимость более раннего составила 3486 рублей, а более позднего — 7607 рублей.

Еще две крупные подписанные вещи Кольваньской фабрики демонстрируются в Минералогическом музее. Это большое трюмо из серо-фиолетового порфира (фото 5) и ваза из того же материала на серо-зеленом порфириновом постаменте. Это тоже царские заказы. Они поступили из Кабинета под № 1769 от 22 июня 1871 г.

Трюмо состоит из четырех взаимосвязанных деталей: основной средней части, являющейся обрамлением большого овального зеркала; закругленного резного завершения наверху; плоской горизонтальной столешницы и резного подстоля с прямоугольным зеркалом (фото 5). Трюмо изготовлено из мелкозернистого однотонного, почти не имеющего рисунка порфира. Изделия из такого материала обычно щедро украшались резьбой. Не является исключением и это трюмо. Его идеально гладкая полированная поверхность контрастирует с рельефной

резьбой, расположенной, в основном, над зеркалом, на ножках подстоля, а также на передней грани столешницы и пилястрах. В наиболее высоком рельефе выполнена рюкательная рамка в середине верхнего полукруглого завершения. Внутри него ровная поверхность камня осталась нешлифованной (возможно, по замыслу художника, там должна была быть вставная деталь). Высокий рельеф картуша уравновешен объемными завершениями боковых пилястр средней части трюмо и выпуклыми резными деталями над ней. Из плоскостей пилястр также выступают резные цветы и медалионы. По данным «Книги обработанных... вещей...», трюмо обошлось в 40180 рублей.

Слева в нижней части подстоля выгравирована дата изготовления изделия — 1871 — 1874 гг.

Упомянутая выше порфиновая ваза на постаменте из того же заказа Кабинета весьма отличается от большинства сохранившихся к нашему времени изделий Кольвани (фото 3). Форма ее нетрадиционна и непропорциональна. Тяжелое, расширяющееся книзу, как бы оплывшее, тулово поддерживается невысокой сильно профилированной ножкой с широким основанием. Нижняя, самая тяжелая часть тулова орнаментирована резными вогнутыми ложками. В центральной его части расположены две овальные рамки. Высокое, расширяющееся кверху открытое горло несколько уравновешивает тяжелый низ тулова. Равновесию всей композиции служат и идущие от плеч тулова до верха горла ручки. Они ажурны, сильно изогнуты, украшены объемными резными цветками, которыми соединяются со средней частью горла. Поскольку и эта ваза сделана из однотонного материала, она изобилует резными украшениями на всех ее частях — это и растительные мотивы и геометрический орнамент с овалами, жемчужником, ложками и пр. Все эти многочисленные детали перемежаются с достаточно крупными гладкими полированными участками поверхности вазы.

Постамент к вазе из зеленовато-серого довольно светлого порфира имеет форму колонны на широком профилированном основании. Верхнее завершение чуть уже основания. Оно тоже профилировано и украшено вогнутыми ложками. На стволе колонны находятся четыре пилястры с резным растительным и геометрическим мотивами.

Ко времени создания этой вазы высокая классика, модная в первой половине XIX в., стала уступать новым веяниям. Даже в круп-

ных камнерезных изделиях появляются вычурные детали с многочисленными прорезями, с ажурными ручками, заимствованными с пропильных оконных наличников деревянного зодчества того времени. Высочайшее мастерство камнерезов использовалось для создания виртуозно выполненных, но порой неоправданных в художественном отношении изделий (Буданов, 1980). Ваза с постаментом была готова в 1872 г. и стоила 17452 рубля. В декабре этого же года, как свидетельствует «Книга обработанных... каменных вещей...», она была отправлена в Петербург. А там ее постигла та же участь, что и большинство упомянутых ранее каминных. В переполненных царских дворцах места ей не нашлось.

Надо сказать, что Кабинет заказал не одну такую вазу. В 1875 г. по тому же проекту была изготовлена и отправлена в Петербург парная ваза на таком же постаменте. Этому изделию посчастливилось больше. В 1893 г. в честь 400-летия открытия Колумбом Америки среди прочих мероприятий была устроена Всемирная выставка камнерезных изделий в Чикаго. Приглашение на выставку кольванцы получили лишь за три месяца до открытия. Сделать что-либо, соответствующее событию, времени не было. Тогда и вспомнили о хранящихся в запасниках вещах. За океан отправили именно эту вазу на пьедестале (Мавродина, 1990), еще одну чашу из коргонского порфира и вазу из мрамора. В экспозиции ваза, парная нашей, как это видно на фотографии в Отчете по выставке, занимала центральное место. За эти вещи Кольвань получила бронзовую медаль.

Как следует из надписей на наших изделиях и из записей в упомянутой «Книге...», самые крупные вещи — ваза с ажурными ручками, ее пьедестал, трюмо, камин, а, возможно, и вазы-кувшины — изготовлены Кольванской фабрикой в период с 1861 по 1875 гг., когда управляющим там был Иван Александрович Злобин (с 1855 по 1885). По образованию он был архитектор, первоклассный художник. Им было создано много рисунков для различных вещей, в том числе проект вазы «в восточном стиле» на постаменте (Мавродина, 1990), а может быть, и трюмо из серо-фиолетового порфира (Буданов, 1980).

Помимо упомянутых крупных вещей, Музей располагает двумя небольшими вазами из темно-зеленой гольцовской яшмы и тремя — из красного коргонского порфира.

Ранее описанные вещи были переданы Музею в 1923 г. Музеем города Ленинград,

куда они поступили из царских кладовых. Гольцовские же вазочки украшали дворец Строгановых в Петербурге. После Октябрьской революции в нем был организован Строгановский дом-музей, затем упраздненный. Вот из него и появились в 1926 г. эти изделия в нашем Музее.

Вазочки совершенно одинаковы. Широкое, почти сферическое тулово срезано широким же, суженным в середине закрытым горлом. Тулово покоится на круглой с выступающим кольцом ножке, стоящей на гладком квадратном основании (фото 1). Различаются эти вазочки лишь рисунком камня.

Две вазочки из коргонского порфира имеют сходную яйцевидную форму. Первая покоится на квадратном основании из черного мрамора. Короткое узкое горло, очевидно, закрывалось крышечкой, отсутствующей в настоящее время. Каменное тулово второй закреплено на сложном основании из золоченой бронзы и венчается бронзовым же навершием (фото 4). Для изготовления бронзовых деталей использованы разные технологии — литье, давление, гравировка, золочение. Судя по известным работам Колывани, бронзовые детали сделаны в другой мастерской. Эти вазочки переданы Музею из Эрмитажа в 1926 г.

Последнее художественное изделие Колывани, хранящееся в Музее, — небольшая ваза из красного коргонского порфира. Эта ваза — круглая плоская чаша на невысокой стройной ножке — сделана в лучших традициях русского камнерезного искусства. Она не подписана, но по своей форме и пропорциям близка к вазам, выполненным в Колывани середине XIX в. по рисункам архитектора И.И.Гольберга. В коллекцию Музея поступила в 1927 г. из Государственного музейного фонда (фото 2). До этого она была в интерьере особняка Шуваловых в Петербурге, который после революции также был причислен к музеям. После его закрытия в 1925 г. замечательные коллекции живописи и прикладного искусства были переданы в другие музеи.

И еще один интересный экспонат с Колывани есть в музее. Не являясь художественным произведением, он, тем не менее, дает представление о красоте и разнообразии алтайских поделочных камней. Это коллекция небольших (6 x 4,5 см) прямоугольных полированных плиток, тех самых «пробочек», которые пользовались успехом еще в конце XVIII в. (фото 7). К сожалению, нет никаких сведений, откуда они поступили в Музей. Неизвестно и время поступления. Соответствующие графы в инвентарной книге пусты. Может быть, это та самая коллекция, что заказывал на Алтае Фаберже, или коллекция какого-нибудь высокопоставленного любителя камня, из дворца которого она попала в Музей в 1920-е годы. Многие экспонаты, поступившие в Музей в то время, не имеют биографии и ждут своих исследователей.

Литература

- Барсанов Г.П., Яковлева М.Е.* Минералогия яшм СССР. М.: Наука, **1978**. 86 с.
- Буданов С.М.* Русское камнерезное искусство на Алтае в конце XVIII — первой половине XIX веков». Диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения. **1980**. Т. 1. 120 с.
- Валишевский К.* Первые Романовы. М.: Современные проблемы. **1911**. 476 с.
- Маврогина Н.М.* Работы камнерезов в Колывани. Каталог выставки Гос. Эрмитажа. Л., **1990**.
- Мартынова М.И.* Драгоценный камень в русском искусстве XII — XVIII веков. М.: Искусство, 1973. 180 с.
- Родионов А.* На крыльях ремесла. М.: Современник, **1988**. 278 с.
- Родионов А.* Колывань камнерезная. Барнаул: Алтайский полиграфический комбинат, **2002**. 325 с.
- Фаберже Т.Ф., Горыня А.С., Скурлов В.В.* Фаберже и петербургские ювелиры. СПб: Изд. Журнала «Нева», **1997**. С. 77.
- Ферсман А.Е.* Очерки по истории камня. Т. I. М.: Изд. АН СССР, **1954**. 372 с.

УДК549: 069

ПЕТР АРКАДЬЕВИЧ КОЧУБЕЙ И ЕГО КОЛЛЕКЦИЯ МИНЕРАЛОВ В СОБРАНИИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. А.Е. ФЕРСМАНА

М.Л.Моисеева

Минералогический Музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, tau@newmail.ru

Статья посвящена особенностям, уникальной ценности, а также исторической судьбе и современному состоянию коллекции минералов, собранных в XIX веке князем П.А. Кочубеем.

В статье 25 цветных фото, в списке литературы 36 названий.

Осенью 1913 г. журнал «Природа» опубликовал короткое сообщение о том, что через обе палаты Государственной Думы прошел законопроект о приобретении для Академии Наук богатейшего собрания минералов князя Кочубея.

Это событие, как отмечалось в отчете музея за 1913 г., занимало «исключительное место не только среди поступлений этого года, но и во всей двухсотлетней истории нашего музея». В этой коллекции было собрано «лучшее, что давала природа России за последнее столетие», писал о ней А.Е.Ферсман (Природа, 1913). Благодаря столь ценному приобретению минералогическое собрание Академии становилось одним из лучших среди Минералогических Музеев Европы, а его ценность увеличилась почти вдвое (Коллекция..., 1914).

Одной из целей составления коллекции может быть возможность ее дальнейшего научного исследования, в частности, поиск закономерностей в собранных образцах, тогда первичный отбор образцов для такой коллекции требует глубокого знания предметной области, широкого кругозора, интуиции и склонности к научному анализу. Вероятно, такой подход к коллекции был у князя П.А.Кочубея, человека, много сделавшего для развития практического применения достижений науки.

Князь Петр Аркадьевич Кочубей (1825–1892 г.), старший сын сенатора Аркадия Васильевича Кочубея и Софьи Николаевны, урожденной княгини Вяземской¹, праправнук генерального судьи Малороссии (Украины) при гетмане Мазепе, был известен как неумолимый общественный деятель, выда-

ющийся меценат, большой любитель, знаток и собиратель минералов.

Закончив в 1845 г. Михайловское артиллерийское училище, в котором преподавание математики и механики велось под руководством академика М.В.Остроградского², а химии — академика Г.И.Гессе³, Кочубей продолжил образование за границей в 1846–1847 гг. В Лютихе⁴ он изучал военное дело, занимался исследованием ударных капсулей и литья орудий. В Париже изучал химию и физику у французских профессоров Плуза, Ж.-Б.Дюма⁵, А.-В.Реньо⁶. Его товарищем по учебе в Париже был Н.И.Раевский, впоследствии известный педагог-натуралист, автор многочисленных учебников по географии, зоологии, ботанике и минералогии. За время учебы П.А.Кочубей полюбил занятия химией и увлекся минералогией. Вернувшись из-за границы, П.А.Кочубей окончил Офицерские классы Михайловской артиллерийской академии и «перешел в гвардейскую конную артиллерию, с прикомандированием к штабу генерал-фельдцейхмстера и с назначением преподавателем химии и практической механики в Артиллерийской Академии» (Срезневский, 1893). Некоторое время он преподавал в Академии, но вскоре был назначен ординарцем, а затем флигель-адъютантом при Императоре Александре II. Выполняя одно из поручений императора, он «предпринял поездку за границу с научной целью, для ознакомления с химическими лабораториями Бельгии и Германии; по возвращении им было напечатано описание этих лабораторий с атласом чертежей»⁷ (Хвостов, 1893). Это позволило Кочубею создать

¹ С.Н.Вяземская была внучкой графа Петра Кирилловича Разумовского, который дал ей в приданое несколько имений, в т.ч. дер. Згуровку, ставшую родовым поместьем П.А.Кочубея (Кочубей А.В., 1890)

² Остроградский Михаил Васильевич (1801–1861), известный математик, ординарный академик. (Большой Русский..., 2002)

³ Вероятно, Гесс Герман Иванович (Жермен Анри или Герман Генрих) (1802–1850), русский химик, основатель термохимии, академик Петербургской АН (1830). Профессор Петербургского горного института (1832–1849). В 1840 г. открыл закон постоянства сумм тепла (закон Гесса). Открыл несколько новых минералов. (Большая Российская..., 2001–2002)

⁴ ныне г. Льеж, Бельгия

⁵ Дюма Жан-Батист Андре (1800–1884), французский химик. В 1835–1840 гг. профессор Политехнической школы, в 1829–1852 гг. — Центральной школы искусств и ремесел, с 1839 г. — Медицинской школы в Париже. В 1832 г. создал учебную химическую лабораторию, где велось преподавание на основе идей Ю.Либиха. Иностранец член-корреспондент Петербургской АН (1845). (Большая Российская..., 2001–2002)

⁶ Реньо Анри-Виктор, французский физик и химик, профессор политехнической школы College de France. Иностранец член-корреспондент Петербургской Академии Наук с 1848 г. (Брокгауз и Ефрон, 2001–2002)

собственную химическую лабораторию, в которой он сам проводил исследования неорганических и органических веществ⁸. Позже он предоставил свою химическую лабораторию для исследований сначала Комитету общественного здоровья, а затем для работы членов Русского технического Общества.

Летом 1855 г. П.А.Кочубею была поручена проверка слухов о крупных кражах пороха и патронов в крепости Нарва. Он принялся за дело «со свойственной ему энергией и преданностью долгу службы» (Срезневский, 1893). После выполнения поручения Кочубей был принят Императором Александром II с докладом, в котором изложил результат проверки, а также реформы системы хранения и учета на пороховых складах. Но ожидаемых действий не последовало: были уволены некоторые военные чиновники, а система осталась прежней (Кочубей, 1890). Кочубей был сильно разочарован и, несмотря на уговоры отца и дядей, в 1857 г. вышел в отставку. Поселившись в своем имении Згуровке⁹ Полтавской губернии, П.А.Кочубей «отдался любимым своим занятиям: сельскому хозяйству, садоводству и лесоразведению»¹⁰ (Срезневский, 1893).

С 1859 г. П.А.Кочубей — общественный деятель. Сначала вместе с Н.Ф.Здекауером¹¹ и Е.В.Пеликаном¹² он предпринял попытку организовать общество для издания журнала, освещающего проблемы народной гигиены и качества пищевых продуктов, например, использование фосфорных спичек и красок, содержащих мышьяк, употребление муки с примесью песка и пр. В результате была создана Комиссия под председательством министра внутренних дел, но большая часть предложений учредителей была ею не

принята. И обсуждение этих вопросов происходит на собраниях в доме Кочубея, куда приглашались многие ученые, например, в них участвовал известный химик академик Н.Н.Зинин¹³.

В конце 1865 г. в кругу друзей П.А.Кочубея возникла идея создания общества, целью которого было содействие развитию техники и технической промышленности в России. Он активно участвовал в организации Русского технического общества, которое было создано в 1866 г., и сразу был избран Председателем первого отдела химических производств и металлургии. В 1867 г. его избрали Товарищем Председателя общества, а с 1870 по 1890 гг. он избирался Председателем Русского технического общества. Деятельность в Русском техническом обществе наиболее полно отвечала интересам Кочубея. Во время «технических бесед» поднимались вопросы, которые всегда очень его волновали: о стали, о переработке нефти, о различных способах окрашивания тканей, о фотографии, об ассенизации в Петербурге, об организации курсов и школ для рабочих и пр. Его стараниями Русское техническое общество играло активную роль в развитии прикладной науки и технического образования. В обществе работали известные ученые Д.И.Менделеев¹⁴, Л.Э.Нобель¹⁵, А.Н.Энгельгардт¹⁶, А.В.Гадолин¹⁷, Н.А.Иосса¹⁸ и др. Многие начинания общества П.А.Кочубей поддерживал морально и материально, как свои собственные. Он «умел оценить значение инициативы своих сочленов, кто бы они не были», «...каждый видел в нем не только горячего и энергичного руководителя, с широким, свободным взглядом на дело, но и проницательную уверенность успеха работы, при нрав-

⁷ Кочубей П.А. «Описание замечательных лабораторий Германии и Бельгии», 1854

⁸ Например, впервые произвел химический анализ легиллита из Нерчинска (Кокшаров, 1852—1855)

⁹ Ныне с. Згуровка Киевской обл., Украина

¹⁰ Современники отмечали, что П.А.Кочубей «превратил в своем имении «Згуровке» степи в леса и живописные сады» (Кочубей П.А., некролог 1892)

¹¹ Здекауер Николай Федорович (1815—1895), известный врач, в 1846—1863 гг. профессор медицинской академии. Работал по вопросам общественной гигиены, много сделал для санитарного благоустройства столицы, председатель и учредитель общества охранения народного здоровья. (Брокгауз и Ефрон, 2001—2002)

¹² Пеликан Е.В. (1824—1884), врач, один из основоположников токсикологии в России, основатель журнала «Архив судебной медицины и общественной гигиены» (1865). (Большая Российская..., 2001—2002)

¹³ Зинин Николай Николаевич (1812—1880), известный русский химик-органик, академик Петербургской АН (1865). Он синтезировал вещества, которые послужили основой для создания промышленности синтетических красителей, взрывчатых веществ, фармацевтических препаратов и др. (Большая Российская..., 2001—2002; Большой Русский..., 2002)

¹⁴ По поручению РТО Д.И.Менделеев проводил исследования по упругости газов (Систематический..., 1889)

¹⁵ Нобель Людвиг Эммануэль (1831—1888), предприниматель, конструктор станков. Предприятие, основанное отцом, Эммануэлем Нобелем, в Петербурге, превратил в крупный машиностроительный завод «Людвиг Нобель» (ныне завод «Русский дизель»). В 1876 г. основал вместе с братьями Робертом и Альфредом нефтепромышленное предприятие в Баку (с 1879 г. — Товарищество братьев Нобель), которое стало крупнейшей нефтяной фирмой в России (Большая Российская..., 2001—2002)

¹⁶ Энгельгардт Александр Николаевич (1828—1893), выдающийся ученый-агрохимик и публицист. В 1866—1870 гг. профессор химии Петербургского земледельческого института. За распространение среди студентов демократических идей был арестован в 1870 г. и заключен в Петропавловскую крепость. Кочубей ходатайствовал об его освобождении (Срезневский, 1893). В начале 1871 г. выслан под надзор полиции в с. Батищево, где создал образцовое хозяйство, применяя фосфоритовую муку в качестве удобрения. Автор ряда работ по вопросам сельского хозяйства. (Большая Российская..., 2001—2002)

¹⁷ Гадолин Аксель Вильгельмович (1828—1892), русский ученый в области артиллерии вооружения, механической обработки металлов, минералогии и кристаллографии, действительный член Петербургской АН (1875), вывел 32 группы макросимметричных кристаллов и дал способ изображения этих групп на сфере, применяемый и в настоящее время. За работу «Вывод всех кристаллических систем и их подразделений из одного принципа» Петербургская АН в 1868 г. присудила ему Ломоносовскую премию. (Большая Российская..., 2001—2002)

¹⁸ Иосса Николай Александрович (1845—1916(17)), русский металлург. Окончил институт корпуса горных инженеров (1865), работал на уральских заводах. С 1871 г. работал в Петербургском горном институте (с 1882 г. профессор). В 1900—1907 гг. директор Горного департамента. В 1907 г. председатель Горного совета и Горного ученого комитета. С 1910 г. первый председатель Русского металлургического общества. (Большая Российская..., 2001—2002)

ственным его влиянию и умения возбуждать энергию и в других» (Срезневский, 1893). В то же время П.А.Кочубей часто сам выступал инициатором исследований. Благодаря ему появлялись новые направления деятельности общества, создавались новые отделы, такие как фотографии и её применения (1878), электротехники, воздухоплавания (1880), железнодорожного дела (1881), технического образования (1884). С 1867 г. начали издаваться «Записки» общества. В период его руководства Русское техническое общество устраивало публичные лекции и беседы для популяризации технических знаний, открывало общеобразовательные школы при фабриках и заводах, субсидировало исследования, направляло студентов на обучение за границу. Оно организовывало съезды по отраслям техники, например съезды машиностроителей (1875), технического и профессионального образования (1889), активно участвовало в международных съездах, конгрессах и выставках. П.А.Кочубей ходатайствовал перед правительством и частными лицами¹⁹ о выделении средств на различные начинания Общества, вкладывал собственные средства.

С особым вниманием П.А.Кочубей относился к делу создания «Технического музея». Его всегда привлекала идея сбора различных предметов как отражение истории развития человеческой мысли и для дальнейшего исследования. В 1872–1873 гг. совместно с Н.В.Исаковым²⁰ он учредил Музей Прикладных Знаний. Позднее построил фотографический павильон и пожертвовал в него свою коллекцию приборов. Для исторического отдела выставки предметов освещения и нефтяного производства П.А.Кочубей предоставил собственную коллекцию освещительных приборов, добавив новые экспонаты. Он представил на выставку «образцы светильников от самых древних и простых до изящнейших произведений искусства» (Срезневский, 1893). «Дом-музей» — так иногда называли дом П.А.Кочубея. В нем хранились различные коллекции «художественных и научных редкостей», в том числе знаменитая коллекция минералов, представляющая собою «лучшую из существующих в России», по мнению его современников (Кочубей П.А., некролог, 1892).

Первые образцы могли появиться в коллекции уже в 40-х годах XIX века. Возможно, это были образцы, купленные в минеральном магазине Августа Кранца в Берлине, который Кочубей проезжали по пути в Крымниц²¹, где останавливались на лечение (Кочубей А.В., 1890). В дальнейшем П.А.Кочубей пополнял коллекцию, Россия и меня образцы. В XIX веке в России бурно развивалось горное дело, открывались и начинали разрабатываться новые месторождения. Среди высших слоев русского общества широко распространилось коллекционирование минералов. В кругу друзей и знакомых П.А.Кочубея было немало известных коллекционеров. Среди них граф Л.А.Перовский²², граф С.Г.Строганов²³, аптекарь А.Б.Кеммерер, доктор Е.И.Раух, профессор А.И.Шренк и др. Дружеские отношения связывали П.А.Кочубея с герцогом Н.М.Лейхтенбергским²⁴, который посещал его дом и химическую лабораторию. Один из кристаллов топаза был подарен П.А.Кочубею герцогом.²⁵ В 1848–1849 гг. состоялось знакомство П.А.Кочубея с академиком А.В.Гадолиным, который в то время преподавал физику в юнкерских классах Михайловского училища (Платов, Кирпичев, 1870),

тительных приборов, добавив новые экспонаты. Он представил на выставку «образцы светильников от самых древних и простых до изящнейших произведений искусства» (Срезневский, 1893). «Дом-музей» — так иногда называли дом П.А.Кочубея. В нем хранились различные коллекции «художественных и научных редкостей», в том числе знаменитая коллекция минералов, представляющая собою «лучшую из существующих в России», по мнению его современников (Кочубей П.А., некролог, 1892).

¹⁹ П.А.Кочубей совместно с Н.В.Исаковым убедили барона А.Штигица пожертвовать миллион рублей на создание школы технического рисования. (Кочубей П.А., некролог, 1892) Александр Штигиц выделил на это 5,5 млн. рублей. (Большая Российская..., 2001–200)

²⁰ Исаков Николай Васильевич (1821–1891), генерал-адъютант. Закончил академию генерального штаба. Принимал участие в экспедициях на Кавказе (1846–1848), в венгерском походе (1849), во время Восточной войны участвовал в обороне Севастополя. Занимая в 1859–1863 гг. пост попечителя московского учебного округа, Исаков открыл в университете кафедры всеобщей географии и государственного права европейских держав, учредил в округе педагогические курсы и выхлопотал перевод в Москву Румянцевского музея, расширил его организацией библиотеки и коллекций. Основал «Педагогический сборник», создал педагогическую библиотеку и Педагогический Музей. (Большой Русский..., 2001–2002)

²¹ Расположен в 80 км к юго-востоку от Берлина, Германия

²² Перовский Лев Алексеевич (1792–1856), граф, русский государственный деятель, генерал от инфантерии (1855). Побочный сын графа А.К.Разумовского, родственник П.А.Кочубея по материнской линии. Окончил Московский университет (1811). Участник Отечественной войны 1812 г. и заграничных походов 1813–1814 гг. Был членом ранних декабристских организаций, но в 1821 г. от движения отошёл. В 1823–1826 гг. служил в Коллегии иностранных дел, в 1826–1840 гг. в департаменте и министерстве уделов. В 1841–1852 гг. министр внутренних дел, сторонник постепенного освобождения крестьян с землей. В 1852–1856 гг. возглавлял министерство уделов и был управляющим кабинетом Его Императорского Величества. С 1850 г. заведовал Комиссией для исследования древностей. Участвовал в археологических раскопках под Новгородом, в Суздале, в Крыму. Собрал большую нумизматическую коллекцию, хранящуюся ныне в Эрмитаже, и коллекцию старинного русского серебра, а также коллекцию минералов. Почётный член Петербургской Академии наук (1852) (Большой Русский..., 2002). В его честь назван минерал перовскит

²³ Строганов Сергей Григорьевич (1794–1883), граф, русский государственный и военный деятель. Один из крупнейших помещиков России. Участвовал в Отечественной войне 1812 г., отличился в Бородинском сражении. В 1831–1834 гг. исполнял обязанности военного губернатора в Риге и в Минске. В 1854–1855 гг. участвовал в Севастопольской кампании; в 1859–1860 гг. был Московским военным генерал-губернатором, в 1863–1865 гг. председателем комитета железных дорог. Известен как меценат, коллекционер и археолог. В 1835 г. назначен попечителем Московского учебного округа. Время его управления (1835–1847) было, по общему отзыву современников, блестящей эпохой для Московского университета. В 1859 г. он основал Археологическую комиссию, председателем которой был до конца жизни; много содействовал раскопкам на Черноморском побережье, поднял научный интерес к русской нумизматике и составил богатейшую коллекцию русских монет. В 1825 г. основал в Москве бесплатную художественную школу (Строгановское училище) (Большой Русский..., 2002). Коллекция минералов графа С.Г.Строганова была приобретена Минералогическим музеем АН в 1877 г.

²⁴ Герцог Лейхтенбергский, князь Романовский, Николай Максимилианович (1843–1891), сын Максимилиана-Евгения-Жозефа-Наполеона герцога Лейхтенбергского, зятя Императора Николая I. Генерал-адъютант, минералог, составил коллекцию минералов, с 1865 г. президент Минералогического общества, с 1866 г. почетный президент Русского технического общества. Автор нескольких химико-кристаллографических исследований. (Брокгауз и Ефрон, 2001–2002). Его учителями были академики Н.И.Кокшаров и Н.Н.Зинин (Протоколы...)

²⁵ Образец не сохранился

а вероятно, в 1852–1855 гг. — с академиком Н.И.Кокшаровым²⁶, они были его лучшими друзьями до последних дней жизни²⁷. В честь своего друга Кокшаров назвал минерал кочубейт²⁸. В 80-х годах П.А.Кочубей организовал в своем доме «минералогические пятницы», на которые для научных бесед собирались его друзья академики Н.И.Кокшаров, А.В.Гадолин, а также академик П.В.Еремеев²⁹, горный инженер Иосса (Срезневский, 1893).

В 1860 г. П.А.Кочубей вступил в Императорское Минералогическое общество. Он неоднократно жертвовал минералы в коллекцию Минералогического общества (Протоколы..., 1878, 1880) и в Музей Академии наук, «...поощрял, не щадя своих средств, научные экскурсии по изысканию минералов» (Кочубей П.А., некролог, 1892). «За эти заслуги П.А.Кочубей 25-го Января 1872 года был удостоен звания почетного члена Минералогического общества, а 29-го декабря 1876 года... и звания почетного члена Академии» (Срезневский, 1893).

Значительные денежные средства и широкий круг знакомых среди минералогов, геологов позволяли П.А.Кочубею покупать понравившиеся минералы почти из первых рук. Он никогда не скупился вкладывать деньги в то, что считал полезным. В значительной степени ему удалось обогатить свою коллекцию путем приобретения минералогического собрания графа Л.А.Перовского после его смерти в 1856 г. (Кокшаров, 1862). Лев Алексеевич Перовский, занимая пост вице-президента департамента уделов (1852–1856), способствовал развитию горного дела в России, контролировал снабжение и работу гранительных фабрик, по его инициативе начали разрабатываться многие новые месторождения. В то же время это был страстный коллекционер, одним из увлечений которого были минералы и драгоценные камни. Для пополнения коллекции он использовал свое служебное положение. «...Все лучшие камни, поступавшие в Департамент Уделов, оседали в коллекции вице-президента. Чтобы заполучить понравившийся ему минерал он шел на подкуп, на

подлость. Многие чиновники Департамента Уделов были агентами для пополнения коллекции своего начальника» (Семенов, Шакинко, 1982). Собрание Л.А.Перовского отличалось уникальными образцами изумруда и александрита из Изумрудных копей, прекрасными кристаллами топаза из Борщовочного кряжа (Забайкалье), замечательными бериллами с Мурзинки (Урал) и Урульги (Забайкалье) (Кокшаров, 1852–1855).

П.А.Кочубей использовал любую возможность для пополнения коллекции. Выполняя поручение Русского технического общества, он в 1866г. посетил всемирную выставку в Париже «с целью обогатить коллекцию Русского Технического Общества предметами, имевшими значение для техники» (Срезневский, 1893). В то же время он приобрел для своего «дома-музея» замечательные произведения французской артистической бронзы. «Но в особенности П.А. удалось обогатить в Париже свой минералогический кабинет частью покупкой, частью обменом на ценные образцы Уральских минералов, которые он привез с этой целью с собою в Париж» (Срезневский, 1893).

Редкая по богатству минералами коллекция не раз привлекала внимание исследователей. Первым к ней обратился академик Н.И.Кокшаров, который использовал многие минералы для работы над «Материалами для минералогии России». Позднее академик А.В.Гадолин использовал для своих работ кристаллы брукита из Атыланской россыпи (Урал). К коллекции турмалинов обратился М.В.Ерофеев³⁰. Он исследовал кристаллографические и кристаллооптические их свойства, развивая теорию о «скупивании кристаллов» в своей кандидатской диссертации³¹ (Большая Российская..., 2001–2002). В разное время материалами коллекции П.А.Кочубея пользовались академик П.В.Еремеев, Н.А.Э.Норденшильд³², А.Е.Арцуни³³ (Выписка..., 1910).

В коллекции насчитывалось более 3000 образцов, представляющих свыше 350 минеральных видов, известных в XIX веке, среди которых преобладали топазы, бериллы, турмалины, хризобериллы, корунды,

²⁶ Кокшаров Николай Иванович (1818–1892), выдающийся минералог, кристаллограф, академик Императорской Академии Наук (1866), директор Минералогического музея (1866–1873), директор Императорского минералогического общества. Геометрические константы, установленные им для громадного числа минералов, считаются до сих пор наиболее точными. Преподавал в различных учебных заведениях, в т. ч. Петербургском университете и Горном институте. (Большая Российская..., 2001–2002)

²⁷ П.А.Кочубей пережил своих друзей: А.В.Гадолина — на несколько дней, а Н.И.Кокшарова — на несколько часов. Это сильно поразило современников (Хвостов, 1893)

²⁸ Разновидность кинохолора

²⁹ Еремеев Павел Владимирович (1830–1899), минералог, с 1866 г. профессор горного института, с 1892 г. директор Минералогического общества, член-корреспондент Санкт-Петербургской АН (1875), экстраординарный академик (1894). Редактор «Записок» Минералогического общества, редактор 14-ти томов «Материалов для минералогии России» (Большая Российская..., 2001–2002)

³⁰ Ерофеев Михаил Васильевич (1839–1888), минералог. С 1879 г. профессор Варшавского университета, затем Лесного института в Петербурге. (Большая Российская..., 2001–2002)

³¹ «Кристаллографические и кристаллооптические исследования турмалинов», СПб, 1870

³² Норденшильд (Nordenskjöld) Нильс Адольф-Эрик (1832–1901), барон, знаменитый шведский путешественник, шведский геолог и географ, исследователь Арктики, мореплаватель, историко-картограф, обошел Евразию через северо-восток. Член Стокгольмской АН (1858), член-корреспондент Санкт-Петербургской АН (1879), почетный член Русского географического общества. (Большая Российская..., 2001–2002)

кварц, ортоклаз, золото, цирконы, апатиты. В тоже время в коллекции находились и довольно редкие минералы. С большой любовью и знанием дела П.А.Кочубей отбирал образцы, наиболее полно отражавшие разнообразие минерального мира, а также каждого минерала. Большая часть их представлена кристаллами, имеющими хорошо образованные грани и отличающимися различными их комбинациями. В этом отношении особенно выделяются подборки топазов, бериллов и турмалинов, а также кристаллы циркона, везувиана и ортоклаза, особенно двойники по различным законам.

Одна из наиболее ярких подборок, богатых кристаллами, — топазы, которые входят в число лучших частей всей коллекции Петру Аркадьевичу удалось собрать образцы с десяти месторождений, в основном российских. По мнению А.Е.Ферсмана, «Россия поистине может гордиться своими топазами, которые по красоте тона, чистоте воды и величине кристаллов занимают исключительное место среди топазов всего света» (Ферсман, 1962). В силу различных причин топазы России не смогли «занять сколько-нибудь видное место в мировой торговле, для которой наибольшую важность представляют желтые или светло-голубые топазы Бразилии, бесцветные или слабо окрашенные топазы Саксонии (Шнекенштейн). ...Однако по качеству русский топаз выделяется среди всех топазов известных месторождений, причем красота нежно-голубого топаза Мурзинки, красновато-фиолетовый тон топазов Санарки и Каменки, наконец, винно-желтая вода топазов Борщовочного хребта — все это составляет гордость русских цветных камней» (Ферсман, 1962). Топаз довольно распространенный минерал, но, несмотря на это, кристаллы хорошего качества встречаются нечасто. В коллекции Кочубея находятся образцы с российских месторождений Урала: Мурзинки, Шайтанки, Ильменских гор, россыпей по р. Каменке; месторождений Восточного Забайкалья: с р. Урульги (Борщовочный кряж), Шерловой горы и Адун-Чилона, а также зарубежных месторождений: Бразилии (Villa Rica) и Германии (Schneckenstein). Кочубей стремился привлечь в свою коллекцию как наиболее типичные, так и нехарактерные образцы для какого-либо месторождения.

Особенной красотой и совершенством выделяются кристаллы с р. Урульги. Хотя

это не самые крупные топазы, но они отличаются прозрачностью, обилием граней и многообразием кристаллографических форм. Среди них встречаются кристаллы мурзинского типа с сильно развитым пинакоидом (001) и призмой (120) (*обр. 31275 — фото 4*); бочонковидные кристаллы ильменского типа с гранями дипирамид, сужающимися основной пинакоид (*обр. 31266 — фото 3*); кристаллы шерловогорского типа, характеризующиеся отсутствием пинакоида и развитием призм (110), (120), (130), диздра (011) (*обр. 31277 — фото 2*); коростеньского типа кристаллов без пинакоида с хорошо развитыми призмами (110), (120) (*обр. 31267*). П.А.Кочубей с особым вниманием следил, чтобы на кристаллах присутствовали редко встречающиеся грани. В одном из писем к Н.И.Кокшарову он писал: «Недавно получены мною разные минералы из Сибири, в числе их топаз из Урульги, представляющий комбинацию, не встреченную мною до сих пор ни на одном топазе. Об этой комбинации также не упоминается в Вашей статье о топазах, помещенной в издаваемых Вами «Материалах для минералогии России»³⁴ (Кокшаров, 1856). На некоторых кристаллах наблюдаются довольно редкие грани, такие, как *r*, *v*, *γ* и др. Кристаллы с р. Урульги составляют более трети всех топазов коллекции. Первоначально почти все они имели винно-желтую окраску, которая колебалась от бледно-желтой до густой красновато-желтой. К сожалению, ни один из них в настоящее время этим цветом не обладает: они выцветают при дневном свете. Их размеры — от 1 см и достигают почти 10 см. Часть этих образцов поступила из коллекции Л.А.Перовского. Семь кристаллов описаны (Кокшаров, 1856) и зарисованы Н.И.Кокшаровым в «Атласе» (Кокшаров, 1853)³⁵. Среди них находится самый большой кристалл этой коллекции, весом 1,2 кг. Его размеры 10,5 x 9,7 x 7,1 см. По описанию Н.И.Кокшарова, этот кристалл «в особенности замечателен тем, что он при совершенной прозрачности и правильности кристаллизации, имеет значительную величину. Цвет его винно-желтый (или, вернее сказать, колеблющийся между цветом бразильского топаза и дымчатого горного хрусталя). Плеохроизм в этом кристалле усматривается весьма ясно, а именно, при проходящем сквозь него свете: по направлению главной или вертикальной оси он кажется темного красновато-желтого цвета, по направлению

³⁴ Арциуни Андреас (Андрей) Еремеевич (1847—1898), русский минералог. Член-корреспондент Петербургской АН (1895), профессор Бреславльского (Вроцлавского) университета (с 1883 г.) и Высшей технической школы в Ахене (с 1884 г.) в Германии. Основатель минералого-геологического отдела Кавказского музея в Тифлисе. Его именем назван минерал арциунит — двойная соль сульфата свинца и хлорида меди (Большая Российская..., 2001—2002).

³⁵ Описание этого топаза и рисунок даны Кочубеем в том же письме, но образец не сохранился.

³⁶ В настоящее время точно установлены пять кристаллов из семи. (*Обр. 31262, 31266, 31269, 31275, 31277*)

макродиагональной оси замечается в нем синевато-зеленый оттенок, а по направлению брахидиагональной оси кристалл сохраняет свой нормальный винно-желтый цвет» (Кокшаров, 1856). «Этот кристалл относится к числу самых больших минералогических редкостей» (Кокшаров, 1856). Он утратил цвет еще в прошлом веке (Кокшаров, 1862) и мы можем любоваться только совершенством его формы (*обр. 31262 – фото 5*).

Образцы с Шерловой горы являются типичными представителями данного месторождения. Очень характерные друзы с хорошо сформированными кристаллами размером до 3 см. Отдельные кристаллы в них весьма прозрачны, часто желтоватые или бесцветные (*обр. 31320*).

В коллекции топазов собрано большое количество образцов с Мурзинского месторождения. А.Е.Ферсман выделил четыре типа мурзинских топазов (Ферсман, 1962), а в настоящее время на месторождении выделяют три типа (Попова и др., 2002):

«1) кристаллы «с почти кубической формой» с габитусными гранями базопинакоида и почти квадратной призмой $l \{120\}$; 2) кристаллы, у которых внешний облик гексагонален из-за преобладания призмы $m \{110\}$, базопинакоид сильно сужен дипирамидами, граней много, тип сходен с ильменским»; 3) кристаллы, «похожие на конверты» (на них сильно развита призма $u \{021\}$ взамен исчезающего базопинакоида)».

Наиболее крупные мурзинские кристаллы данной коллекции относятся к первому типу. Между ними – просвечивающий кристалл прекрасного голубого цвета размером около 10 см в длину, находящийся в сростании с кварцем – морионом, ортоклазом и альбитом – клевеландитом (*обр. 31327 – фото 8*). Некоторые кристаллы такого типа в этом собрании обладают зональной бело-голубой окраской (*обр. 31294, 31295*). Более мелкие кристаллы относятся ко второму типу, отдельные весьма богаты гранями (*обр. 31351 – фото 1*). Среди мурзинских кристаллов коллекции некоторые сформированы с обоих концов, что является редкостью, так как обычно они нарастают на породе (*обр. 31291, 31310*). К таким кристаллам можно отнести и те, которые приросли боковой гранью. В этом случае также можно наблюдать обе головки кристалла (*обр. 31327 и 31328*).

Кристаллы около д. Шайтанки «отличаются водяно-прозрачностью и развитием боковых дом f , что вместе с сильной разведенностью некоторых из них составляет главные

отличительные черты этих, в общем довольно редких, шайтанских топазов» (Ферсман, 1962). В коллекции имеется прекрасный представитель этого типа (*обр. 31302*).

В Ильменских горах А.Е.Ферсман описал два типа топазов: «свободные кристаллики, сидящие на поверхности пустот и трещин, или же большие кристаллы, так называемые «сырцы», которые внедрены в массу жильного кварца» (Ферсман, 1962). Н.И.Кокшаров отмечал, что мастеровые на горных заводах называли такие топазы «гнилыми», так как они из-за сильной трещиноватости «втягивают в себя влажность, потому легко размываются на мелкие куски, даже от самого слабого давления пальцами» (Кокшаров, 1856). Один из таких топазов из коллекции Кочубея имеет довольно редкую грань k .³⁶ Другие кристаллы коллекции относятся к первому типу. Они прозрачны, бесцветны, хорошо образованы, некоторые с обоих концов (*обр. 31307, 31308 30309, 31311, 31312*).

В коллекции Кочубея находится единственный кристалл из золотоносных россыпей района р. Каменки. Он происходит из приисков купца Бакакина и, вероятно, относится к первым находкам топаза в этом месте. Кристалл хорошо сформирован и имеет очень красивую густую фиолетово-красную окраску (*обр. 31318*).

Топазы из россыпей Вилла-Рика (Villa Rica) типичны для Бразилии: дипирамидальные кристаллы желтого цвета. Но один из них выделяется неравномерностью окраски: цвет его у основания желтый постепенно переходит в малиново-красный на головке кристалла (*обр. 31315 – фото 7*).

Для старинного месторождения Шнекенштейн (Schneckenstein) в Германии характерны прозрачные бесцветные или бледно-желтые кристаллы. Именно такие образцы содержатся в коллекции Кочубея: призматические кристаллы, выросшие на породе, размером около 1 см (*обр. 31331, 31332*). Наибольший из них кристалл достигает 3 см, но не отличается прозрачностью.

Таким образом, П.А.Кочубею удалось достаточно полно представить множество кристаллографических типов и окраски топазов по основным, известным в XIX веке, месторождениям. Подобную картину можно наблюдать и среди других минералов данной коллекции. Остановимся на некоторых из них.

Собрание хризобериллов, по мнению В.И.Вернадского (Коллекция..., 1914), одна из лучших частей коллекции, которая сохранилась почти полностью: из 50 образцов осталось 48. Большая их часть – александ-

³⁶ Кристалл не идентифицирован

риты из Изумрудных копей на Урале. Они «характеризуются густым темно-зеленым цветом с ярко выраженным и хорошо заметным плеохроизмом. Кристаллы обычно наблюдаются в виде красивых тройников» (Ферсман, 1962). В коллекции Кочубея александрит представлен в основном отдельными тройниковыми кристаллами (реже их сростками), которые достигают 5–8 см в поперечнике. (обр. 30307, 30308 – фото 9, 30317, 30297). «Единичные кристаллы или двойники весьма редки», отмечал А.Е. Ферсман (Ферсман, 1962). Между тем в этом собрании имеется прекрасный двойник в виде «сердечка», размером около 1 см. (обр. 30331). Собственно хризобериллы преимущественно мелкие с хорошо развитыми гранями, прозрачные. Они представляют пять месторождений, в основном российские (Изумрудные копи и Бакакинский прииск на Урале) и бразильские.

Одним из наиболее ранних образцов является уникальная друза александрита, найденная в Изумрудных копиях в 1840 г. (Ферсман, 1961). Вероятно, она попала к П.А. Кочубею из собрания Л.А. Перовского. Друза состоит из двадцати двух темно-зеленых просвечивающих в краях кристаллов различной величины, самый крупный из которых 7.2 см. Среди них наблюдаются листочки слюды и бледно-зеленые непрозрачные призмы берилла. Размеры образца 25 x 14 x 11 см, вес 5724 г. Первое описание ее дано Н.И. Кокшаровым (Кокшаров, 1857). Некоторые кристаллы, слагающие друзу, подобны по форме кристаллам, зарисованным Н.И. Кокшаровым в атласе f. 2, 4, 5 (Кокшаров, 1853). (обр. 30295 – фото 12). Первая фотография этого образца была сделана П.А. Кочубеем и помещена Н.И. Кокшаровым в IV том его «Материалов для минералогии России».

До наших дней почти в целостности дошло превосходное собрание изумрудов. Оно включает преимущественно образцы из Изумрудных копей Урала (33 из 39). Остальные – из зарубежных месторождений: Перу, Колумбии и Австрии. По мнению В.И. Вернадского, «многие образцы по чистоте воды и интенсивности окраски должны быть оцениваемы, как драгоценные камни» (Коллекция..., 1914). Размер изумрудов колеблется от нескольких сантиметров до 20 см. Они представлены как одиночными кристаллами или сростками двух кристаллов, так и различными друзами, образованными либо субпаралельными удлинненными, либо короткопризматическими разноори-

ентированными кристаллами в массе слюды. Два кристалла отличаются неравномерностью окраски. Один из них из Изумрудных копей у самой головки кристалла имеет белую полосу (обр. 31242). Другой – совершенно прозрачный бесцветный кристалл, поперек которого наблюдается полоса изумрудного цвета (обр. 31250).

В этом собрании находится один из первых образцов, найденный в 1831 г. в Изумрудных копиях (Семенов, 2001) (обр. 31219 – фото 13). Это великолепный кристалл, очень густого без желтизны темно-зеленого цвета, размером 12,5 x 8.5 см и весом 2.225 г, с некоторыми совершенными гранями; его периферийная часть почти везде прозрачна, внутри он содержит большое количество включений; разбит крупной трещиной, залеченной слюдой.

С этим изумрудом по ошибке связали историю трагедии Якова Коковина, директора Екатеринбургской гранильной фабрики.³⁷ В 1835 г. во время ревизии у него в кабинете было обнаружено огромное количество камней, в том числе великолепный изумруд. Коковина обвинили в их краже. Ящички с камнями были доставлены в Петербург в департамент уделов через который шло пополнение Кабинета Его Императорского Величества. В Кабинет этот изумруд так и не попал. По одной версии (Ферсман, 1961), Коковин украл уникальный изумруд, а по другой (Семенов, Шакинко, 1982) – стал жертвой высокопоставленного чиновника вице-президента департамента уделов, графа Л.А. Перовского, страстного коллекционера. Обе версии сходятся в одном: изумруд попал в коллекцию Л.А. Перовского. Далее следы его теряются. Единственное описание пропавшего изумруда было дано статским советником Ярошевицким в отчете о ревизии: «...в том числе один самого лучшего достоинства, весьма травянистого цвета весом в фунт ... самый драгоценный и едва ли не превосходящий достоинством изумруд, бывший в короне Юлия Цезаря» (Семенов, 1982) (обр. 31219 – фото 13).

Путаница с изумрудами возникла в связи с тем, что в изданных после смерти А.Е. Ферсмана его «Очерках по истории камня» редакция не заметила ошибки: изумруд из коллекции Кочубея был назван «изумрудом Коковина», и в литературе появились неточные сведения. Простое сопоставление этих двух изумрудов свидетельствует, что это совершенно разные образцы: изумруд из коллекции Кочубея, находящийся в музее им. А.Е. Ферсмана, весит 2225 г, а изумруд, изъятый

³⁷ Подробно см. «Трагедия Якова Коковина» в кн. «Уральские самоцветы», с.71 – 78

тый у Коковина, — около 400 г. Согласно каталогам изумруда, описанного Ярошевицким, в коллекции Кочубея не было.

Коллекция бериллов сохранилась лишь наполовину, но, несмотря на это, в ней и теперь немало прекрасных образцов. Великолепны кристаллы аквамарина до 20 см, особенно из окрестностей Адун-Чилона, обладающие красивым густым зеленовато-синим цветом (*обр. 31208, 32247*), а также крупные (*обр. 31204, 32046 — фото 11*) и небольшие голубовато-зеленые хорошо образованные, иногда богатые гранями (*обр. 32245, 31246*), кристаллы берилла с р. Урульги (Борщовочный кряж), прекрасные синне-голубые бериллы (*обр. 32251, 31212*) и гелиодор с Шерловой горы (Восточное Забайкалье) (*обр. 32250 — фото 10*). Превосходны зеленые, желто-зеленые кристаллы с Мурзинки. Один из них весьма примечателен тем, что сформирован с обоих концов и изучен Н.И.Кокшаровым (Кокшаров, 1852 — 1855). «В коллекции П.А.Кочубея находятся два небольшие, превосходные кристалла берилла, ограниченные плоскостями с обоих концов. ...Замечательно, что в них усматривается гемиморфизм, что составляет обстоятельство совершенно новое для берилла. Впрочем гемиморфизм свойственен, кажется, только кристаллам из Мурзинки, ибо все те кристаллы из Адун-Чилонского и Борщовочного, которые мне случилось видеть заостренными с обоих концов, образованы совершенно симметрически и в них не усматривается и следов гемиморфизма. ...Второй кристалл ... на верхнем конце заострен плоскостями шестиугольных пирамид, главной t и второго рода s , и ограничен довольно развитою прямою конечною плоскостью P . На нижнем конце этого кристалла находятся прямая конечная плоскость P и только три попеременных плоскости шестиугольной пирамиды второго рода sВсе плоскости кристалла блестящи» (*обр. 32261*) (Кокшаров, 1852 — 1855).

В.И.Вернадский и А.Е.Ферсман (Коллекция..., 1914) видели также ценность коллекции в том, что она содержит минералы из самых различных парагенетических комплексов. В особенности это относится к собранию кальцитов, к минералам группы апатита, везувиану. Некоторые месторождения давно исчерпаны, но коллекция поз-

воляет нам увидеть серебро из Конгсберга (Норвегия), амальгаму из Баварии (Германия), прекрасную друзу манганита из Имельнау (Германия), гессит из Заводинского рудника на Алтае (Казахстан), азурит с Алтая (Россия).

После смерти П.А.Кочубея коллекция пополнялась незначительно и хранилась в его имении Згуровка.

Следующий этап в судьбе коллекции относится к 1905 г., когда она пострадала в результате крестьянских волнений. Усадьба Кочубея была разгромлена и ограблена толпами крестьян. «Дом Кочубея был сожжен, а коллекция разбросана по саду, отдельные образцы были брошены в пруд. После долгих поисков почти три четверти камней были найдены» — так это событие описал А.Е.Ферсман (Ферсман, 1961). Собрав коллекцию после разгрома, В.П.Кочубей³⁸, единственный сын П.А.Кочубея, перевез ее в Киев. Здесь образцы разбирались и приводились в порядок ассистентом Минералогического Кабинета Киевского Университета Л.Крыжановским³⁹ под руководством профессора того же Университета П.Я.Армашевского (Выписка..., 1910). Затем владделец перевез коллекцию в Вену, где в 1908 г. издал каталог и «начал переговоры с крупнейшими музеями Европы и Америки об ее продаже» (Ферсман, 1961).

В литературе встречается упоминание о том, что коллекция Кочубея была приобретена в Вене на аукционе (Барсанов, Корнетова, 1989). Возможно, некоторые образцы были проданы В.П.Кочубеем на аукционе (по устному сообщению Л.В.Булгака⁴⁰ в Венском музее выставлена друза alexandrita, купленная на аукционе и принадлежавшая Кочубею). Но приобретение коллекции Российской (в то время Петербургской) Академией наук растянулось на несколько лет и имеет свою историю.

В 1910 г. В.П. Кочубей «обратился в Академию наук с письмом, в котором предлагал купить свою коллекцию минералов, назначив цену после предварительного ее осмотра представителями Академии наук. В Академии наук в мае 1910 г. была создана специальная комиссия в составе академиков А.П.Карпинского⁴¹, Ф.Н.Чернышева, С.Ф.Ольденбурга⁴² и В.И.Вернадского. 24 ноября 1910 г. Отделение физико-математических

³⁸ Кочубей Василий Петрович (1868 — ?), закончил Петербургский университет, был членом Русского Технического Общества, активно участвовал в работе V отдела — Фотографии и ее применении. Во время Гражданской войны (1918) состоял при гетмане Украины Скоропадском (Вернадский, 1998)

³⁹ Возможно, Крыжановский Леонид Ильич, брат Крыжановского В.И. Занимался продажей минералов в Екатеринбурге

⁴⁰ Булгак Лев Васильевич научный сотрудник Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана

⁴¹ Карпинский Александр Петрович (1847 — 1936), академик (1896), первый выборный президент АН (1917). С 1899 по 1936 гг. президент Минералогического общества. Одним из первых в России он применил (1869) микроскоп для изучения горных пород. Особенно известны его работы по тектонике, палеогеографии и палеонтологии. (Большая Российская..., 2001 — 2002)

⁴² Ольденбург Сергей Федорович, (1863 — 1934), востоковед, один из основателей русской индологической школы, археолог, этнограф; организатор науки, академик АН (1900), непреременный секретарь АН (1904 — 1929) (Большая Российская..., 2001 — 2002)

наук Академии просило В.И.Вернадского съездить в Вену для определения ценности коллекции» (Письма..., 1985). Эта поездка состоялась с 4 по 25 января 1911 г. Из письма В.И.Вернадского жене, Н.Е.Вернадской, от 8/21 января 1911 г.: «Сегодня приехал в Вену рано утром и с Ферсманом осматривал коллекцию Кочубей. Мне кажется (и Ферсман то же думает), она не стоит 200000 – 300000, которые хочет получить Кочубей. Стоит она значительно меньше – едва ли больше 100000 рублей» (Страницы..., 1981). Осенью того же года в письме к А.Е.Ферсману от 5 ноября В.И.Вернадский писал: «Кочубей уступает – около 160000, должно быть, и мы начинаем дело» (Письма..., 1985). А в письме ему же от 23 ноября он сообщил: «Сегодня в Отделении прошел вопрос о покупке коллекции Кочубей» (Письма..., 1985). У Академии не было достаточно средств для покупки коллекции, и она обратилась с прошением в правительство. Вопрос о выделении денег рассматривался в правительстве достаточно долго и переговоры с владельцем еще продолжались. Но уже весной 1912 г. в Вену для приемки коллекции был командирован В.И.Крыжановский⁴³, хранитель минералогического отделения музея. Возможно, при этом им была произведена детальная оценка образцов. Предположительно его рукой проставлены суммы оценки на полях каталога, хранящегося в нашем Музее. Коллекция была им оценена минимум в 141 550, максимум – в 228 575 рублей. Средняя цифра, написанная красным, составляла 165 690 рублей (Katalog..., 1908). Несмотря на то, что решения правительства о покупке коллекции еще не было, в апреле того же 1912 г. ящики с образцами уже прибыли в Петербург, за исключением одного, который был утерян на железной дороге при переезде. Об этом В.И.Вернадский сообщал А.Е.Ферсману в письме от 25 апреля: «Коллекция пришла, но одного ящика нет и мы ее не приняли. Ходатайство Академии находится сейчас в Совете министров. Крыжановский⁴⁴ считает ее оцененной дорого, но прямо этого не высказывает» (Письма..., 1985). В.И.Вернадский постоянно уделял внимание делу о выделении денег. Его усилия принесли свои плоды: в июле 1912 г. В.И.Вернадский написал А.Е.Ферсману из Лосвиды⁴⁵: «Министерство согласно купить коллекцию Кочубей в 1914 году. Теперь надо вести переговоры с Кочубеем, я думаю он

согласится. Сразу музей изменит свой характер» (Письма..., 1985). И чуть позже, в письме от 3 августа: «Кочубею написал, почти не сомневаюсь, что он согласится. Говорят, отстоял Коковцов⁴⁶, есть согласие правительства» (Письма..., 1985). Но А.Е.Ферсман находился в Боровичах⁴⁷, и В.И.Вернадский написал ему и туда: «Кочубею написал о согласии правительства купить его коллекцию с уплатой за нее всей суммы в 1913 г., если согласятся законодательные учреждения» (Письма..., 1985). На рассмотрение вопроса в законодательных учреждениях ушел еще год. Лишь 12 июля 1913 г. был принят особый закон, по которому Государственное казначейство отпустило 165690 рублей на покупку этой коллекции.

После разгрома 1905 г. в восстановленной и занесенной в каталог части коллекции, числилось 2588 образцов. При приеме коллекции музеем не хватало 100 номеров: 11 образцов не было уже при оценке коллекции в Вене, 82 образца находились в ящике, потерянном при перевозке из Вены, 7 образцов были приняты в обломках. Кроме того, оказалось 640 образцов, не упомянутых в каталоге, часть из которых можно было восстановить. В каталоги музея в 1913 г. было записано всего 2606 образцов. В последующие годы некоторые образцы были потеряны при переезде музея из Санкт-Петербурга в Москву в 1934 г. и несколько – списаны в результате разрушения.

В настоящее время в музее содержится 2424 образцов из собрания князя П.А.Кочубей. Они представляют около 300 минеральных видов. Из них 2124 находятся в систематической коллекции, 150 – в коллекции кристаллов, 148 – в коллекции псевдоморфоз и 2 – в коллекции месторождений. В экспозициях музея представлено около 350 образцов, совершенством которых мы можем любоваться.

Литература

Барсанов Г.П., Корнетова В.А. История развития Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана АН СССР за 270 лет (1716 – 1986 гг.) // Старейшие Минералогические музеи СССР (Очерки по истории геологических знаний. Вып. 25). М.: Наука, 1989. С. 9 – 52.

Большая Российская энциклопедия. <http://www.rubricon.ru> Russ Portal Company.Ltd,

⁴³ Крыжановский Владимир Ильич, (1881 – 1947), профессор. с 1907 г. хранитель минералогического отделения музея Академии наук, с 1932 по 1947 гг. директор Минералогического музея АН

⁴⁴ Имеется в виду Крыжановский Владимир Ильич, хранитель минералогического отделения музея

⁴⁵ Имение Любоцинских, около ст. Городок Витебской губернии

⁴⁶ Коковцов Владимир Николаевич (1853 – 1943), граф, государственный деятель, финансист. В 1911 – 1914 гг. председатель Совета министров. С 1918 г. в эмиграции (Большая Российская..., 2001 – 2002)

⁴⁷ Имение Прошково, Боровичи, Новгородской губернии

- 2001–2002.**
 Большой Русский биографический словарь. <http://www.hi-edu.ru/Brok/brbs.htm> **2002.**
Брокгауз и Ефрон. Малый энциклопедический словарь. <http://encycl.yandex.ru> Яндекс. **2001–2002.**
Вернадский В.И. Дневники 1917–1921 (составитель М. Сорокина). // Национ. АН Украины. Комиссия по разраб. науч. наследия В.И. Вернадского и др. Киев: Наук. думка, **1998.** Кн. 1, окт. 1917–январь 1920. 269 с.
 Выписка из протокола заседания Физико-Математического Отделения от 26 мая 1910 г., ст. 335, № 2477, 30 сентября 1910 г., Архив Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского
Кокшаров Н.И. Воспоминания 1818–1859 гг. //Русская старина. 1890. Т.66. Июнь. С.526–567
Кокшаров Н.И. Материалы для минералогии России. СПб.: Типография И. Глазунова и Комп., 1852–1855. Ч. 1. 412 с.
Кокшаров Н.И. Материалы для минералогии России. СПб.: Типография И. Глазунова и Комп., 1856. Ч. 2. 339 с.
Кокшаров Н.И. Материалы для минералогии России. СПб.: Типография Департамента внешней торговли, 1858. Ч. 3. 426 с.
Кокшаров Н.И. Материалы для минералогии России. СПб.: Типография Иосафата Огризко, 1862. Ч. 4. 515 с.
Кокшаров Н.И. Материалы для минералогии России. СПб.: Тип.-ия В. Дымакова, 1870. Ч.5. т. 376 с.
Кокшаров Н.И. Материалы для минералогии России. Атлас. СПб.: Тип.-ия И. Глаз. и Комп., **1853.** 82 с.
 Коллекция В.П. Кочубея. //Труды Геологического Музея им. Петра Великого. 1914. Т.8. Вып.1. С. 40–61.
 Корнилов Н.И., Солодова Ю.П. Ювелирные камни. М.: Недра, 1983. 239 с.
Кочубей А.В. Семейная хроника. Записки Аркадия Васильевича Кочубея 1790–1873. СПб.: Тип.-ия бр. Пантелеевых, 1890. 314 с.
Кочубей П.А. Воспоминания Петра Аркадьевича Кочубея о данной императором Александром II командировке в зиму 1856 года. СПб.: Тип.-ия бр. Пантелеевых, 1890. 32 с.
 Кочубей П.А. Некролог. //Горный журнал. 1892. т. IV. № 12. С. 563–564.
 Минералы. М.: Наука, 1972. Т.III. Вып. 1. 883 с.
 Письма В.И. Вернадского А.Е. Ферсману (составитель Н.В. Филиппова). М.: Наука, **1985.** 272 с.
Платов А.С., Кирпичев Л.Л. Исторический очерк образования и развития Артиллерийского Училища 1820–1870. СПб. **1870.** 374 с.
Попова В.И. и др. Мурзинка: Алабашское пегматитовое поле //Мин. альманах. М.: Изд. Ассоц. Экоств, **2002.** т. 5. 128 с.
 Природа. **1913.** №10. С.1239.
 Протоколы заседаний Императорского минералогического общества. //ЗВМО. **1878.** Ч.13. С. 431–432.
 Протоколы заседаний Императорского минералогического общества. //ЗВМО. **1880.** Ч. 15. С. 171–172.
 Протоколы заседаний Императорского минералогического общества. //ЗВМО. **1893.** Ч. 30. С. 399–415.
Семенов В.Б. Роман с изумрудом. //Урал. №7. **2001.** С. 170–176.
Семенов В.Б., Шакинко И.М. Уральские самоцветы. Свердловск: Средне-Уральское кн. изд., **1982.** 285 с.
Срезневский В.И. Очерк жизни и деятельности П.А. Кочубея. 1825–1892 гг. СПб. **1893.** 24 с.
 Страницы автобиографии В.И. Вернадского. М.: Наука, **1981.** 349 с.
 Систематический указатель статей за 1867–88 гг. //Записки Императорского Русского Технического общества. **1889.**
Ферсман А.Е. Очерки по истории камня. М.: Изд. АН СССР, **1961.** Т.2. 371 с.
Ферсман А.Е. Избранные труды. М.: Изд. АН СССР, Т.7. **1962.** 592 с.
Хвостов А.П. А. Кочубей. //Нива. **1893.** №3. С. 71, 73.
 Katalog der Mineralien, und Pseudomorphosen Sammlungen von Peter v. Kotschubey. Wien. **1908.** 122 с.
Kokscharow N. Materialien zur Mineralogie Russland. SPb. **1853–1891.** Bd. 1–11.

УДК 549:069

ЕЩЕ 10 ЛЯНОВ В ФОНД МУЗЕЯ

М.Е. Генералов

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН, Москва, mgeneralov@mail.ru

Серебряный слиток из фондов Минералогического музея оказался древней китайской монетой-ямбом. Приводятся его описание и сведения, почерпнутые из находящихся на нем штемпелей. В статье 3 цветных фото.

Как старинный английский замок немислим без праздношатающих по его подземельям призраков, так и любой порядочный музей обязательно имеет в своих фондах предметы с неясной историей и назначением. Одним из таких артефактов в Минералогическом музее им. А.Е.Ферсмана был и странный серебряный слиток, напоминающий по форме лодочку (фото 1, 4).

Сотрудников, имеющих хоть какое-то представление об этом предмете, в Музее не нашлось, похоже, что слиток находился здесь с давних времен. А полное отсутствие данных о нем дает основание подозревать, что он поступил вместе с коллекциями, переданными Музеем государством в 20-х годах XX века. Единственными его характеристиками, оставшимися после инвентаризации драгоценных металлов в коллекции Музея с участием специалистов Гохрана, оказались вес (около 368 грамм) и пробность слитка (серебро 960). Его размер — 62 х 40 х 40 мм.

Назначение этого слитка выяснилось случайно. В Копенгагене проходила выставка, куда со своими экспонатами, связанными с историей последних десятилетий российской царской династии, был приглашен и Минералогический музей.

Удачный случай, чтобы осмотреть достопримечательности датской столицы. Среди них, конечно, и огромный Исторический музей. В анфиладах залов с палеолитическими орудиями, ладьями викингов, интерьерами средневековых жилищ, плакатами периода фашистской оккупации легко заблудиться и пройти мимо богатейшей королевской коллекции монет и медалей. По-видимому, так со многими и случается и поэтому, когда автор зашел в залы, где выставлена эта коллекция, местный охранник скучал в полном одиночестве. Витрины же были переполнены сокровищами всех времен и народов — от похожих на золотые зернышки античных монет до пудовых медных с печатями пластин из Швеции. Вдруг на одной из витрин мелькнуло что-то знакомое — пара серебряных слитков-лодочек. Надпись на

этикетке: использовались в качестве монет в Китае с начала XVIII по начало XX вв.

Уже потом удалось побольше узнать об этих слитках-монетах. Основная их особенность — яркая индивидуальность. Среди них нет двух совершенно одинаковых. Сильно различалась форма (достоинство), они выпускались в разные времена в различных провинциях Китая разными серебряными лавками, торговыми домами, ювелирными фирмами, банками... Есть среди них квадратные, прямоугольные, седловидные, округлые («барабаны»), «лодочки», «цветы». По весу они колеблются от нескольких граммов до почти 2 килограммов. Стоимость их выражается в лянх (таэлях), которые соответствуют примерно 37 грамм серебра. Достоинство их обычно соответствует 1, 3, 4, 5, 10 или 50 лян. В тех или иных формах они были в ходу в Китае на протяжении почти 1000 лет. Привычка определять ценность серебряных слитков по их весу и чистоте металла привела к тому, что и иностранные серебряные монеты, попадавшие в Китай начиная с XVI в., оценивались точно по такому же принципу. Такой подход позволил избежать обычных для медных и бумажных денег деноминаций и сделать их одним из наиболее устойчивых в мировой истории платежных средств.

Известны эти слитки под разными именами. От китайских названий лян-боно, юань бао произошло русское название — ямб. «Packsattelmunzen» — седловидные монеты — их называют в Германии. В Киргизии, где они тоже были в ходу и упомянуты в эпосе «Манас», их, в зависимости от веса, называли «тай туяк» — лошадиное копыто и «кой туяк» — баранье копыто. В современной зарубежной литературе их называют «сайси» (от китайского слова «sisze» — тонкий сырцовый шелк), т.к. их поверхность часто покрыта тончайшими линиями, по структуре напоминающими шелк.

Но вернемся к ямбу, прибывшему к коллекции Минералогического музея. По весу ясно, что его достоинство соответствует 10 лянам. За сведениями о его происхож-

дении пришлось обратиться к специалистам. Здесь автору помогли коллекционер и исследователь из Тайваня Стивен Тай и Нина Владимировна Ивочкина, хранитель дальневосточного собрания отдела нумизматики Эрмитажа — музея, где хранится крупнейшая после китайской коллекция ямбов (700 штук).

Объединенными усилиями выяснилось следующее. Наш ямб был изготовлен в последние годы правления династии Цин (период 1889—1913). Один из штемпелей в его углублении говорит о том, что он был отлит находившимся в Пекине банком, носившим имя «Цзюй шэн», что приблизительно можно перевести как «Преумножающий [богатства]» (фото 3). Этот ямб очень похож на аналогичные слитки, достоинством в 10 лянов, выпускавшиеся в конце XIX в. в столичной провинции Чайли (Хэбей).

Другой штемпель (поврежденный) содержит типичное для ямбов указание на высокое качество использованного серебра. «Ши цзи се» — должна была звучать надпись в нем, что можно перевести как «проба достаточно высока». Вообще, китайские ямбы славятся именно чистотой содержащегося в них металла.

Небольшие круглые штемпели (фото 2), находящиеся на внешней стороне нашего слитка — это традиционное изображение круглой китайской медной монеты с квадратным отверстием, употреблявшееся как благожелательный символ обогащения и процветания. Символ этот очень широко использовался на народных картинах, в пред-

метах прикладного искусства и даже на древних ассигнациях XI века.

Сейчас трудно оценить, насколько ценна эта находка в фондах Музея. Даже коллекционеры говорят, что рыночная цена ямбов не вполне сложилась и цена аналогичных предметов у разных дилеров может отличаться на порядок. Есть свидетельство, что один и тот же ямб, достоинством в 50 лянов, но в крайне плохом состоянии был куплен в 1995 г. примерно за \$1000, а через два года перепродан уже за \$20000.

Что не вызывает сомнения, так это то, что цена ямбов далеко не ограничивается стоимостью содержащегося в них серебра. Об этом свидетельствуют и многочисленные современные подделки. Ямбы уже давно стали нумизматической редкостью, так как большинство их было переплавлено на серебряные монеты и украшения.

Но даже и в те времена, когда ценился только серебряный эквивалент ямба, десять лянов были нешуточной суммой. Один серебряный лян в конце XIX в. соответствовал 1500—2000 медным монетам, а на наш ямб, достоинством в 10 лянов, можно было в то время приобрести более 400 литров риса — настоящее сокровище в постоянно голодавшем Китае. Вообще, в отличие от медных монет, использовавшихся для повседневных покупок, ямбы служили валютой для осуществления крупных сделок.

Бедность в Китае описывали так: «...да он ямба в руках не держал». Но к нам (сотрудникам Музея) теперь это уже не относится.

УДК549:069

НОВЫЕ ПОСТУПЛЕНИЯ В МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ им. А.Е.ФЕРСМАНА РАН ЗА 5 ЛЕТ (1997–2001)

Д.И.Белаковский

Минералогический музей им А.Е.Ферсмана РАН, dmz@fmm.ru; http://www.fmm.ru

В пять коллекций основного фонда Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана РАН с 1997 по 2001 гг. поступило 3414 образцов, представленных 980 минеральными видами из 73 стран. Среди них 372 новых для Музея видов, в том числе 83 вида, открытых за этот период, 16 – открытых сотрудниками Музея. Три новых вида установлено в ранее записанных образцах Музея. 97 из поступивших новых видов представлено типовыми образцами или их фрагментами. Всего на конец 2001 года в Музее насчитывалось около 2700 видов. Из поступивших образцов 1197 – дары от 230 частных лиц и 12 организаций; собственные сборы Музея – 610; получены по обмену – 600; приобретения – 334; записанные из старых сборов – 521; другого типа поступления – 152. Дан обзор новых поступлений по минеральным видам, географии, типам поступлений и их источникам. Приведен список вновь поступивших в Музей за этот период минеральных видов и список отсутствующих в Музее видов. В статье – 27 цветных фотографий.

Часто приходится сталкиваться с распространённым мнением, что в крупных минералогических музеях уже все есть, все собрано, и не надо заботиться о пополнении. Иногда у людей вызывает удивление интерес Музея к рядовым, по их представлениям, образцам. Мнение это ошибочно и напоминает бытовавшие на рубеже XIX – XX веков представления, что физика уже почти законченный раздел науки. Достаточно сказать, что из известных сейчас приблизительно 4000 минеральных видов в нашем старом и крупном Музее имеется только около 2800 и эта цифра примерно отражает состояние и в большинстве других крупных минералогических музеях мира. И это при том, что существует не менее десятка частных коллекций, в которых число минеральных видов существенно превышает 3000. Кроме того, целью музейного коллекционирования является сбор коллекций, характеризующих многочисленные разновидности и разности минералов, их морфологические типы, ассоциации и все что может дать представление о процессах минералообразования. Таким образом, как бы ни были богаты коллекции, всегда существует необходимость их пополнения.

В начале обзора хотелось бы поблагодарить всех, кому было чуждо вышеупомянутое заблуждение, кто каким-либо образом участвовал в пополнении Музея, кто сделал возможным разговор о новых поступлениях.

Сообщения о новых поступлениях в Музей традиционны для серии выпусков «Новые данные о минералах». В связи с долгим перерывом в издании журнала предыдущая

статья о новых поступлениях (1984 – 1996) была опубликована в альманахе «Среди минералов» в 2001 г. С ней можно познакомиться и на web сайте Музея РАН (<http://www.fmm.ru/novpostframe.htm>). На этом же сайте можно посмотреть фотографии образцов отмеченных в тексте знаком ^{www}.

Критерии записи образцов в музейные коллекции определялись, как и ранее, предложенной еще акад. В.И.Вернадским структурой фондов с разделением их на пять основных коллекций: систематическую, месторождений, кристаллов, образований и превращений минералов и коллекцию поделочных и драгоценных камней.

В наиболее крупную – систематическую коллекцию записываются новые для Музея минеральные виды, с особым вниманием, к оригиналам исследований. В нее же попадают химические, морфологические и иного рода разновидности минералов и образцы, характеризующие разнообразие ассоциаций минерального вида. Конечно, одним из главных критериев отбора для записи – эстетическая привлекательность штуфа.

В коллекцию месторождений записывается обычно группа образцов, если она может дать представление о характере и/или своеобразии минералогии конкретного проявления.

Запись в коллекцию кристаллов определяется набором простых форм кристалла, обликом, габитусом, проявленными законами двойникования и другими особенностями кристаллов.

В коллекцию образований и превращений (ОП) попадают образцы наглядно де-

монстрирующие какие-либо явления роста и растворения, разрушения и трансформации минералов. Большую часть этой коллекции составляют псевдоморфозы.

Наконец, в коллекцию поделочных и драгоценных камней (ПДК) поступают как сами эти камни, так и изделия из них.

Технология инвентаризации поступающих в Музей образцов вкратце такова: сначала регистрация в книге поступлений, затем подготовка материала (включающая чистку, препарирование, необходимую инструментальную диагностику, первичный этикетаж и внесение в электронные базы данных). Фондово-закупочная комиссия музея далее решает вопрос о распределении подготовленного материала в коллекции основного фонда и других фондов Музея.

В настоящем обзоре приводятся данные только об образцах, записанных в инвентарные книги коллекций основного фонда Музея за 1997–2001 гг. Данные о поступлениях этого периода, находящихся в обработке для последующей записи в фонды или распределенных в обменный и научно-вспомогательный фонды, здесь не приводятся.

С 1997 по 2001 годы обработано и записано в основной фонд 3414 образцов, соответствующих 3041 инвентарному номеру основного фонда. Из них около 2075 (1964 номера) в систематическую коллекцию, 334 (305) в коллекцию месторождений, 300 (184) в коллекцию кристаллов, 501 (448) в коллекцию ОП (включающую в себя также и псевдоморфозы) и 204 (140) в ПДК.

Характер поступлений отличается от поступлений предыдущих лет, главным образом, меньшей долей собственных сборов Музея. Это связано и с сокращением числа музейных экспедиций по причине недостатка средств, и с тем, что ряд традиционных объектов музейных сборов в бывших республиках СССР стал труднодоступен. В то же время по сравнению с предыдущим пятилетием увеличилась доля даров.

Распределение поступивших образцов по минеральным видам

Каталогизированные в 1997–2001 гг. образцы представлены 980 минеральными видами, из которых 372 ранее в Музее отсутствовали. В их числе — 83 минеральных вида из приблизительно 250 опубликованных с 1997 года или находящихся в печати. Речь идет о минеральных видах, официально утвержденных комиссией по новым минера-

лам Международной минералогической ассоциации. Шестнадцать из этих 83-х новых минеральных видов установлены сотрудниками Музея или с их участием. Три минеральных вида были открыты непосредственно в музейных образцах, ранее записанных на другие минеральные виды. Из новых для Музея минеральных видов 97 представлены типовыми образцами или их фрагментами или котипами. С учетом этих поступлений на конец 2001 года число минеральных видов в Музее составило 2625.

Большая часть поступивших минеральных видов (620) представлена одним образцом. Двумя образцами представлено 160 видов; от 3–5 образцов — 130 видов; 6–10 образцов — 40 видов; 11–20 — 20 видов; 21–100 — 11 видов и более чем сотней образцов представлено всего 3 вида.

Среди поступлений в большинство музейных и частных коллекций обычно лидируют кварц и кальцит, благодаря своему неисчерпаемому разнообразию. Не было исключения и на этот раз. Кварц и его разновидности составили 190, а кальцит — 165 образцов.

Из российских образцов кварца, в дополнение к сделанным ранее сборам, поступили кристаллы горного хрусталя из альпийских жил Приполярного Урала и Южного Урала. Наиболее эффектны из них обелисковидные кристаллы до 38 см, а также группы кристаллов различной морфологии, собранные Д.Абрамовым на Астафьевском м-нии. Стоит отметить псевдодипирамидальные кристаллы до 1 см на геденбергите, а также пучок расщепленных зеленых (за счет геденбергитовых включений) кристаллов кварца на андрадитовой щетке из Дальнегорска (дар Ю.Пустова) (фото 8). Из нового для Дальнегорска материала обращает внимание подаренная П.Банцековым небольшая друза тонких кристаллов, подкрашенных в оранжево-красный цвет включениями гематита. Значительное число образцов кварца из рудных жил Камчатки и Дальнего Востока, поступивших из ЦНИГРИ, записано в коллекцию месторождений. Они не обладают эстетическими качествами, но дают представление о процессах рудообразования на этих объектах. Генетически интересны и кварц-кальцитовые симплектиты из торголитов Мурунского массива, переданные В.Левецким.

Из ближнего зарубежья новы для Музея поступления из недавно разрабатываемого проявления кварца близ города Они в Грузии. Это друзы чистых уплощенных кристаллов горного хрусталя, среди которых

попадают японские двойники, а также зональные за счет присыпок зеленого клинохлора кристаллы с фантомами. Принадлежность к минерализации альпийского типа подчеркивает наличие в отдельных образцах рутила и брукита (дары А.Агафонова и приобретения). Из этого же источника поступили недавно добытые кварцевые друзы и пучки расщепленных кристаллов с кальцитом на магнетите из скарнов Дашкесана, Азербайджан. Красивая друза кристаллов (до 3 см) так называемого «клубничного» кварца (strawberry quartz) из Чимкентской области Казахстана подарена А.Ковалевым (фото 9). Красный цвет кварца и близкий к авантюриновому эффект связан с включениями гематита, гетита, а возможно и лепидокрокита.

Из зарубежных поступлений кварца одним из наиболее интересных является сросток (кластер) как бы нанизанных друг на друга изометричных кристаллов размером 3–4 см (так называемый «хекинерский алмаз» — Herkimer diamond) из штата Нью-Йорк, США. Среди приобретенных образцов из Китая друзы чистых сильно вытянутых кристаллов горного хрусталя с включениями гематита в них и с пластинчатыми сростками гематита между ними из Ли Жон Гуанг Даг (Liu Zhon Guang Dag). По обмену получен скипетр аметиста около 6 см на кварце из Мангатобанги, Амбатфинандрахана (Mangatobangu, Ambatofinandrahana), Мадагаскар (фото 7). Из других зарубежных образцов получены прозрачные уплощенные кристаллы из Пакистана; скелетный кристалл кварца из Нуэво Леон (Nuevo Leon), Мексика, приобретенный в 1999 году на аукционе журнала Rocks and Minerals; радиальный сросток бледно-сиреневых зональных кристаллов кварца в виде плоского бутона цветка диаметром около 15 см из Рио Гранде ду Сул (Rio Grande do Sul), Бразилия (обмен). Из этой же страны кварц с живописными включениями хлорита и карбонатов, подаренный диллером из США — Рокком Куриером (R.Currier).

Надо отметить и поступление синтетических кристаллов кварца различной окраски и форм, выращенных в лаборатории ВНИИСИМС (г. Александров) и подаренных Музею этим институтом.

Из разновидностей кварца семейства халцедона коллекция Музея пополнилась псевдоморфозами халцедона по древесине из Германии, Венгрии, США, по костям динозавра (Колорадо, США; дар Т.Нипп (T. Nipp), по флюориту (Зимбабве), по ангидриту (Водино,

р. Волга, Россия). Ряд образцов халцедона и агата представлены целым набором псевдосталактитов, мембранных трубок и других морфологических типов, пополняющих обширную коллекцию агатов Музея и иллюстрирующие генетические построения, изложенные в монографии А.Годовикова с соавторами «Агаты». Это образцы из проявлений Казахстана, Монголии, Грузии, Бразилии и других стран в основном из личных сборов А.Годовикова. Один из дарителей Музея — А.Кац передал эффектную полированную пластину агата из проявления Мустах в Якутии, названную им именем собственным — агат «Годовиков»^{www} в память о бывшем директоре Музея А.А.Годовикове, много лет занимавшемся проблемами минералогии и генезиса агатов.

Поступления кальцита зарегистрированы с 37 различных месторождений и проявлений. Почти половина образцов кальцита представлена великолепной коллекцией глендонита — кальцитовых псевдоморфоз по икаиту (фото 10–14). Большая часть этой подборки собрана А.Никифоровым, А.Захаровым, М.Аносовым и В.Левицким во время нескольких экспедиций Музея 1997–1999 гг. у деревни Оленица, на берегу Белого моря, Кольский п-ов. Другая часть — более 20 образцов из долины реки Большая Балахня, п-ов Таймыр, Россия — сборы и дар Д.Сулержицкого. Коллекция весьма полно отражает онтогению глендонита. В ней представлены отдельные кристаллы, двойники и сростки, растущие отдельно или нарастающие на гальки метаморфических или других пород, частично окаменелое дерево, раковины и др., обрастающие в различной степени глинисто-карбонатными конкрециями. Глендонит с Таймыра обычно имеет несколько иную форму сростков по сравнению с кольским и часто отличается белым цветом. В то же время, некоторые образцы из этих мест практически невозможно различить. Посмотреть их изображения можно на сайте Музея (<http://www.fmm.ru/gallery.htm>).

Из других образцов выделяется кальцит, инкрустирующий полости камер в раковине аммонита рода *Ammonitoceras* диаметром 36 см из долины реки Белой, Северный Кавказ, Россия (фото 4). Наиболее интересный среди записанных образцов кальцита из Дальнегорска — сферокристалл Мп-кальцита размером около 12 см (дар В.Бреклера). Необычный кальцит, образующий секториальные пинакоидально-скаленоэдрические кристаллы нескольких ге-

нераций, происходит с горы Кукисвумчорр в Хибинском массиве, где этот минерал можно отнести к редким (сбор М.Дорфмана). Интересные образцы получены из м-ний Приполярного Урала, бассейна реки Нижняя Тунгуска, Саввинского м-ния в Забайкалье. Выделяются карстовые формы кальцита из известняков у деревни Кольцово, Калужской области.

Прекрасный сросток двойников исландского шпата размером до 5 см из Соколовского м-ния в Северном Казахстане подарен Л.Булгаком.

На третьем и четвертом местах по числу образцов оказались сфалерит (112) и галенит (98). На эти места они выдвинулись, главным образом, в результате записи соответствующих систематических разделов коллекций В.Степанова и А.Годовикова. Обзор этих коллекций не вписывается в рамки настоящей статьи и планируется как отдельная работа. Все же следует отметить, что эти подборки дают весьма полное представление о разнообразии этих минеральных видов на территориях бывшего СССР и ряда бывших социалистических стран Восточной Европы. Из не входящих в эти коллекции поступлений отметим эффектный образец, состоящий из двух радиальных сростков темных кристаллов сфалерита размером около 12 см каждый, выросших на плоский обломок кварцита^{www} (штат Иллинойс, США), а также мелкие скелетные кристаллы галенита из горячих возгонов природного угольного пожара на обожженном аргиллите из урочища Кухи-Малик, Центральный Таджикистан.

Пятое место по числу поступлений занимает пирит (82 образца). Довольно большая порция образцов происходит с берегов Волги вблизи Ульяновска. Часть их — мелкие щетки пирита с очень яркой радужной побежалостью, инкрустирующие трещины в септариевых конкрециях шаровой или эллиптической формы (дары А.Агафонова и А.Натариуса). Другая часть — массивные пиритовые конкреции размером до 20 см, образующие, зачастую, до того натуральные фаллические формы, что иногда даже знатоки минералов принимают их за резьбу по камню (дары Л.Булгака и А.Натариуса) (фото 5). Псевдоморфоза пирита по корню стигмариин юрского возраста из угольного разреза близ города Боровичи Новгородской области подарена автором статьи. Из других образцов российского происхождения можно отметить совершенный кубовидного облика, пентагондодекаэ-

дрического габитуса кристалл пирита размером 11 см из Березовска, Урал, а также искаженные кубические кристаллы в хлоритовом сланце из м-ния Додо, Приполярный Урал. Ряд образцов пирита, иллюстрирующих рудогенез Холоднинского м-ния в Северном Прибайкалье, записан в коллекцию месторождений.

Из бывших республик СССР наиболее заметный и самый увесистый (около 40 кг) образец пирита представляет собой хорошо ограненный с блестящими гранями кристалл кубического габитуса размером 33 x 20 x 20 см с черным флюоритом в одной из граней куба из м-ния Акчатау в Центральном Казахстане. Из зарубежных образцов можно выделить полученные по обмену нарядные сверкающие друзы октаэдрических кристаллов из Перу^{www} и диско-видные пиритовые конкреции, так называемые «пиритовые доллары» из Спарты (Sparta), штат Иллинойс, США.

Далее на шестом и седьмом местах топаз (71) и целестин (47). Значительная часть вновь поступивших образцов топаза собрана автором статьи в 1998 г. на проявлениях хребта Томас (Thomas Range) в штате Юта, США благодаря любезности Дж. Нолерта (J. Holfert), который показал ряд мест и разрешил поработать на своих заявленных участках. Это отдельные кристаллы размером до 5 см розовато-коричневого цвета и сростки, ассоциирующие с кристаллами биксбиита и псевдобрукита. Другая часть поступившего топаза — граненые вставки разных цветов, полученных путем обработки топаза в расплавах солей кобальта или титана. Они записаны в коллекцию ПДК.

Из новых поступлений целестина надо отметить расщепленные голубые полупрозрачные кристаллы, ассоциирующие с кристаллами серы из Водинского м-ния близ г. Самара (сбор Б.Шкурского). На реке Пинега в Архангельской области добыты кристаллы целестина размером до 5 см хорошей голубой окраски из полостей растворения в известняках. В пещере Промежуточная, хребет Кугитанг, Восточная Туркмения собраны мелкие кристаллы голубого целестина на кальцитовых геликтитах. Из зарубежных образцов наиболее интересен радиальный сросток серых кристаллов целестина в темном аргиллите, так называемая «каменная хризантема» из Китая.

Для других минеральных видов, поступивших в количестве более 7 образцов, распределение приведено в таблице ниже: (в правой колонке число поступивших образцов).

Гроссуляра	41	Медь	13	Россия	1386	Пакистан	7
Изоферроплатина	30	Рутил	13	США	368	Перу	7
Сперрилит	27	Флюорит	12	Казахстан	148	Словакия	7
Барит	23	Биксбиит	11	Таджикистан	135	Мьянма (Бирма)	6
Гипс	23	Киноварь	11	Австралия	80	Венгрия	6
Мусковит	23	Ортоклаз	11	Канада	72	Чили	6
Халькопирит	21	Эрионит-К	11	Бразилия	61	Аргентина	5
Арагонит	20	Графит	10	Туркменистан	60	Норвегия	5
Бертраундит	19	Жадеит	10	Украина	54	ЮАР	5
Гематит	19	Сера	10	Италия	51	Австрия	4
Сидерит	18	Флогопит	10	Азербайджан	50	Афганистан	4
Фторапофиллит	17	Шеелит	10	Чехия	48	Сербия	4
Чароит	15	Шерл	10	Грузия	46	Танзания	4
Шпинель	15	Агреллит	9	Киргизия	45	Испания	3
Колеманит	14	Берилл	9	Болгария	40	Португалия	3
Магнетит	14	Бетафит	9	Индия	35	Франция	3
Опал	14	Малахит	9	Китай	35	Алжир	2
Стильбит	14	Мизерит	9	Германия	34	Белоруссия	2
Фторapatит	14	Данбурит	8	Узбекистан	33	Конго НР	2
Андрадит	13	Диопсид	8	Мексика	30	Оман	2
Везувиан	13	Клинохлор	8	Польша	24	Южная Корея	2
Висмут	13	Мурманит	8	Шри-Ланка	21	Вьетнам	1
Воластонит	13	Хризотил	8	Дания	20	Египет	1
Корунд	13	Эгирин	8	Румыния	18	Зимбабве	1
				Марокко	17	Куба	1
				Армения	16	Малави	1
				Великобритания	13	Малайзия	1
				Мозамбик	13	Мали	1
				Конго ДР (Заир)	12	Новая Зеландия	1
				Швеция	12	Сенегал	1
				Япония	12	Словения	1
				Мадагаскар	11	Сьера-Леоне	1
				Боливия	8	Уругвай	1
				Монголия	8	Финляндия	1
				Намибия	8	Чад	1
				Швейцария	8	Антарктида	2
				Греция	7	Океаническое дно	5
				Неизвестного места находки			53

Подавляющее число кристаллов гроссуляра — сборы на реке Вилюй, Якутия — изометричные и искаженные зеленые кристаллы от 1 до 5 см. Из зарубежных образцов — ромбододекаэдрические зональные кристаллы гроссуляра до 5 см из Ксалосток (Xalostok), Мексика, а также граненые вставки гроссуляра из Шри-Ланка, записанные в коллекцию ПДК.

Все образцы «платины» переданы государством и происходят из массива Кондер в Хабаровском крае и представляют собой в разной степени окатанные самородки весом от 20 до 350 граммов, в которых помимо платиновых минералов, представленных, главным образом, изоферроплатиной содержатся хромшпинелиды и хромдиопсид.

Все образцы сперрилита собраны А.Понмаренко в 1985—1988 гг. на руднике Октябрьский м-ния Талнах и записаны после проведения обработки полевых материалов и диагностики сопутствующих фаз. Представлены отдельными кристаллами с максимальным размером до 12 мм и их сростками, свободными или в моихукитовой матрице.

Наиболее интересные образцы других видов будут упомянуты при анализе новых поступлений по другим категориям.

Географическое распределение новых поступлений

Распределение новых поступлений по странам приведено в таблице ниже:

Поступившие образцы собраны в 73 стран мира, а также в Антарктиде и на океаническом дне Индийского и Атлантического океанов. Из 15 стран поступило по одному образцу. От 2 до 5 образцов — из 14 стран. От 6 до 10 образцов — из 13 стран. От 11 до 20 образцов — из 9 стран. От 21 до 40 образцов — из 8 стран. От 41 до 100 образцов — 10 стран. Более 100 — 4 страны.

Из 11 республик бывшего СССР — 1975, в том числе Россия — 1386, остальные — 589.

Россия

Кольский полуостров, Карелия. Из российских поступлений, как и обычно, этот район имеет наибольший вес — 348 образцов, в том числе, 83 из Хибинского массива, 95 из Ловозерского массива и 22 из Ковдора. Среди минералов из этих трех объектов 67 новых для

Музея видов, включая 43 типовых образца. Большая часть редких минералов передана И.Пековым (54), А.Хомяковым (36) и М.Дорфманом (17). Кроме того, ряд редких минералов передали: З.Шлюкова, В.Левицкий, М.Аносов, С.Бритвин, А.Задов, Р.Лиферович, Н.Манаев, В.Яковенчук, Н.Чуканов, А.Паращенко, М.Моисеев и другие. На долю собственных полевых сборов Музея пришлось 27 образцов, 25 образцов получены по обмену или приобретены. Помимо новых минералов одно из наиболее интересных поступлений из Хибинно-Ловозерского комплекса — крупные спайные выколки красного прозрачного вилломита из рудника Коашва, Хибины (фото 2). Чистота его такова, что он пригоден даже для огранки. Насколько нам известно, это была единственная находка такого рода за все время разработки Хибинских месторождений. К сожалению, большая часть этого материала попала в отвал и погибла. Неожиданно крупные массивные образцы шомоикита-(Y) и его кристаллы с эффектом дихроизма подарены И.Пековым и А.Паращенко. Красивые образцы лампрофиллита из Хибин, лоренценита из Ловозерского массива и диопсида из Ковдора подарены коллекционерами В.Силицким и Л.Чикилевой. Весьма эффектные для редкого (тем более нового) минерала образцы леммлейнита-Ва собраны в Ковдоре М.Моисеевым. Это ярко-красные кристаллы размером до 1 мм в пустотах кальцитового карбоната. Из музейных сборов можно отметить крупные сиреневые пластины мурманита в усингитовом пегматите на г. Карнасурт, Ловозерский массив. Получен в результате обмена эффектный крупный образец эльпидита с г. Аллуйв, Ловозеро, (фото 19).

Другие поступления с Кольского полуострова относятся к Кейвам (23 образца), откуда Н.Пековой, И.Пековым, А.Волошиным, П.Карташовым и В.Левицким переданы редкие минералы, собранные на горе Плоская и в Сахариюском массиве. В.Левицким, кроме того, передан прекрасный двойник («прямой крест») ставролита размером 8 см в мусковитовом сланце (фото 24). Более 60 образцов собраны в районе деревни Оленица, это в основном глендонит.

Любопытным поступлением из Карелии является изготовленная и подаренная А.Серафимовичем сфера, выточенная из монокристалла альмандина из района станции Шуерецкая. На ней можно наблюдать великолепный эффект астеризма — тонкие световые кольца, видимые в нескольких сантиметрах над поверхностью сферы. С Хита-острова получен крупный

призматический кристалл красного корунда на гнейсовой породе.

Урал. Отсюда за рассматриваемый период поступило 211 образцов. С Приполярного Урала записано 42 образца. Это кварц, кальцит, титанит, ферроаксинит и гематит из Додо, Пуйвы и других точек минерализации на восточном склоне Урала. Из новых сборов на западном склоне (гора Ярута, хребет Мань-Хамбо) выделяется кристалл недавно открытого минерала царегородцевита размером 0.8 см на грани призмы кварца. Великолепные образцы яркого красного корунда с массива Рай-Из поступили от А.Агафонова.

Более 70 образцов происходят со Среднего Урала. Хорошо представлена минерализация родингитовых жил Баженовского м-ния асбеста. Материал поступил как дары А.Задова и А.Лоскутова. Это кристаллы везувиана с зелеными, красноватыми и розовыми зонами; разных цветов и бесцветные щеткиgrossуляра, стильбит, ксонотлит и впервые найденный здесь клинотоберморит. Несколько изделий (вазы) из серпентинита с этого месторождения записаны в коллекцию ПДК. Из Сарановского м-ния хромита наиболее интересные образцы — зеленые сдвойникованные кристаллы титанита размером до 3.5 см (дар М.Аносова) (фото 15), а также щетки сиреневых столбчатых кристаллов Ст-амезита, обладающие александритовым эффектом. Среди образцов из Мурзинско-Адуйского района выделяются зональные пластины масутомилита из копи Мокруша (дар И.Пекова) и длинношестоватые кристаллы фойтита из жилы Казеница, подаренные Дж. Патерсоном (J.Patterson). Из Березовского м-ния помимо упоминавшегося пирита, поступили редкие минералы зоны окисления — феникохроит, эмбрейит.

Более 70 образцов поступило и с Южного Урала. Один из самых интересных — сросток расщепленных в виде розы кристаллов синего корунда размером около 10 см из Ильменских гор (фото 3). Отсюда да же происходит корундовый кабошон с эффектом звезды, подаренный С.Никандровым. В числе других интересных находок — друзы с псевдокубиктаэдрическими кристаллами перовскита до 3 см (фото 26) и с магнетитом из новых проявлений близ города Златоуст. Из этой же ассоциации очень крупный (3 см) кристалл хегбомита на клинохлоре (фото 27). Приобретен анортотоклаз с эффектом солнечного камня из Потаниных гор. Из Южного Урала поступило 13 новых для Музея минеральных видов, в том числе, три типовых образца. Кроме того, Б.Чесноковым передан ряд описанных им

фаз из продуктов горения терриконов угольных шахт.

Дальний Восток и Камчатка. Из 125 поступивших из Приморского края образцов более сотни приходится на Дальнегорск. Кроме упоминавшихся выше образцов кварца и кальцита из этого месторождения стоит отметить крупный штуф волластонитового скарна^{www}. Оригинальные сростки сферокристаллов сидерита подарены Старом ван Сквайвером (S. Van Scriver) (фото 23). Другие поступления из Приморья — с месторождения Забытое. Отсюда получен чрезвычайно интересный материал — бертрандит-родохритовые псевдоморфозы предположительно по кристаллам гельвина. Хабаровский край представлен упоминавшимися выше платиновыми самородками из массива Кондер.

Из 42 образцов с Камчатки преобладают минералы возгонов вулкана Толбачик (дары С.Филатова, С.Кривовичева, В.Поповой, Н.Рудашевского), а также редкие микроминералы, связанные с платиновой минерализацией ультраосновных массивов. Из этого материала происходят 25 новых для Музея минеральных видов, включая 7 недавно открытых и 5 представленных типовыми образцами.

Красноярский край. Всего 128 образцов, главным образом, характеризующих минерализацию элементов платиновой группы в медно-никелевых рудах Норильских м-ний. Кроме упомянутых выше образцов сперрилита, подборка, собранная А.Пономаренко включает редкие минералы, в том числе семь новых для Музея видов.

Саха-Якутия. Из 110 поступивших образцов помимо отмеченного выше гроссуляра с реки Вилюй, наиболее интересна богатая подборка полированных плиток чаройта из Мурунского массива, характеризующая его структурно-текстурные разно-сти. Среди образцов из Муруна и эффектные образцы редких минералов — франк аменита и дэлиита.

Забайкалье и Прибайкалье. Всего более 100 образцов. Из наиболее эффектных — кристалл голубого апатита размером 40 x 14 см в желтом кальцифоре со Слюдянки, Прибайкалье. Из турмалиновых пегматитов Малханского хребта в Читинской области наиболее интересны кристалл данбурита размером 3.5 см на дымчатом кварце и кристалл розового эльбаита на кварце (дар Д.Абрамова). Из минералогических объектов Южного и Северного Прибайкалья и из Бурятии поступило двенадцать новых для Музея видов, в том числе десять типовых образцов.

Северный Кавказ. Всего 34 образца, среди которых один из лучших среди новых поступлений штуфов — щетка яркого оранжево-красного аурипигмента на доломите (фото 6). Размер штуфа — 35 см. Он добыт на Эльбрусском руднике, Карачаево-Черкесия.

Страны СНГ (Бывшие республики СССР)

Из бывших советских республик наиболее значительны поступления из **Азербайджана**. Это, недавно добытые на горе Капыджик близ города Нахичевань, хорошо образованные кристаллы рутила размером до 3.5 см с блестящими гранями, сидящие на кварце (фото 18). Они существенно превосходят по качеству имевшиеся ранее в Музее образцы с этого проявления. Свежие сборки поступили также из железорудного м-ния Дашкесан. Наиболее примечательны друзы замещенного амфиболом геденбергита, друзы серовато-зеленых кристаллов апатита, а также друзы с магнетитом, кварцем и кальцитом.

Из **казахстанских** образцов особо выделяются несколько друз крупных кристаллов гергейита с озера Индер, а также индерборит и колеманит из этого же месторождения. Из массива Бектау-Ата в Прибалхашье поступили хорошо образованные стройникованные кристаллы давидита-(La) размером до 5 см. Пирит из Кара-Обы уже упомянут выше, а среди образцов из Акчатау весьма эффектен пучок кристаллов бертрандита размером около 4 см, вросший в грань октаэдра темно-фиолетового флюорита.

Из **Таджикистана** большую ценность представляет материалы со щелочного массива Дара-и-Пиоз, собранные Музеем (Д.Белковский, Б.Шкурский), а также купленные, обмененные и полученные в дар и как типовые образцы новых видов (Л.Паутов, А.Агаханов). В ряде этих образцов уже после их сбора были обнаружены редкие виды — дусматовит, шибковит, установлен новый цеизевый минерал — телюшенкоит. Многие из редких минералов Дара-и-Пиоза обладают яркой люминесценцией и пополнили экспозицию флуоресцентных минералов.

Среди поступлений из **Узбекистана** уникален кристалл самородного теллура из м-ния Коч-Булак (дар П.Голощуква) (фото 1). Надо отметить и щетки темно-зеленых кристаллов фольбортита размером до 1 см из окрестностей Уч-Кудука (дар Л.Паутова, А.Минко).

Наиболее яркий материал из **Киргизии** — голубые волокнистые агрегаты и радиальные сростки нового минерала хайдарканита из месторождения Хайдаркан.

Другие страны

США. Из зарубежных стран наибольшее число новых поступлений приходится на США. Один из их источников — дары (131 образец). Полностью инвентаризована и записана, поступившая ранее коллекция, подаренная А Кидвеллом (A.Kidwell), в составе которой 67 образцов из США. Это отличные образцы кидуэллита и ряда других фосфатов и подборка минералов из Магнет Ков (Magnet Cove), Арканзас. Образцы редких флуоресцентных минералов из Франклин (Franklin), Нью Джерси передал П Радомский (P.Radomsky). Гельвин, данбурит и другие минералы из гранитных пегматитов Южной Калифорнии переданы Дж. Патерсоном (J.Patterson). Интересные образцы согдианита и цектерита из Голден Хорн (Golden Horn Batholith), шт. Вашингтон подарены Р. Бекером и Р. Богсом (R.Becker, R.Boggs). Друзы кристаллов троны и ряд боратов из м-ния Борон (Boron), Калифорния подарены Дж.Ватсоном (J.Watson). Кроме того, образцы дарил Дж.Робирсон (G.Robinson), Л.Рием (L.Ream), В.Симмонс (W.Simmons), П.Хэйн (P.Haynes), Т.Брент (T.Brent), К.Корпи (C.Korpi), В.Хеллер (W.Heller), Т.Нишп (T.Nipp), Б.Кэнон (B.Canon), А.Лэлкэс (A.Lelkes), Н.Медведев и другие. Другой источник поступлений — обмен с музеями, главным образом, со Смитсоновским музеем в Вашингтоне, США, а также с коллекционерами. Этим путем поступили 43 новых для Музея минеральных вида, а также весьма изящные секретиции могонита из Нью Мексико (фото 22). Третий источник поступлений — собственные сборы. Этим путем удалось получить упоминавшийся выше топаз из района хребта Томас (Thomas Range) и другие минералы из этого района, в частности, кристаллы биксбиита до 1.5 см (фото 17) уплощенные кристаллы красного берилла, касситерит, дураниит, а также синие бертрандит-флюорит-гиалитовые нодулы из ныне уже рекультивированного м-ния бериллия Бреш-Веллман (Brush Wellman) (фото 25). В собранных ранее А.Годовиковым образцах м-ния Крестмор (Crestmore), Калифорния при исследовании был установлен недавно открытый минерал формикаит.

Канада. Основная часть новых поступлений из Канады происходит из горы Сент-Илер (Mont Saint-Hilaire) и карьера ДеМикс-Вареннес (DeMix-Varennes Quarry), Квебек (33 образца). Значительная часть подарена коллекционерами: Л. и Е. Хорваф (L.&E.Horvath) (в числе прочих минералов от них поступили, названный в честь них хорватит-(Y) и манганохомяковит — марганцевый

аналог минерала названного в честь русского минералога А.Хомякова), Р.Роттенберга (R.Rottenberg), П. Тарасова (P.Tarasoff). Среди образцов из из рудника Джеффри, Асбестос (Jeffrey mine, Asbestos) — спертинит от Ф.Спертини (F.Spertini). Среди полученных по обмену образцов один из лучших — замечательный сросток кристаллов оранжевого серандита размером до 4 см с белым сферолитом лейфита. Путем обмена получены крупные штуфы с агреллитом, эвдиалитом, власовитом из щелочного комплекса Кипава (Kipawa) и крупные кристаллы фторопатита из рудника Йэтс (Yates mine), Квебек. Из сборов наиболее интересны кристаллы бетафита до 3 см из Силвер Крайтер (Silver Crater), Онтарио.

Мексика. Из поступивших мексиканских образцов можно выделить ирризирующей обсидиан, прозрачные желтоватые кристаллы лабрадора из рудника Лабрадор, Чивава (Labrador mine, Chihuahua), сферические сростки кридита из рудника Навидад (Navidad mine).

Бразилия. Среди поступлений — крупные уплощенные кристаллы эосфорита размером до 10 см, частично замещенные эрнститом (фото 16), а также крупный кристалл гидроксилгердерита из Линополис (Linopolis), Минас Жерайс, станномикролит на поверхности сферических сростков стокезита из Urcus mine (рудник Урукум), Минас Жерайс.

Австралия. Поступили 80 образцов, среди которых 11 новых для Музея минеральных видов, подборка образцов из м-ния Брокен Хилл (Brocken Hill), включающая крупные кристаллы бустамита и игольчатый бустамит^{www}, спессартин и апатит в галените, необычный ярко-зеленый ортоклаз и другие минералы. Супруги Фелан (M&E Phelan) подарили крупный яркий стихтит с места первоначальной находки в Тасмании.

Индия. Из 35 поступивших индийских образцов большую часть составляют бесконечно разнообразные цеолиты различной морфологии. Из этой ассоциации интересны эффектный ярко-синий сферолит кавансита (2 см) и бочонковидный кристалл красного корунда размером 9 см из Майсор (Mysore).

Китай. Наиболее впечатляющий образец из 35 китайских образцов и одно из наиболее эффектных последних приобретений Музея — крупный (12 см), хорошо образованный желтый с отдельными прозрачными участками дипирамидальный кристалл шеелита (фото 20). Привлекает внимание и ярко-зеленый пироморфит из района Гуанси (Guangxi). Отметим друзы крупных кристаллов

барита и флюорита из нескольких м-ний провинции Хунань. В коллекцию ПДК записаны образцы резьбы по камню — по флюориту и агальматолиту.

Из других зарубежных образцов надо отметить почковидные корки и псевдосталактит малахита из Конго ДР (Заир), красный корунд из Сьерра-Леоне (дар А.Белякова), желтый прозрачный кристалл скаполита из Танзании, сферокристалл лепидолита, так называемый «барботов глаз» из Мозамбика (дар В.Донченко), образцы резьбы по камню, выполненные из красного корунда в зеленом цоизите (Танзания) и из халцедона^{www}.

От американского коллекционера В. Пинча (W.Pinch) поступил фрагмент типового образца эндиробергита. Сам образец был обнаружен им на одной из ярмарок под другим названием, опознан как новый, исследован и официально утверждён. Фотография этого образца публиковалась во многих журналах.

На многие другие заслуживающие упоминания образцы, к сожалению, не хватает объема статьи.

Типы новых поступлений и персоналии

С 1997 по 2001 годы записано в инвентарные книги основного фонда 3414 образцов. Из них около 2180 поступили в Музей за это время. Остальные — материалы поступили ранее, но обработанные и записанные в указанный период.

Приобретения Музея составляют 334 образца. Обмен — 600 образцов. Сборы Музея в экспедициях и поездках, финансированных как Музеем, так и из других источников, составили 610 образцов. В этих сборах участвовало 17 сотрудников Музея. Из них наибольшее число образцов собрано при участии Д.Белаковского (140), А.Пономаренко (92), А.Никифорова (78), Д.Абрамова (63), А.Захарова (46), Б.Шкурского (41), Д.Романова (30), О.Свешниковой (24), Л.Паутова (20), А.Агаханова (19), А.Евсеева (17), Н.Пековой (13), М.Дорфмана (11) и других.

Число образцов, записанных из материалов коллекций В.И.Степанова и А.А.Годовикова — 521.

От 230 частных лиц и 12 организаций в Музей было подарено 1197 образцов (одна треть от общего числа поступлений). Наибольшее число подарено И.В.Пековым (135). В.Левичский подарил 101 образец, А. Кидвэлл (A.Kidwell) передал 79 образцов. Значительное число подарили М.Аносов (58), Д.Белаковский (42),

А.Хомяков (41), Л.Булгак (37), А.Задов (29), Д.Сулержицкий (22), В.Хеллер (W.Heller) (18), А.Никифоров (18), Л.Паутов (14), Дж. Патерсон (J.Patterson) (13), Э.Спиридонов (13), В.Карпенко (12), О.Свешникова (12), Д.Абрамов (11), Д. Эдвардс (D.Edwards) (10), А.Агаханов (10), Е.Семенов (10), В.Силицкий и Л.Чикилева (10), А.Брусницын (10). За этот пятилетний период образцы также дарили (или передавали от их имени): В.Аверин, А.Агафонов, А.Акимов, С.Александров, С.Ананьев, В.Аполлонов, Е.Бабкин, Р.Багатаев, А.Бадалов, А.Баженов, П.Банцеков, С.Баскаков, Батлер, С.Батуров, А.Бахчисарайцев, М.Безмерная, С.Белостоцкий, О.Беляев, А.Беляков, Ю.Богданов, П.Борисов, Г.Бочарова, И.Брызгалов, В.Буканов, А.Бульенков, Б.Вайнтруб, Л.Вергасова, А.Волошин, А.Волчков, В.Гекимянц, М.Генералов, И.Гинзбург, Р.Гоголева, А.Годовиков, П.Голощуков, П.Горчаков, А.Грибанов, К.Грибах, С.Гусев, И.Давиденко, М.Добровольская, Н.Ерилова, Ю.Жданов, О.Жилина, Е.Завьялов, Б.Зленко, И.Зотов, А.Изергин, И.Идупин, М.Исмаилов, В.Калачев, Б.Кантор, Г.Капусткин, П.Карташов, А.Кац, К.Клопотов, Ю.Кобяшев, А.Ковалев, Ю.Козлов, В.Конгаров, А.Конев, А.Конева, А.Коновал, С.Коноваленко, О.Кононов, В.Королев, С.Кривовичев, Е.Куварзина, В.Кувшинов, Е.Кутуков, В.Ладыгин, А.Лапидус, А.Лалин, Л.Лебедев, Р.Лиферович, М.Лицарев, А.Лоскутов, Б.Магадеев, Х.Магнищан, В.Макарович, А.Макеев, М.Малеев, С.Малинко, Н.Манаев, Б.Манучарянц, В.Марков, Н.Медведев, О.Мельников, Ю.Меньшиков, А.Минеева, А.Минко, Н.Мозгова, М.Моисеев, А.Мочалов, П.Мочалов, Ю.Наджиб, А.Натариус, Б.Ненашев, С.Никандров, С.Никитин, Т.Нипп, Т.Нишанбаев, Е.Новгородова, М.Новгородова, М.Новикова, Д.Новицкий, Н.Органова, Л.Павлова, Е.Панкратова, А.Паращенко, Я.Пахомовский, И.Перетяжко, Н.Перцев, Н.Петровская, В.Покусев, Ю.Полеховский, В.Политов, О.Поляков, А.Пономаренко, В.Пономаренко, В.Попов, В.Попова, М.Попов, Л.Резницкий, О.Ришинен, Д.Романов, В.Руднев, В.Савельева, С.Савкевич, Ю.Самодуров, М.Самойлович, С.Сандомирская, В.Сапегин, А.Серафимович, М.Середкин, Е.Скляр, Н.Скоробогатова, М.Смирнова, Н.Соболев, А.Соколов, В.Субботин, О.Тананьева, Г.Тарновский, И.Ткаченко, В.Ушаковский, Р.Хазов, Э.Цуканов, С.Цурин, В.Чалисов, В.Чернавцев, Б.Чесноков, Ю.Чульжанов, Л.Шабьнин, А.Шевнин, Б.Шкурский, З.Шлюкова, В.Яковенчук, Ф.Яншина и другие. Из иностранных граждан: А. Арнольд (A.Arnold), Арнот (Arnot), С.Барабоса (S.Barbosa), И.Бернард (I.Bernard), Р.Боггс (R.Boggs), В.Бреклер

(V.Breckler), М. Бунно (M.Bunno), Дж.Довтон (G.Dowton), К.Гаррет (C.Garret), Е.Грю (E.Grew), К.Хедегард (C.Hedegaard), супруги Хорваф (L.&E.Horvath), Дж. Холферт (J.Holfert), К. Копри (С.Корпи), Р.Лавински (R.Lavinsky), Л.Жильберто (L.Gilberto), Р.Кристьянсен (R.Kristiansen), Ф.Левис (F.Lewis), Л.Менежес (L.Menezes), Е.Никель (E.Nickel), П. Хайнс (P.Haynes), Дж.Патерсон (J.Patterson), Г.Пендорф (H.Pennedorf), Ф.Пизото (F.Pezzota), супруги Фелан (M.&E.Phelan), В.Пинч (W.Pinch), Л.Риам (L.Ream), Дж.Робинсон (G.Robinson), Р.Куриер (R.Currier), Ж.Шарп (J.Sharp), В.Симмонс (W.Simmons), П.Тарасов (P.Tarasoff), Т.Брент (T.Brent), Ж.Вайдак (J.Vajdak), С.ванСкрайвер (S.Van Sriver), Д.Вархеги (D.Varhegyi), Дж.Ватсон (J.Watson), С. Душан, С.Петрусенко.

В числе организаций, передававших образцы в Музей: ЦНИГРИ, ВНИИСИМС, Институт геологии и геофизики СО РАН, школьный геологический клуб «Геокомпания», Ankersmit Holdind, Waikato Mineralogical Museum, Школьный факультет МГГУ (МГРИ), Комитет по метеоритам РАН, Краеведческий Музей города Пятигорск, Кру-

жок любителей камня, Обнинск, группа адвентистов Седьмого дня и другие. Записанные образцы иного характера поступлений, в том числе неустановленного состава, составили 152 образца.

От имени Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана РАН мне хотелось бы выразить огромную благодарность всем дарителям, всем кто способствовал пополнению Музея.

При комплектовании фондов Музея в ближайшие годы планируется уделить большое внимание расширению списка минеральных видов, представленных в музейном собрании. С этой целью публикуется список требующихся Музеем видов (приложение № 2). В этом списке, кроме отсутствующих, приведены минеральные виды требующиеся для проводимых в Музее исследований.

Автор выражает признательность Л.Булаку, М.Дорфману, А.Евсееву, Н.Моховой, А.Никифорову, М.Новгородовой, Л.Паутову, И.Пекову, Н.Пековой, Е.Борисовой и А.Черкасову за обсуждение, ценные замечания и помощь в подготовке статьи.

Приложение №1

Список новых для Музея минеральных видов, поступивших с 1997 по 2001 гг.

Выделены жирным шрифтом минеральные виды, утвержденные КНМНМ ММА и опубликованные за этот период.

* — минеральные виды, представленные типовыми образцами или их фрагментами.

** — минеральные виды, установленные с участием сотрудников Музея.

*** — минеральные виды открытые в образцах Музея.

Абернатит	Брэпит	Гордант	Камероант	Леммлейнит-Va*	Метароссит	Пепроссит-(Ce)	Смитит
Абухрит	Бурпалит*	Гришунит	Камюкит	Леммлейнит-K*	Минасрагит	Петерсенит-(Ce)	Сопчет
Авиденит	Бурятит*	Гупейит	Канемит	Ленаит	Минеевит-(Y)*	Пийлит	Соросит
Агарит-(Y)	Буттенбахит	Дашковант**	Каннонит	Лермонговит*	Мобиит	Плагарсит	Софит
Алакранит	Быстрит*	Дельмит	Капцанг-(Y)**	Лесюкит	Молибдофиталит	Повондраит	Спертнитит
Алтисит*	Вайдакит	Делонейт-(Ce)*	Кармит	Леговицит	Монацит-(Nd)	Полифит*	Станомикролит
Алюмокачеческит	Валлисит	Дефернит	Кашинит	Ликазит	Мулуит	Полкерит	Стегфелдтит
Алюмофармаксидерит	Вареннесит	Джансит-(CaMnFe)	Квадруфит*	Лидакерит	Натриевый цитмент	Прайзингерит	Стибиоколузит*
Алюминоаунит	Василит	Джаффеит	Квинтинит-2H	Лингисит*	Нагроксалаг*	Призматин	Стистаит
Антимонпирсцит	Вейлит	Дженнит	Кейтконнит	Лисцианг*	Нафертисит*	Псевдоболент	Страховит*
Арсенокрандаллит	Вейнебенейт	Джорджиадесит	Кипушит	Литвинскит*	Нафидит	Пятенкоит-(Y)*	Стрингамит
Арсенураношпатит	Вейсбергерит	Доррит	Клинотоберморит	Литноводжинит*	Нелтерит	Райнхардбраунсит	Стронциовитокит*
Архбарит	Вергасовант*	Дусматовит**	Кобальтолармейерит	Луанхэзит	Непскоейт*	Рамсбекит	Студенциит*
Арчерит	Виканит-(Ce)	Евгенит	Козонит-(Nd)	Лузацит	Никельгексагидратит	Ремондит-(La)*	Сэддебакит
Атласовит*	Виллиаменит	Евант	Кокуандит	Магнезиогастингсит	Никельлотармейерит	Римкорольит	Сянхуалит
Аурикуприт	Вилуит	Ершовит*	Комковит*	Магнезиокапафорит	Никельшебергерит	Робинсонит	Таканелит
Ахейлит	Вильгельмверлинит	Жедвабит**	Корагоит*	Магнезиофитит	Нибокарбид*	Ровенит	Талфенсит
Ашбуртонит	Висмутолоумбит*	Жемчужниковит	Коробищанг*	Майчерит	Нитрамит	Родарсенд	Танямалит
Бабкинит*	Висмутомикролит*	Залезит	Космохлор	Макарочкинит*	Новгородовант***	Роджаниит	Тангакарбид
Баженовит	Висмутопрохлор*	Звягичевит	Кочкарит	Маланит	Оланганг*	Розанит	Телуоровисмутит
Баксанит*	Вистепит*	Земаннит	Кремезит	Малинкоит*	Олекминскит*	Рорисит*	Телуоропаладинит
Баридумфармаксидерит	Выгоралит	Ивакит	Криптогалит	Манаксит	Ольонскит*	Рошерит	Телюшенкоит**
Баррерит	Гамагарит	Изомертит	Кронусит	Манандонит	Органовант-Mn*	Рошинит*	Терновит*
Баррузит	Ганофилит	Иккиент	Крофордит*	Манганонауязкит*	Органовант-Zn*	Сабинаит	Тетраурикуприт
Бауит	Гартреллит	Ильинскит*	Крулкаит	Манганонордит-(Ce)**	Орландит	Садбернит	Тинслейит
Белонит	Гаспарит-(Ce)	Инаглиит	Крутаит	Манганоселерит*	Орселит	Сазыкинаит-(Y)*	Тирагаллоит
Беловит-(La)*	Геверсит	Кузьменкоит-Mn*	Кузьменкоит-Mn*	Манганотихит*	Ортоминасрагит	Санхуанит	Тизтаит*
Бельковит*	Гейландит-Sr	Индий*	Куменит	Манганохомьяковит	Ортосерпьерит	Саркопсид	Токорналит
Беннакарит	Тексаферрум	Инсизванит	Купроридсит	Мариколопит	Падманг*	Свитцерит	Толовкит
Бергслагит	Геминит	Интерслагит*	Купородосит	Маррит	Паленонит	Сегнитит	Трианумит
Березанскит**	Геримейерит	Иракиит-(La)	Кызылкумит	Масутомит	Паранатисит*	Сейдит-(Ce)*	Трумбетит
Бехлерит	Германоколузит*	Ирремит	Кьявенит	Маццит	Паральперротит	Силоит	Тулюкит*
Вилит	Гернесит	Исовит*	Лабунцовит-Mg*	Маякит	Парасибирскит	Сидерозит	Туркестанит**
Винчулит	Гидроксиканкринит*	Кайсикит-(Y)	Лабунцовит-Fe*	Мегациклит*	Парашельзан	Сильвалит	Удджимулалит
Блатонит	Гидроксилкиногумит*	Калиферрисаданангит*	Ладенит	Мейкснерит	Парашахерит	Синкозит	Ульяхит
Брадечекит*	Гидроксилалмастадит	Калиферсит*	Лантанит-(La)	Меренскиит	Пейсмейит	Скиннерит	Урванцевит
Брезинаит	Гидрохонесит	Кальциоанкитит-(Ce)	Лаудонит	Мертит-1	Пекоит	Скрутнитит	Урусовит
Бризинит	Гладусит*	Кальционидерит	Лафитит	Метамунирит	Пенфильдит	Скуокриктит	Феникохронит

Феррит	Формиант*	Хатчинсонит	Христовит-(Ce)**	Цукамит	Шкатулкалит	Эйлерит
Ферроксицит	Франкаменит	Хейровскийит	Хромсладонит*	Чарезит	Шлессмахерит	Эмберейт
Ферронодрит-(Ce)**	Фрудит	Хибинит	Хромфиллит*	Чейсцит	Шмайерит	Эндриберцит*
Ферронодрит-(La)	Форманезиофредонит	Хлорартинит	Хуанитант	Чендент	Шнеебергит	Эриохаальдит
Феррородсит	Фторнатромикролит	Хлороменит	Хунчунит	Чералит	Шомокит-(Y)*	Эрликманит
Ферротриполит	Фураломит	Хмаралит	Цеболит	Черепановит	Шумахерит	Эсперит
Ферувит	Хайдарканит**	Холлингтуортит	Цзиншацианит	Черниковит*	Шутеит	Эшнинит-(Nd)
Филлстадит	Хайнесит	Хонгшиит	Цинквудвардит	Чернышит	Щербинаит*	Яномамит
Финнеманит	Хаммарит	Хорватит-(Y)	Цинкокошпаит	Шабазит-Sr*	Эдгарбейлит	
Флюоралемстадт	Харадаит	Хошелагант	Цингрит*	Шибковит**	Эгарит	

Приложение №2

Список требующихся Музеем минеральных видов (по состоянию на конец октября 2002)

Жирным выделены минеральные виды, поступление которых в Музей особенно желательно
Русская транслитерация названий для недавно опубликованных минеральных видов, не вошедших в последнюю сводку ЗВМО может отличаться от будущей официальной версии.

Абельсонит	Банальсит	Бючлит	Гердремелит	Джервисит	Иошкокаит	Клинаншанит	Лангсит
Абенаклит-(Ce)	Барарит	Ваваяндаит	Герстманнит	Джеренит-(Y)	Иридарсенит	Киллалит	Лансфордит
Абсвормабахит	Барберит	Ванадомалайяит	Геттардит	Джерридживобит	Исоньит	Клиробиносонит	Лантанит-(Nd)
Аверевит	Барномикролит	Ванмерсшеит	Гидробазаломинит	Джеффрейит	Итоигаваит	Кингсейт	Лашит
Агринерит	Барнортодожакинит	Ваноксит	Гидровудварит	Джанемалит	Итоит	Кинчицит	Ларозит
Адмонит	Барносинкозит	Ванураналит	Гидродессерит	Джизанеит	Иттроколумбит-(Y)	Кинторит	Ларсенит
Адутит	Барквиллит	Вариканит	Гидроксилбастнезит-(Ce)	Джиксанит	Иттроцеберсит-(Y)	Киркиит	Лаусенит
Акimotoит	Баррингерит	Варулит	Гидроксилбастнезит-(La)	Джимтомсонит	Иединит	Китабейит	Лаугентайт
Акрокордит	Баррингтонит	Ветанабейт	Гидроксилбастнезит-(Nd)	Джинбандит	Иорсенсит	Киткаит	Лафанит
Акуминит	Барстоунит	Ваттевиллит	Гидроксилалемстадт	Джирит	Иохаццолит	Киттагиннит	Лафамит
Альбрехтшрауфит	Бартелекент	Веецит	Гидроксувит	Джонесит	Кабальзарит	Китянинит	Лафорцит
Альтшит	Бассетит	Вейсцит	Гидробобомкумит	Джониннесит	Кавоит	Клайрит	Левиклодит
Альфосит	Бастнезит-(La)	Вейшанит	Гидрониозорит	Джонсервиллит	Кавадалерит	Кларингбулит	Левинсонит-(Y)
Алюминобарозит	Бастнезит-(Y)	Велинит	Гидромаркит	Джонтомоит	Калерит	Клерит	Лейзинит
Алюминокошпаит	Баумстаркит	Вердинит	Гидроскарборит	Джонюокит	Калифторрихтерит	Кларкрит	Леконит
Алюмотунгсит	Беарит	Вернеркраузеит	Гидрохлорборит	Джорджарксенит	Калцинит	Климанит	Леперсонит-(Gd)
Аминит	Беаерит	Вессесит	Гвератит	Джаубит	Кальдеронит	Клиноджимтомсонит	Лехнерит
Аммонийборит	Бейлссит	Вианенит	Гилмарит	Джузепетит	Калькинсит-(Ce)	Клинометит	Линдквистит
Аммонийеидит	Белендорфит	Виартит	Гильдит	Джуньит	Кальклацит	Клиносерванит	Линдбергит
Амсталит	Беллберит	Видеманит	Гиннит	Джуноит	Калььярит	Клиноунтемахит	Либонит
Апелеллит	Беллидоит	Визерит	Гирдит	Диксенит	Кальциоанкитит-(Nd)	Клиноферросилит	Ликит
Ангидроканит	Беллит	Витаньемит	Гисенит	Диморфит	Кальциоравайпаит	Кобальтентландит	Линдквистит
Андремейерит	Беноит	Виксинит	Гисинит-(Nd)	Динерит	Кальциоберанкит	Кобальтциппелит	Линдсмейт
Андросит-(La)	Бердесинскит	Вилкманит	Гиттинцит	Динит	Кальциобетафит	Койтоцит	Лионсит
Ануцит	Берналит	Вилманинит	Глушинскит	Динсонит	Кальцикошпаит	Комикит	Лисцит
Аптарктицит	Бернардит	Вильяммит	Говардвансит	Диомит	Кавансцит	Команчит	Липшиченцит
Антимонселит	Бернит	Вильгельмклайнит	Голтит	Диссаксит-(Ce)	Камбаддаит	Комбит	Ловриннит
Антонит	Бечерерит	Вильгельмвермиллит	Горфордит	Дитмарит	Камгасит	Комблайнит	Лозейт
Апловит	Биткрикит	Винсентит	Гордараит	Дитцит	Камеронит	Компренясит	Лонгит
Аравайяит	Бидоксит	Винсеннит	Готтардит	Долейт	Камитугаит	Конголит	Лоранскит-(Y)
Аракиит	Бижветит-(Y)	Виргилиит	Гравеланит	Дохаррисит	Камототит-(Y)	Кондерит	Лорелит
Аргентопентагидрат	Биллингслейт	Вичефруфит	Граезерит	Доралларит	Камчаткит	Коньяит	Лоуренкит
Аргуит	Бисмутостибиконит	Воганит	Грайсит	Доранейт	Канафит	Копарсит	Лоуренсвалит
Ардаит	Блеасдаленит	Вогит	Грандифрит	Доцит	Кандлит	Коритинит	Лоусонбауерит
Ардеалит	Блейкит	Вокминит	Грантсит	Дрейерит	Канемит	Корнит	Лукасцит-(Ce)
Арзакит	Бюссит	Вольфрам	Граттаролант	Дрисдаллит	Канонаит	Коскренит	Луницзянлит
Аркуисит	Бокбинит	Вонбензинит	Греторит	Дрюманит	Канфиальдит	Косварит	Льонсит
Арманит	Бовьадит	Воченит	Гримальдит	Дугласит	Каоксит	Костбит	Люберонит
Армаколит	Бонаккордит	Вудалит	Гримзелит	Дукет	Капгаронит	Коутекит	Локечвейнжит-(Ce)
Арсенобракебушит	Боралсмит	Вудардженит	Гроссит	Дювоиданит	Карбоборит	Кохромит	Магнезиоаксинит
Арсенобисмит	Боршанскит	Вулканит	Грумшлюсцит	Жаюшунит	Карбуарит	Кремний	Магнезиоалюминотарамит
Арсеногаузеронит	Борхардтит	Вуорелайненит	Грэйит	Жиоржизит	Каресит	Крерарит	Магнезиоумортьерит
Арсеногойдцит	Бовтивит	Вольфинит	Грэмит	Жиродит	Карлтинцит	Криберит	Магнезиокумолквасит
Арсеногорсейксит	Боттнгоит	Волыткиит	Гуанин	Жюлотит	Карлнит	Кридленит	Магнезиокошпаит
Арсеноклазит	Брабантит	Габриэльсонит	Гупейит	Жюлифенит	Карлсгроизит	Криновит	Магнезиокуминтонит
Арсенофлоренсит-(Ce)	Брайенит	Гаитит	Давидит-(Ce)	Забюейлит	Карлсбергит	Кристаналит	Магнезиокумолквасит
Арсенофлоренсит-(La)	Брайенорудстонит	Гайнесит	Давидит-(Y)	Зайрит	Кармидалит	Кристинит	Магнезиокумолквасит
Арсенофлоренсит-(Nd)	Брайчит-(Ce)	Галденбергит	Дакиншанит-(Ce)	Заккаганит	Кароббит	Кричтонит	Магнезиоферрикатафорит
Арсенураношпаит	Брандхольцит	Галеит	Дамараит	Зальбургит	Карраранит	Ксантиозит	Магнезиоферритарамит
Артроит	Бранцевалит	Галлеит	Дамиацит	Захейт	Каскадит	Ксенотим-(Yb)	Магнезиохаальдит
Аршунит	Бренделит	Галлобедантит	Даниелит	Захейт-(Ce)	Касседаннит	Ксинингоит	Магнезиохлоритонд
Асисит	Бриззит	Гананит	Дансит	Зененит	Касидит	Ксингшонит	Магнезиокумолквасит
Аспидомит	Бриндлейит	Ганнайит	Даньбайт	Зилекит	Кастиннит	Ксиншанит	Магнезиокумолквасит
Ассельборнит	Бринробертсит	Гантерит	Даоманит	Зинерит	Касуэллсильверит	Ксифенит	Магнезиокумолквасит
Астроканит-(Ce)	Бродткорбит	Гаотайит	Даттонит	Зодацит	Катонит	Куалстийт	Магнолит
Атабаскаит	Бродткорбит	Гаравеллит	Демненсит	Зуобекит	Квадратит	Кубоарпирит	Маггагендорфит
Атениит	Брокенхиллит	Гарианселлит	Делорит	Зуншунцит	Квейтит	Куземит	Майнхиллит
Ауроантимонат	Бруногайерит	Гарреальсит	Дербицит	Зюссит	Квенштедтит	Кузьминит	Мак্যালленит
Ацкунит	Брэгит	Гарнон	Дервиллит	Ивоит	Кейит	Кулеруаит	Макаусланит
Ачавалит	Бродалит	Гивананит	Дерриксит	Идаит	Кейстоунит	Кулькеит	Макбернейит
Ашамальмит	Броттенит	Гивхабит	Деспужолсит	Изокубанит	Кейтконнит	Купалит	Макеонит
Ашанит	Бростерит-Ва	Гейхардит	Дессанит	Изоушешит	Кекит	Купролаванит	Маккварит
Ашверит	Буххорнит	Гейгерит	Джайшурит	Имгрит	Келанит	Купориванит	Макконелит
Багддаит	Булачит	Гейтхаузенит	Джансит-(CaMnMn)	Имхофит	Кемптит	Кусачит	Маккриллсит
Байлхлор	Бунзенит	Гексагестибнопаншемит	Джансит-(MnMnMn)	Иньбит	Кенхсуит	Кутинанит	Маковикит
Байнонебит-(Ce)	Бурсаит	Гекторфлоресит	Джемесит	Ингерсонит	Кервеллит	Кухаркент-(Ce)	Макферсонит
Балифомит	Буртит	Гельмандит-(Ce)	Дженсенит	Инкаит	Кидкрикит	Кызылкумит	Маллардит
Бамфордит	Бухвальдит	Георбокит	Джентит	Инцзянит	Кнефит	Лавренсит	Малмеситит

Маммотит	Набисит	Паральстонит	Ридерит -(Y)	Сильбит	Уолкилдемит-(Fe)	Флюрит	Циркофиллит
Манганарсит	Нагасмалит	Парамендоцавимит	Риландит	Стишовит	Уолкилдемит-(Mn)	Фонтанит	Цураурит
Манганбеляккинит	Нагельшмидтит	Парамонтозит	Рингвудит	Стойберит	Уолфордит	Фосфамит	Чадьякит
Манганогордонит	Назинит	Паранит-(Y)	Ринманит	Стронаксит	Уордсмитит	Фосфованадит	Чанбайит
Манганомангбейнит	Налипоит	Параотуэит	Ритманит	Стронциоджунорит	Упалит	Фосфоррессерит	Чангоит
Манганостийит	Налагайнит	Параобергсит	Ришетит	Стронциоджоаккинит	Урамфит	Фосфофиорит	Чанченит
Манганоташомит	Навлинит	Параскородит	Роадит	Стронциодессерит	Уранкаларит	Фосфоалленбергерит	Чангалит
Манганохромит	Наследовит	Параскулит	Родарсенит	Стронциомелан	Ураносмит	Франклинфарнейсит	Чаоит
Манганшадлуит	Натрий-фармакоксидерит	Парафрансолемит	Родомкоит	Стронциоцвеккинит	Уранотунгсит	Франклинфиллит	Чармарит-2H
Мандрабиллит	т	Парашахверит	Родильомсит	Студит	Уранополкраз	Франкоалемит	Чезанит
Мантьенейт	Натролаукоцеринит	Парвелит	Розенбергит	Сувит	Ураникит	Франкоисит-(Nd)	Челкарит
Малпичит	Натродофренит	Паризит-(Nd)	Роквоит	Судовиковит	Урсилит	Франкаторенит	Ченит
Марумит	Натромейоит	Паркинсонит	Ролландит	Суваннит	Урснит	Франсолемит	Черемныхит
Маршит	Натронамбулит	Паулинит	Рондорфит	Сузукуит	Урснит	Францсканит	Чермакит
Матвеев	Натронобит	Паукеллерит	Росманит	Сунит	Уэдделит	Фреобольдит	Черновит-(Y)
Матнасит	Натротангит	Пахасапанит	Роузент	Сундузит	Уэцлит	Фридит	Честерманит
Матсубарайт	Натрофайричидит	Пейнит	Роханит	Суолунит	Узкфидит-(Y)	Фришент	Фтораннит
Маттагамит	Нахлоит	Пейсеит	Руарсит	Сурит	Фабианит	Фтораннит	Чжагелит
Маттеучит	Ниахит	Пейсейит	Рубиклин	Сферобисомит	Файбанкит	Фторканнлаомит	Чилдаит
Матгедделит	Нибейт	Пеносквизит	Рубоит	Сайрит	Файткнехтит	Фторферромит	Члуит
Матьюроджерсит	Нидермайерит	Перманит-9R	Рувилит	Самфюлерит	Файчальдит	Фуензальдаит	Чолоанит
Маунткейтит	Ньерит	Перриит	Рузвельтит	Санцзянит	Фалейт	Фукалит	Чурсинит
Маухерит	Никельалоумит	Перхамит	Рутенарсенит	Тадзеунит	Фалкондоит	Фукучимит	Шабайт-(Nd)
Махачкиит	Никельаустинит	Петровсканит	Рутьерит	Тайнолит	Фангит	Фурдит	Шамонит
Мбобоккулит	Никельбшофит	Петрукиит	Рэйит	Такедаит	Фаррингтонит	Фуронит	Шарлит
Меденбахит	Никельбмедит	Петшекиит	Рюнтенбергит	Такеутит	Фатерит	Фуртубейт	Шарфидикит
Меджорит	Никельгексагидрит	Пиллаит	Сабатьерит	Тамаит	Фейнлосит	Хаапалаит	Шафарикит
Меланостийит	Никельфосфид	Пиналит	Сабеллит	Тангалазиннит-(Y)	Фейхит	Хаггерлит	Шаховит
Мелонжозефит	Никенгит	Пингунит	Сабинит	Тарманит	Фельбергаит	Хадемит	Швертманнит
Мендофит	Нивит	Пингдоит	Саданагаит	Таркианит	Фенкуперит	Хайгерахит	Шедрикиит
Мендзианминит	Нивингерит	Пинчит	Сакрофанит	Тартманнит	Фердисиллит	Хайнеолит	Шелхорнит
Мерейтерит	Нюбокшлетскит	Саломит	Пирегит	Саломит	Татьянаит	Хаксонит	Шервуит
Мерехейт	Нюбошинит-(Nd)	Пиритасит	Пироксферроит	Самузонит	Тведалит	Хаксонит	Шертелит
Меррихьюит	Нисбит	Пироксферроит	Нисбит	Сандерит	Тведдеит	Харрисонит	Шекесит
Метауноген	Нихромит	Питданит	Сантанаит	Сантит	Ферриангит	Хастит	Шетелит
Метаанколит	Новакит	Питербейлссит	Сантит	Виннит	Ферриангит	Хатрурит	Шёферит
Метаванденришент	Нюелбенсонит	Питильяноит	Сарментит	Феррилотармейерит	Феррилотармейерит	Хатрырит	Шивалит
Метаванмерсент	Нукундамит	Пятарсит	Сарыаркит-(Y)	Ферринатрит	Ферринатрит	Хашимит	Шиганит
Метадельриорит	Нчангинит	Пэйферит	Сасаит	Тейнеит	Феррипедрицит	Хвалетшицит	Шпманскиит
Метакалерит	Обертит	Плюмбобетафит	Свакноит	Теллурагуахекорнит	Феррисуриит	Хейдеит	Шиффельнит
Метакеттинит	Обертит	Плюмбобумит	Свамбоит	Теллурунексит	Ферритарамит	Хейдорнит	Шрейерит
Метакрихеймерит	Обоерит	Полкановит	Сварцит	Темагамит	Ферричермакит	Хейкоцит	Шриланкит
Металдевит	Обрадовичит	Полковичит	Свенит	Терезманганит	Ферриштруцит	Хеллмондит	Штальмит
Метасалемит	Оверит	Помурит	Свенекит	Террановит	Ферроакерманит	Хельмутвинклерит	Штумпфлит
Метаскулит	Одангелит	Похемусит	Свергент	Тестбиопалладит	Ферроалоомит	Хенцдерсонит	Штоптит
Метастудит	Однит-1M	Пономаревит	Севардит	Тетраферрианит	Ферроалооминобаруазит	Хенеуит	Шуанфенит
Метаураношилит	Оемит	Потассицпаргасит	Севердоломит	Тешематерит	Ферроалооминовинчит	Хенномартинит	Шэндит
Метаураноспинит	Окямалит	Потосит	Сельвинит	Сельвинит	Ферроалооминосельдонит	Хенриит	Шорттерит
Метцеллерит	Оксамит	Поубайт	Сербианит	Сиванит	Ферроалооминочермакит	Хентшметит	Эвент
Миацсит	Ольгамит	Поярковит	Серрабранкаит	Синангуаллит	Ферробаруазит	Хиарнеит	Эденхартерит
Мизенит	Омейит	Прежевальскит	Синангуаллит	Синхизит-(Nd)	Лалокит	Хибонгит	Эйфельит
Микасит	Онейлит	Принглент	Сигизмундит	Тобейит	Тобейит	Феррованчит	Хиттсьонит
Минаскрайсит-(Y)	Онит	Просперит	Сидвалит	Тойоханит	Тойоханит	Ферроводжинит	Хладнит
Мингуштит	Орефорит	Сидптерсит	Сидптерсит	Томаскаркит-(Y)	Томаскаркит-(Y)	Феррогексагидрит	Хлоралоуминит
Митчерхит	Орникит	Силандит	Силандит	Томичит	Томичит	Ферролаукофан	Хлорбартоит
Модерит	Ормманит	Псевдограндифит	Силанит	Тонгбайт	Тонгбайт	Феррогориблендит	Хлорманганокалит
Моемит	Орселит	Псевдокотунит	Силит	Тонгсинит	Тонгсинит	Феррокерсутит	Хлорокальцит
Мозговайт	Ортит-(La)	Псевдокутил	Симанит	Торикосит	Торикосит	Феррокестерит	Хлоронинит
Молизит	Ортобраннерит	Псевдосиналит	Симезит	Торнасит	Торнасит	Феррокиношитаит	Хлоралестадит
Молауранит	Ортовальтурит	Пудретит	Симмонсит	Торрейт	Торрейт	Феррокинохромквистит	Хоганит
Монацит-(La)	Ортоджоаккинит-(Ce)	Пумпелмит-(Al)	Симонелит	Трабзонит	Трабзонит	Ферропаргасит	Ходевейит
Монацит-(Nd)	Орфеит	Пумпелмит-(Fe ³⁺)	Симонит	Транквиллит	Транквиллит	Ферропиромалит	Хомяковит
Монацит-(Sm)	Оршалит	Пумпелмит-(Mn)	Симплогит	Трежерит	Трежерит	Ферропиритерит	Хонгквхит
Монепит	Осарсит	Пушаровскит	Спэнзит	Трембайт	Трембайт	Ферроселадонит	Хонессит
Моншомит	Осборнит	Раддеит	Спнджарит	Тригонит	Тригонит	Ферроитановоджинит	Хоторенит
Моншдорит	Остербошит	Раббитит	Синканкасит	Трихальсит	Трихальсит	Ферроферрибаруазит	Христеит
Монтелонит	Отеманит	Радофан-(Nd)	Синоит	Триптионит	Триптионит	Ферроферривинчит	Хроматит
Монтроляит	Ольсуммент	Рабеждакит	Синхизит-(Nd)	Трилунасит-(Y)	Трилунасит-(Y)	Ферроферричермакит	Хромбисмит
Мореландит	Оуенсит	Радент	Сихерит	Тришкент	Тришкент	Феррохромквистит	Хуангит
Моримотоит	Охуэланит	Радованит	Скайнит	Тристрамит	Тристрамит	Ферроцденит	Хунчжаоит
Морит	Паарит	Рамберит	Скаккит	Тротгалит	Тротгалит	Феррожерманнит	Хюелит
Морозевичит	Пагановит	Рамонт	Скиппенит	Трусокит	Трусокит	Ферроцденит	Цебайт-(Ce)
Моронт	Падеранит	Рамсбекит	Склярит	Тростедтит	Тростедтит	Фетнасит	Целлерит
Моттанайт	Паксит	Ранкалит	Скотландит	Тулелит	Тулелит	Фиванелит	Церноширохмор
Модаргит	Паладоарсенит	Рансомит	Слаусонит	Туэминит	Туэминит	Фиддерит-1A	Цервиаранит
Мошеит	Паладобисмутарсенит	Ранукулит	Солченит	Тунстийит	Тунстийит	Филлсборнит	Цианофиллит
Мразекит	Паладодимит	Редингтонит	Спадаит	Тундрит-(Nd)	Тундрит-(Nd)	Филлотунгстит	Цианохроит
Мрозит	Паладасент	Ремеджеит	Спадозит	Тучекит	Тучекит	Филолит	Цизит
Муадит-(Y)	Пальмериит	Рейдит	Спрингкрикит	С-тырпексит	С-тырпексит	Фингерит	Цинкальстийит
Мумонит	Панаскейраит	Рейнерит	Смикит	Тэнчунит	Тэнчунит	Фишессерит	Цинктартремлит
Муширит	Панетит	Рейхенбахит	Стадерит	Уадалит	Уадалит	Флагстаффит	Цинкоботромен
Мускоксит	Панунит	Ремондит-(Ce)	Станекит	Уайтит-(CaMnMg)	Уайтит-(CaMnMg)	Флетчерит	Цинковольфрамит
Мутинит	Парабарномикромолит	Ренгит	Стеффидит	Уалтерит	Уалтерит	Флинкит	Цинкохромит
Мутваннит	Парабрандит	Рентгенит-(Ce)	Стенхугарит	Уаткинсонит	Уаткинсонит	Флоренсит-(La)	Цинкрозанит
Мэдукиит	Параджесонит	Решивит	Стеркорит	Уидоксит	Уидоксит	Флоренсит-(Nd)	Цинкрозелит
Мэжиненит	Парадокразит	Ретциан-(Ce)	Стердинхиллит	Уилейт	Уилейт	Флоренскит	Цинк-ципейт
Мэждокит	Параокилбит	Ретциан-(La)	Стеффельдит	Улитит	Улитит	Флоренсовит	Циприанит
Мюккент	Паракокситит	Ретциан-(Nd)	Стинобетафит	Унгареттит	Унгареттит	Флоорбитолит-(Ce)	Циркофиллит
Мюханит	Паракиннит	Рефидит	Стиллуотерит	Унгемакит	Унгемакит	Флооферит-(La)	Цирклерит

УДК 549 (1)

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛОВ

А.А.Евсеев

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН, Москва, evseev@fmm.ru

Составлен список первоначальных местонахождений минералов (около 200 для всего мира), на которых было открыто более трех новых видов. С помощью мультимедийного атласа Encarta-2001 уточнена их географическая привязка (даются координаты). Для каждого из местонахождений приведены примеры из ранних (по году публикации) и последних находок новых минералов. Эти данные могут быть использованы для пополнения коллекций музеев типовыми образцами. В статье 3 карты, в списке литературы 14 названий.

Место открытия, или первоначальное местонахождение (ПМ) (type locality) обязательно указывается в публикациях по новым минералам, при этом географическая привязка обычно является наименее точной характеристикой в описании находки. Для крупных музеев мира, проявляющих интерес к эталонам новых минералов с их ПМ, особенно важна привязка находок, определяющая их научную и коллекционную ценность.

Внимание к первоначальным местонахождениям начало возрастать в 1960-е гг. Например, полные обзоры новых минералов уже имеются в сводках по минералогии Колорадо (Е.В.Eckel, 1961), Японии (Introduction..., 1970) и др. В 1970 г. П.Эмбрей и М.Хей (P.G.Embrey & M.H.Hey, 1970) впервые детально рассматривают понятие «типовых» образцов (type specimens). В 1990-е гг. уже ведется работа над международным проектом по составлению каталога типовых образцов минералов (CTMS = Catalogue of Type Mineral Specimens), его частью стала публикация М.Делиенс и Г.А.Шталдера (M.Deliens & H.A.Stalder, 1995) по Заиру и др. В.Т.Кинг (V.T.King) к 1993 г. составляет предварительный список (не опубликован), включающий достоверные новые виды и др. из США (по штатам). В 1998 г. И.В. Пеков публикует сводку по новым минералам быв. СССР — самую содержательную среди изданий на эту тему. Первым справочником, где для каждого вида предпринята попытка указать ПМ, вероятно, была работа Э.Никеля и М.Николса (Nickel E.H. *et al.*, 1991). Число ПМ, упоминаемых в этом справочнике превышает 1500. Используя сводки Э.Никеля, И.В.Пекова, Дж.Мандарино (Mandarin J.A., 1997) и другие работы, автором составлен список тех ПМ (см. ниже), где бы-

ло открыто более трех новых видов (данные на конец 1990-х гг.).

В этом списке около 200 ПМ, для которых, используя мультимедийный атлас мира Encarta-2001 (продукт Microsoft), приведены географические координаты. Цифры слева перед названием ПМ — количество открытых здесь новых видов (данные, приводимые по статье И.В.Пекова (2001), отмечены *). Для каждого ПМ даны примеры находок новых минералов из числа первых (указан год публикации) и последних. Помимо собственно местонахождений, в список включены некоторые районы размером 10 — 40 км в поперечнике, если в них находится несколько ПМ. Очевидно, что, сравнивая объекты по числу новых видов и минеральному разнообразию, важно учитывать их размеры и окружение, так как находки, происходящие из разных по названию местонахождений (или с разными привязками) могут относиться к одному рудному району, массиву, формации или располагаться очень близко.

В этом отношении полезно составление карт по регионам (или странам), на которые вынесены ПМ (см. ниже). Однако, пользуясь обычными атласами, географическими картами М 1: 500 000, справочниками по месторождениям полезных ископаемых, эту задачу решить трудно — в них отсутствуют даже многие знаменитые местонахождения минералов (Лонгбан, Ленгенбах, Иламаусак и др.). Использование атласа Encarta-2001, который содержит 1, 8 млн. географических названий, облегчает работу, хотя проблема сохраняется (например, в нем нет Ильменских гор), обнаруживается также множество одноименных названий, что затрудняет поиск. Так, частое в минералогической литературе название Panasqueira (Панашкейра, Португалия) в ат-

ласе Encarta-2001 встречается 7 раз, Antsirabe (Анцирабе, Мадагаскар) — 15 раз, Mooihoek (Моихук, ЮАР) — 6 раз, Sar-e-Sang (Сар-э-Санг, Афганистан) — 7 раз (и они не совпадают со знаменитым месторождением лазурита). То же относится к находкам новых минералов в последние годы. ПМ эсперансаита (2000) — Ла-Эсперанса (Дуранго, Мексика), но в атласе есть три населенных пункта Ла-Эсперанса в этом штате. ПМ онита (1998) — знаменитый Тунаберг, его в атласе нет, но есть другой, одноименный. ПМ дамюита (1997) — «дер. Дамю в 270 км от Пекина» в атласе в этом районе Китая их шесть, но ни одна не находится на указанном расстоянии. Другая проблема — различные варианты (искаженные в том числе) русских транскрипций географических названий зарубежных стран. Например, для итальянских: «Левиглиани» вместо Левильяни; «Цетино» вместо Четино (Cetino), «Церчиара» вместо Черкьяра (Cerchiara). Последнее название есть в атласе Encarta, но это не то место, где были открыты каоцит (саохит) и моцартит.

Точность названия и привязки — это отдельная тема (Евсеев А.А., 2000). Переименованные, одноименные местонахождения, различные варианты написания названий и способов привязки создают большие проблемы для многих музеев, коллекций, публикаций. Масштабы их можно оценить на примере списка двухсот основных ПМ, которые составляют доли процента от общего числа местонахождений.

Основные первоначальные местонахождения минералов

Сокращения
к-р — карьер;
м-в — массив;
р-н — район;
р-к — рудник;
Со. — County (округ = графство);
М. — mine (рудник);
q. — quarry (карьер);
N — север, северная широта;
S — юг, южная широта;
W — запад, западная долгота;
E — восток, восточная долгота

9—Alsar \Алшар, 5 км NE от Rozden (41°11'N, 21°57'E), Македония \1894—лорандит; ... 1989—бернадит; 1994—доралларит

5—Baia Sprie \Бая-Сприе (47°39'N, 23°40'E), Румыния \1853—фельшбаниит; ...1929—кельсбергит

5—Baita Bihorului \Бэица-Бихорулуй [=Baita Бэица: 46°29'N, 22°34'E], Румыния \1861—ссайбелиит; ...1985—падераите;

1994—маковицкиит

5—Bambolla m. \Бамболла р-к, Мостезума (29°48'N, 109°41'W), Сонора, Мексика \1972—бамболлаит; ...1989—cervelleite

7—Bambollita (=La Oriental) m. \Бамболлита (=Ла-Ориенталь р-к) Мостезума (29°48'N, 109°41'W), Сонора, Мексика \1973—кецалькоатлит; ...1979—плапаллит

9—Barberton district \Барбертон (25°48'S, 31°03'E), Трансвааль, ЮАР \1921—треворит (Bon Accord 282 JU); ...1978—нихромит (Bon Accord 282 JU)

4—Bastnas \Бастнес, Riddarhyttan (59°49'N, 15°33'E), Vastmanland, Швеция \1841—бастезит-(Ce); ...1921—тёрнебомит-(Ce)

4—Baveno \Бавено (45°55'N, 8°30'E), Пьемонт, Италия *1901—бавенит; 1998—скандиобабингтонит

12—Bayan Obo = Bayin Obo \Баян-Обо = Баюнь-Обо (41°46'N, 109°58'E), Внутренняя Монголия, Китай \1959—бафертусит; ...1987—бэйюнебоит-(Ce) (baiyuneboite-(Ce))

10—Bellerberg q. \Беллерберг к-р и кольцевой вулкан, SE of Ettringen, 2 км N of Mayen (50°19'N, 7°13'E), Laacher See Area, Eifel, Германия \1874—эттрингит; ...1983—эйфелит; 1999—шёферит

4—Bergen \Берген (50°28'N, 12°16'E), 7 км к W от Falkenstein, Саксония, Германия \1877—ураноцирцит; ...1984—бергенит

4—Big Chief m. \Биг-Чиф майн, [-5 км к SE от] Keystone (43°53'N, 103°25'W), Pennington Co., Ю. Дакота, США \1974—перловит; ...1984—синканкасит

8—Big Creek and Rush Creek area \Биг-Крик и Раш-Крик (р-н), ~8 км к NE от Trimmer (36°54'N, 119°17'W), Fresno Co., Калифорния, США \1965—фресноит; ...2001—камфит

4—Big Fish River \Биг-Фиш-Ривер (68°28'N, 136°30'W), Юкон, Канада \1977—маричит; ... 1981—вуиксит

9—Big Fish River and Rapid Creek (см. ниже) (area) \Биг-Фиш-Ривер и Рапид-Крик (р-н), Юкон, Канада \1976—баричит; ...1986—рапидкрикит

30—Binntal = Binnental = Val di Binn \Биннталь = Бинненталь = Валь-ди-Бинн, E of Binn (46°22'N, 8°10'E), Валлис, Швейцария (Бинн, дол., находки в р-не 6 x 6 км, включая г. Шербадунг (= Пиццо Червадоне, Италия) \1845—дюффренуазит; ...1994—фетиасит (Gorb); 1998—граезерит (надви Мон-Леон)

5—Bisbee \Бисби (31°26'N, 109°55'W) (area), Cochise Co., Аризона, США \1891—парамелаконит; ...1983—хенриит (henryite)

22—Black Hills \Блэк-Хиллс (географическая

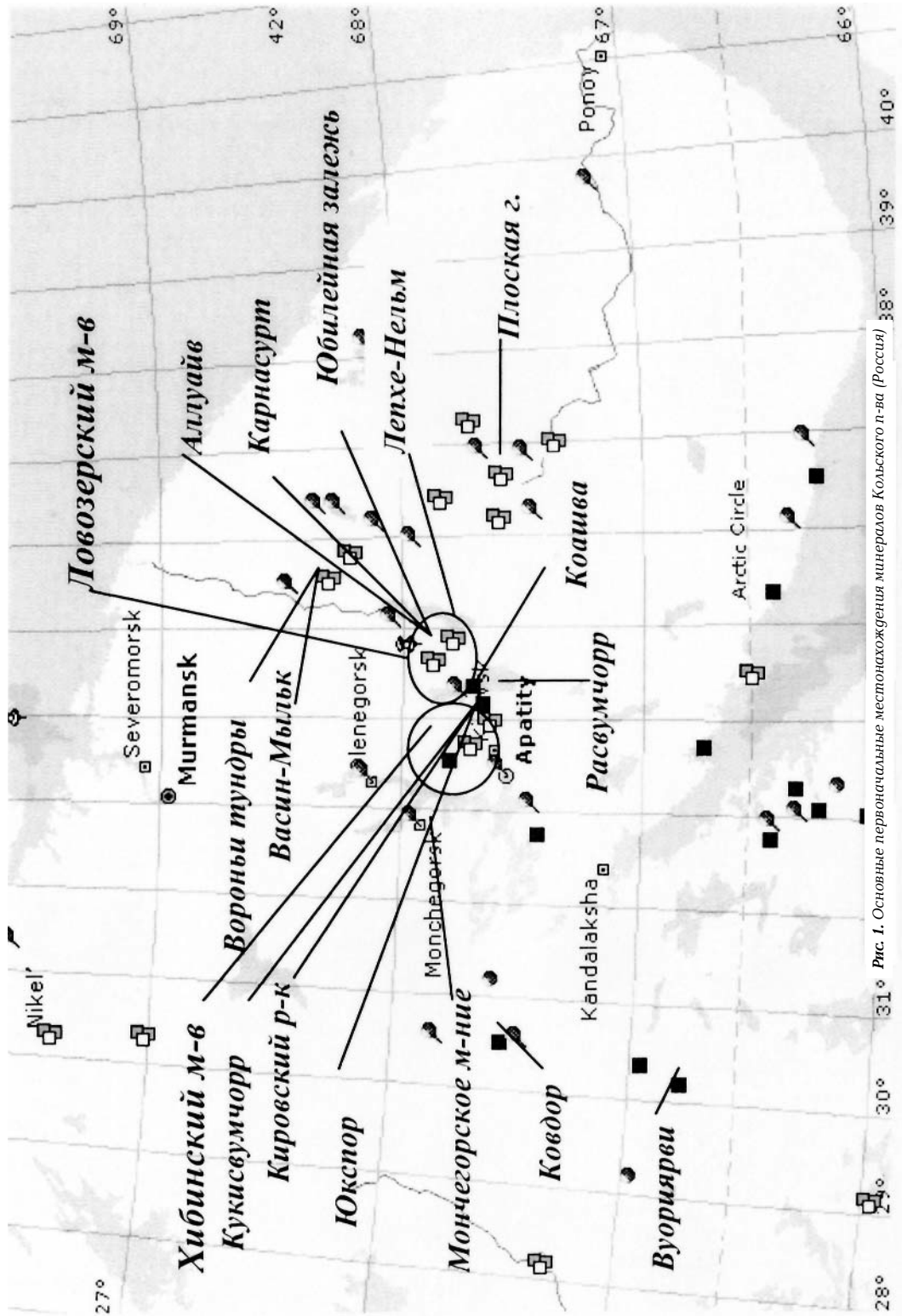


Рис. 1. Основные первоначальные местонахождения минералов Кольского п-ва (Россия)

область 160x88 км); пегматиты района городов Custer (43°46'N, 103°36'W) и Key-stone (43°53'N, 103°25'W); Pennington\Custer Co., Ю. Дакота, США \1891–грифит;...1989–параробертсит

7–Bon Accord \Бон-Аккорд, 15 км к NE от Barberton (25°48'S, 31°03'E) Distr., Трансвааль, ЮАР \1921–треворит;...1978–нихромит

5–Bou Azzer \Бу-Аззер (30°31'N, 6°54'W), Марокко \1956–смольяниновит;...1987–эндуилсонит (*wendwilsonite*)

9–Branchville \Бранчвилл, ~6 км к E от Redding (41°18'N, 73°23'W), Fairfield Co., Коннектикут, США \1878–эосфорит;...1880 – *эвкриллит*

12–Broken Hill \Брокен-Хилл (31°58'S, 141°28'E), Нов. Южн. Уэльс, Австралия \1892–маршит;...1992–сегнитум; *Sutherland F.L., 2000*

5–Buca della Vena m. \Бука-делла-Вена р-к, Stazzema (43°59'N, 10°18'E), Тоскана, Италия \1979–ануанит;...1997–гессауит

4–Bultfontein m. \Булфонтейн р-к, окрестности (SE) Кимберли = Kimberley (28°43'N, 24°45'W), ЮАР \1932–булфонтейнит;...1989–хоторнеит (*hawthorneite*)

4–Candoglia \Кандолья, Val di Тосе, ~2 км к NE от Ornavasso (45°58'N, 8°24'E), Пьемонт, Италия \1905–парцельзиан;...1984–титан-тарамеллит

11–Cap Garonne \Кап-Гарон, Le Pradet (43°06'N, 6°01'E), Вар, Франция \1910–купраодамин;...1997–пуцаровскит

4a–Carleton m. \Карл(е)тон майн, Chester (43°16'N, 72°36'W), Windsor Co., Вермонт, США \1977–джимтомпсонит;...1977–честерит

5–Carlin m. (Au) \Карлин майн, ~15 км NW от Карлин (40°43'N, 116°06'W), Eureka Co., Невада, США \1974–франкдиксонит;...1979–эллисит

4–Cerny Dul \Черни-Дул (50°37'N, 15°42'E), Крконоше, Чехия \1958–коутекит;...1979–кутинаит

5–Cetine di Cotorniano \Четине-ди-Которниано, Rosia (43°15'N, 11°12'E), ~10 км к SW от Сиены, Тоскана, Италия \1968–оноратомит;...1999–клиносервантит

4–Christmas m. (Cu) \Крисмас майн (33°03'N, 110°44'W), 7 км NE of Hayden, Gila Co., Аризона, США \1976–джунитомит;...1980–апачит

12–Chuquicamata \Чукикамата (22°18'S, 68°55'W), 15 км к N от Каламы, Антофагаста, Чили \1908–натрохальцит;...1986–обрадовичит

14–Clara m. \Клара р-к, 8 км к NW от Витихена (48°19'N, 8°20'E), Шварцвальд, Германия \1966–бароофармакосидерит;...1984–куалстибит; 1993–арсенгорсейскит

6–Clay Canyon \Клей-Каньон, ~2 км W of

Fairfield (40°16'N, 112°06'W), Utah Co., Юта, США \1896–вардит;...1940–монтгомериит

7–Clear Creek claim \Клир-Крик клейм (36°23'N, 120°46'W), 10 км SW of Idria, San Benito Co., Калифорния, США \1990–эгра-рбейлит;...1997–ханавальтит (*hanawaltite*)

6–Cobalt (area) \Кобальт (47°23'N, 79°40'W) (р-н), Онтарио, Канада \1924–феррусимплезит (*Hudson Bay m.*);...1972–ларозит (*Foster m.*)

4–Colquechaca (area) \Колкечака (18°39'S, 66°01'W) (р-н), Потоси, Боливия \1926–пенроузит;...1978–мангариноит (*оба–Пакахаке*)

7–Copiapo \Копьяпо (27°21'S, 70°20'W) = Копиапо (горнорудный р-н), Атакама, Чили \1833–копианит;...1933–амариллит

4–Coyote Peak \Койот-Пик, SW of Orick (41°17'N, 124°03'W), Humboldt Co., Калифорния, США \1980–эргит;...1983–койотеит

8–Crestmore q. \Крестмор к-р, 8 км к NW от Риверсайд (33°59'N, 117°22'W), Riverside Co., Калифорния, США \1917–риверсай-гит;...1966–гженнит

9–Death Valley \Долина Смерти (географическая область ~130 x 15 км), Inyo Co., Калифорния, США \1883–колеманит (*Furna-се Creek, 5–12 км NW of Ryan (36°19'N, 116°40'W)*);...1970–юргсмитит (*Hardscabble Claim, Furnace Creek*)

7–Elba Island \Эльба о. (центральная часть: ~42°47'N, 10°15'E), Италия \1811–ильваит (*Rio Marina*);...1957–бонаттит

9–Ettringer–Bellerberg, 2 км N of Mayen (50°19'N, 7°13'E), Laacher See area, Eifel, Германия \1964–майенит;...1997–тернесит

6–Falun \Фалун (60°36'N, 15°38'E), Корпарберг, Швеция \1828–ботриоген;...1980–нордстрёмит

9–Foot Mineral Company m. \Фут Минерал Компани майн, 2 км SW of Kings Mountain (35°14'N, 81°20'W), Cleveland Co., Сев. Каролина, США \1967–свитцерит;...1990–литоомарстурит

8–Francon q. \Франкон к-р, St. Michel Distr. (~46°31'N, 73°35'W), о. Монреаль, Квебек, Канада \1968–велоганит;...1990–воггит

45*–Franklin \Франклин (41°07'N, 74°35'W), Sussex Co., Нью-Джерси, США \1819–франклинит;...1992–франклинфилит;

65*–Franklin (area) \Франклин (41°07'N, 74°35'W) (р-н), Sussex Co., Нью-Джерси, США \1814–цинкит; 1819–франклинит;...1994–samfowlerite

10–Franklin Furnace, Franklin (41°07'N, 74°35'W), Sussex Co., Нью-Джерси, США \1830–виллемит;...1928–ларсенит

43–Franklin m., Franklin (41°07'N, 74°35'W), Sussex Co., Нью-Джерси, США \1814–цинкит;...1994–samfowlerite

4–Fredriksvarn = Stavern (59°00'N, 10°02'E),

Vestfold, Норвегия \\1826—пирохлор; 1852—мелифанит

12—Freiberg \Фрайберг = Фрейберг (50°54'N, 13°20'E) и р-н, Рудные горы, Саксония, Германия \\1829—полибазит (*Neuer Morgenstern m.*);...1963—арсенполибазит (*Neuer Morgenstern m.*)

7—Fuka m., р-н Битю = Bicchu = Bitchu (34°46'N, 133°26'E), преф. Окаяма, Япония \\1973—бичулит;...1992—клинотоберморит

7—Furnace Creek, Furnace Creek Wash (~36°23'N, 116°44'W), 5—12 км NW of Ryan (36°19'N, 116°40'W), Death Valley, Иньо Со., Калифорния, США \\1883—колеманит;...1965—макэлистерит

5—Gabe Gottes vein \Габе-Готтес, жила, Ste.-Marie-aux-Mines (48°14'N, 7°10'E), Эльзас, Франция \\1964—рауенталит;...1982—фонкумит (*phaenouchite*)

4—Gambatesa m., Reppia (44°22'N, 9°26'E), Val Graveglia, Лигурия, Италия \\1979—санероит;...1992—реппиаит; 1994—ванадомалаяит

5—Good Hope m., Vulcan (38°20'N, 107°00'W), Gunnison Co., Колорадо, США \\1903—рикардит;...1986—камеронит

4—Grand Central m., Tombstone = Тумстон (31°43'N, 110°04'W), 30 км NNE of Bisbee, Cochise Co., Аризона, США \\1979—гурдит;...1979—уинстанлейит (*winstanleyite*)

4—Grand Reef m., Aravaipa (32°57'N, 110°21'W) район, около Klondyke (32°50'N, 110°19'W), Graham Co., Аризона, США \\1989—аравайпаит;...1989—грандрифит

8—Green River Formation \Грин-Ривер, формация (находки в районе, имеющем >170 км в поперечнике): 1) Duchesne Co. and Uintah Co., Юта, США 2) Sweetwater Co., Вайоминг, США \\1954—эйтелит (*Duchesne Co., Юта*);...1978—абелсонит (*Uintah Co., Юта*)

4—Guanajuato \Гуанахуато, город (21°01'N, 101°16'W), рудный р-н (площадью 200 кв. км), штат Гуанахуато, Мексика \\1873—гуанахуатит (*Santa Catarina m.*);... ? 1963—антимонпирсеит

15—Hagendorf \Хагендорф (49°38'N, 12°27'E), 3 км NW of Waidhaus, Oberpfalz, Бавария, Германия \\1920—фосфосиллит;...1988—ленерит

11—Harstigen = Harstigsgrufvan \Харстиген = Харстиггруван, р-к [-3 км NE of] Persberg (59°45'N, 14°14'E), Вермланд, Швеция \\1865—монимолит;...1891—свабит

5—Hatruhim \Хатрурим, к W от Мёртвого моря (северо-западная оконечность: 31°46'N, 35°30'E), Израиль \\1928—байерит;...1985—целимит (*ye'elimite*)

4—Hillside m. \Хиллсайд майн (34°25'N, 112°54'W), Bagdad, Yavapai Co., Аризона, США \\1951—андерсонит;...1976—цинк-циннеит

4—Himmelfurst m. \Химмельсфюрст, р-к, 8 км SSW of Freiberg (50°54'N, 13°20'E), Erzgebirge, Саксония, Германия \\1840—ксантоконит;...1909—йордизит

25*—Ilmaussaq \Илимауссак, м-в (центральная часть -60°55'N, 45°52'W), -25 км NNE of Julianehab (Юлианехоб: 60°43'N, 45°52'W), Южн. Гренландия \\1819—эвдиалит (*Kangerdluarsuk*);...1989—накарениобсит-(Ce)

4—Iquique \Икике: 20°13'S, 70°09'W) и р-н, Тарапака, Чили \\1850—улексит;...1986—икикеит

4—Itabira \Итабира (19°37'S, 43°13'W), Минас-Жерайс, Бразилия \\1955—арсенопаллагинит;...1977—паллагсеит

18*—Iviglut \Ивигтут: 61°12'N, 48°10'W), Южн. Гренландия \\1799—криолит;...1997—йоргенсенит

8—Izalco volcano \Исалько, вулкан (13°49'N, 89°38'W), Сальвадор \\1979—стойберит;...1988—говардэвансит

24*—Jachymov \Яхимов (50°21'N, 12°55'E), Чехия \\1727—уранинит;...1996—яхимовит

6—Jakobsberg \Якобсберг, к S от Нордмарка (59°49'N, 14°06'E), Вермланд, Швеция \\1869—якобсит;...1993—линдквистит

4—Jas Roux m. \Жа-Ру (-44°49'N, 6°18'E), 1 км SSW of Mont Pelvoux (44°55'N, 6°21'E), Верхние Альпы, Франция \\1970—пьерроит;...1981—шабурнеит

5—Jo Dandy m. \Джо-Дэнди майн, ~10 км SE of Paradox (38°22'N, 108°57'W), Paradox Valley, Montrose Co., Колорадо, США \\1914—метахьюэттит;...1970—метагельриоит

7—Johanngeorgenstadt \Иоганнгеоргенштадт (50°25'N, 12°44'E), Erzgebirge, Саксония, Германия \\1855—эмплектит; ...2000—паганюит

4—Kamoto East m. \Камото-Ист р-к, [-5 км] S of Musonoi (10°40'N, 25°25'E), Шаба, Конго (ДРК) \\1986—камитоит-(Y);...1990—астрокианит-(Ce)

7—Kangerdluarsuk \Кангердлуарсук, ~15 км N of Julianehab (Юлианехоб: 60°43'N, 45°52'W), Ilmaussaq, Южн. Гренландия \\1819—эвдиалит;...1967—тундрит-(Nd)

6—Kank \Каньк (49°58'N, 13°17'E), 3 км NE of Kutna Hoга, Чехия \\1901—кутногорит;...1999—параскорогит

7—Kasolo \Касоло = Казоло (11°03'S, 26°32'E), 5 км SW of Shinkolobwe, Шаба, Конго (ДРК) \\1921—кюрит;...1923—скупит

4—Keweenaw peninsula \Кивино п-ов (80—100 x 20—25 км), к NE от Хоутона (47°06'N, 88°32'W), оз. Верхнее, Мичиган, США \\1925—пумпеллиит-(Mg); 1963—антониит и кальюметит (*Centennial m., Calumet: 47°14'N, 88°27'W*); 1979—макфаллит (*Copper Harbor*)

4–Keystone m. \Кистон = Кистоун майн, Magnolia Distr., 9 км SW of Boulder (40°01'N, 105°16'W), Boulder Co., Колорадо, США \1877–колорадоит;...1988–кейстоунит

14–Kobokobo \Кобокобо (3°05'N, 28°08'E), Шаба, Конго (ДРК) \1958–люсюнгит;...1987–алтунит

7–Kombat \Комбат (19°42'N, 17°42'E), ~50 км к S от Цумеба, Намибия \1986–комбатит;...1990–гамараит

5–Kuusamo \Куусамо (65°57'N, 29°10'E), Финляндия \1964–вилкманит;...1964–трюстегит

68*–Langban \Лонгбан (59°51'N, 14°15'E), 15 км NNE от Филипстада, Вермланд, Швеция \1830–гедифан;...1998–филолитит

101–Langban агеа \Лонгбан (59°51'N, 14°15'E) (и р-н, включая Харстиген, Нордмаркен, Якобсберг и др.), Вермланд, Швеция \1808–пиросмалит;...1998–филолитит

23*–Langesundfjord \Лангезундфьорд, ~5–10 км к SE от Бревик (59°04'N, 9°41'E), Южн. Норвегия \1829–торит (о. Ловен);...1890–гамбергит (Helgeraen)

6–Larderello \Лардерелло (43°14'N, 10°52'E), Тоскана, Италия \1854–лардереллит;...1970–сантит

16*–Lavrion = Laurium \Лаврион (37°42'N, 24°03'E), Греция \1881–серпьерит;...1998–нигермайрит; 2000–цинквудвардит

7–Leadhills \Ледхиллс (55°24'N, 3°45'W), Шотландия, Великобритания \1832–каледонит;...1987–маттхегглит

25*–Lengenbach \Ленгенбах (~46°21'N, 8°21'E), Binntal, Валлис, Швейцария \1845–дофренуазит;...1997–йентшит (jentschite)

5–Little Green Monster m. \Литл-Грин-Монстер майн, Clay Canyon (40°16'N, 112°07'W), 2 км W of Fairfield, Utah Co., Юта, США \1930–инглишит;...1940–монтгомериит

5–Llallagua \Льяльягуа (18°25'S, 66°38'W), Потоси, Боливия \1922–воксит (Siglo XX m.);...1982–джинбангуит

7–Loven (= Laven =Lovo) Isl. \Ловен, о., ~5 км E of Langesund (59°00'N, 9°44'E), Langesundfjord, Южн. Норвегия \1829–торит;...1885–ловенит

8–Madoc \Мэдок = Мадок (44°30'N, 77°28'W), 45 км NE of Hastings, Онтарио, Канада \1967–веенит;...1967–мэдокит

4–Magadi (Lake Magadi) \Магади, оз. к W от Магади (1°53'S, 36°18'E), Кения \1909–улитит;...1970–макатит

8–Mammoth–St. Anthony m. \Маммот-Сент-Антони майн (32°43'N, 110°37'W), Tiger, Pinal Co., Аризона, США \1950–уэришит (wherryite);...1989–пиналит

6–Menzenschwand \Менценшванд (47°49'N,

8°04'E), Шварцвальд, Германия \1976–жолиотит;...1985–уранотунгстит

4–Merume River \Меруме р., [ср. горы Меруме, в верховьях рек Мазаруни и Потаро (истоки: 5°16'N, 59°50'W), Гайана \1967–гвианаит;...1976–макконелит

8–Minasragra \Минасрагра, ~35 км SW of Cerro de Pasco (10°41'N, 76°15'W), Паско, Перу \1906–патронит;...1994–фернандинит

23–Moctezuma (area) \Моктесума (29°48'N, 109°41'W) (р-н), Сонора, Мексика \1960–парателлурит;...1989–сервеллеит (cervelleite)

7–Moctezuma m. \Моктесума, р-к, [22 км] S of Moctezuma (29°48'N, 109°41'W), Сонора, Мексика \1961–земаннит (zemannite);...1979–буркхаргит

4–Molinello \Молиanelло, 9 км NE of Lavagna (44°21'N, 9°27'E), Val Graveglia, Лигурия, Италия \1980–тирагаллоит;...1990–стронциопьемонит

41–Mont Saint Hilaire (area) \Монт-Сент-Илер (= Сент-Илер) м-в, близ нас. пункта Монт-Сент-Илер (45°31'N, 73°09'W) (р-н), 32 км к ENE от Монреала, Квебек, Канада \1967–лемуанит;...1999–хомяковит; 2001–натролемуанит

17–Monte Somma \Монте-Сомма, Везувий (40°49'N, 14°25'E), близ Неаполя, Италия \1795–везувиан; 1800–нефелин;...1990–монтесоммаит

5–Moschellandsberg \Мошельландсберг, 1 км E of Obermoschel (49°43'N, 7°46'E), Рейнланд-Пфальц, Германия \1972–шахнерит;...1992–белендорфит

4–Moss m. \Мосс р-к, близ Нордмарка (59°49'N, 14°06'E), Швеция \1884–алакит;...1884–синагельфит

9–Mounana \Мунана (1°26'S, 13°09'E), м-ние (U), 55 км NW of Franceville, Габон \1957–франвиллит;...1971–бариандит

7–Musonoi m. \Мусонои, р-к (10°42'S, 25°23'E), к W от Колвези (10°41'S, 25°39'E), Шаба, Конго (ДРК) \1965–гийменит (guilleminite);...1971–герриксит

10–Musonoi m.–Kolwezi m. (area) \Мусонои, р-к (10°42'S, 25°23'E) Колвези, р-к (~10°44'S, 25°27'E), р-н, к W от Колвези (10°41'S, 25°39'E), Шаба, Конго (ДРК) \1965–гийменит (guilleminite–Musonoi m.);...1990–астрокианит-(Ce) (Камато Ист р-к)

15–Narssarsuk=Narsarsuk=Narsarsuaq, massif \Нарсарсук = Нарсарсук, ~15 км SSE of Narsarsuaq (61°09'N, 45°25'W) от 10 км NE of Igaliko = Igaliku (60°59'N, 45°26'W) \1893–нептунит;...1897–лоренценит;...1953–рентгенит-(Ce)

8–Nordmarken = Nordmark \Нордмаркен

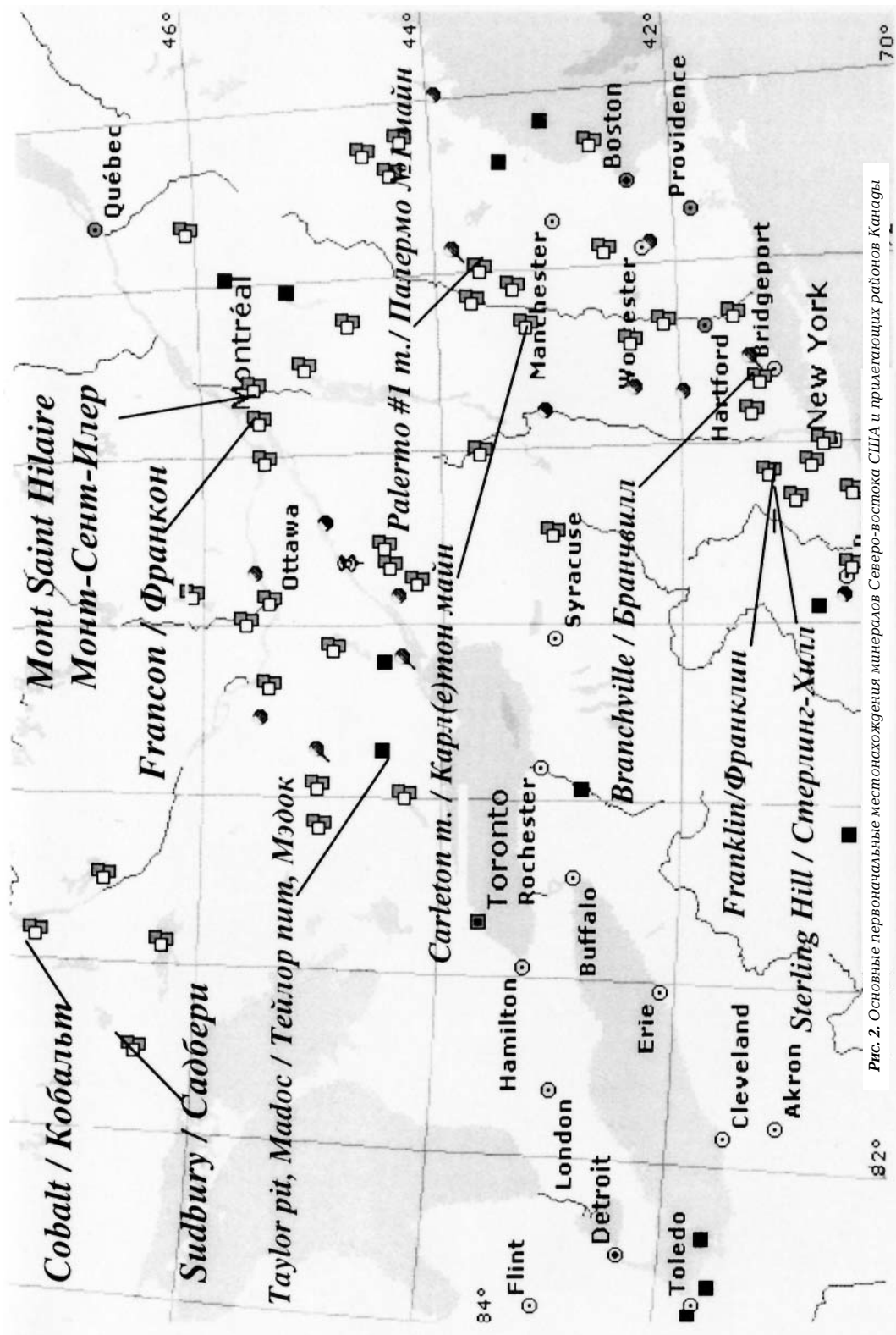


Рис. 2. Основные первоначальные местонахождения минералов Северо-востока США и прилегающих районов Канады

= Нордмарк (59°49'N, 14°06'E), Вермланд, Швеция \\1808–пиромалит (*Bjelkes Grufvan*); 1835–сафлорит;...1917–катонит

100 Nordmark area \Нордмарк и р-н, включая Brattfors (20 км S of Nordmark), Harstigen, Jakobsberg, Langban (8 км ENE of Nordmark), Moss и др., Вермланд, Швеция \\1808–пиромалит (*Bjelkes Grufvan*);...1998–филолит (*Langban*)

5–Ojuela m. \Охуэла р-к, Марими (25°50'N, 103°50'W), Дуранго, Мексика \\1956–парагмит;...1983–лотармейерит (*Marimi*)

4–Pacajake \Пакахакэ, Colquechaca (18°39'S, 66°01'W), Боливия \\1926–пенроузит;...1978 – мансариниум

4–Pala District \Пала-Дистрикт (Stewart m. и др.), Pala (33°21'N, 117°04'W), San Diego Co., Калифорния, США \\1912–сиклерит (*Vanderberg m.*); 1912–стюартит (*Stewart m.*);...1978–гжансит-(MnMnMn) (*Stewart m.*)

8–Pala District–Mesa Grande District–Ramona District \Пала (33°21'N, 117°04'W) Дистрикт – Меса-Гранде (33°10'N, 116°46'W) Дистрикт – Рамона (33°02'N, 116°52'W) Дистрикт (~40 x 20 км), San Diego Co., Калифорния, США \\1912–сиклерит (*Vanderberg m.*); 1915–стибиоколумбит (*Himalaya m.*);...1991–боромусковит-1М (*Little Three m.*)

10–Palermo #1 m. (pegmatite), 1,6 км SW of North Groton (43°45'N, 71°52'W), Grafton Co., Нью-Гэмпшир, США \\1940–витлоцит;...1977–скунерит; 1984–синканкасит

4–Panasqueira \Панашкейра (40°09'N, 7°45'W), 23 км W of Fundao, Португалия \\1966–берндтит-4Н;...1979–панашкейраит

9–Paradox Valley \Парадокс-Вэлли (~40 x 15 км), SE of Paradox (38°22'N, 108°57'W), Montrose Co., Колорадо, США \\1914–метахьюэттит (*Jo Dandy Claim*);...1962–хенгерсонит (*J.J. mine*)

4–Pitigliano \Питильяно (42°37'N, 11°39'E), Grosseto, Тоскана, Италия \\1977–тусканиум;...1991–питильяноит

10–Poudrette q. \Пудрет к-р, Mont Saint Hilaire (45°31'N, 73°09'W), Квебек, Канада \\1989–грайцит (*griceite*);...2001–мичеелсенит

5–Pribram \Пришбрам (49°41'N, 14°00'E) и р-н, Чехия \\1820–кронштегтит;...1990–цинкалит (*Lill mine*)

6–Rapid Creek \Рапид-Крик (точка А: 68°33'N, 136°47'W; точка В: 68°31'N, 136°57'W), Юкон, Канада \\1976–баричит;...1986–рапидкрикит

5–Richelsdorf \Рихельсдорф (~50°58'N, 10°00'E), Гессен, Германия \\1819–пикрофармаколит;...1985–симонколеит

8–Sacaramb=Sacarimb=Nagyag (быв.) \Сэкэрымб=Нагиаг (быв.) (44°57'N, 23°03'E), Румыния \\1835–сильванит;...1929–фюльепит

пит

4–San Piero in Campo \Сан-Пьеро-ин-Кампо (42°54'N, 10°12'E), Эльба, Италия \\1846–поллуцит;...1993–уранополикраз

7–Sapucaia \Сапукая, 6 км SE of Sapucaia do Norte (Сапукая-ду-Норти: 18°50'S, 41°31'W) \\1949–фронделит;...1958–рошерит

6–Scawt Hill \near Larne (54°51'N, 5°50'W), Antrim Co., Сев. Ирландия, Великобритания \\1929–скоутит (*scawtite*);...1973–ферробустамит

38*–Schneeberg \Шнееберг = Шнеберг (50°36'N, 12°38'E), Рудные горы, Саксония, Германия \\1786–метаторбернит;...1998–бренделит

4–Scotia Talc m. \Вон Accord (Бон-Аккорд: ~25°41'S, 31°10'E), 15 км к NE от Barberton (25°48'S, 31°03'E), Трансвааль, ЮАР \\1968–нимит;...1974–бонаккордит

11–Searles Lake \Сёрлз оз. (15 x 12 км; на берегу озера – Трона: 35°45'N, 117°22'W), San Bernardino Co., Калифорния, США \\1878–тинкалкониум; 1885–ганксит;... 1963–galeite

4–Shaheru (Mt. Shaheru) \Шахеру (Маунт-Шахеру), вулкан (~1°29'S, 29°14'E), ~5 км к N от Nyiragongo (Ньирагонго), Сев. Киву, Конго (ДРК) \\1957–комбит;...1959–гельхайелит

36–Shinkolobwe \Шинколобве (11°02'S, 26°34'E), Шаба, Конго (ДРК) \\1921–кюрит;...1985–гисинит-(Nd); 1986–протасит

9–Sierra Gorda \Сьерра-Горда (22°53'S, 69°18'W) и р-н (Caracoles [=Placilla de Caracoles: 23°02'S, 69°00'W] и др.), Антофагаста, Чили \\1888–амарантит;...1999–чангоит

5–Sjo m. = Sjo Grufvan \Шё = Шё-Груван, р-к, SE of Grythyttan (59°42'N, 14°32'E), Эребру, Швеция \\1888–арсениоплеит;...1986–орebroит [=эребруит]

4–Skipton Caves \Скиптон-Кейвс (37°41'S, 143°22'E), 45 км SW of Ballarat, Виктория, Австралия \\1878–ханайит (*hannayite*);...1887–гиттмарит

5–Sophia m. \София р-к (~48°20'N, 8°20'E), 300 м WSW of Kloster Wittichen (Weiss, 1990), Шварцвальд, Германия \\1958–метакалерит;...1998–чагвикит

5–Stassfurt \Штассфурт = Стассфурт (51°51'N, 11°35'E), Саксония-Анхальт, Германия \\1856–карналлит;...1884–пинноит

8–Ste.-Marie-aux-Mines \Сент-Мари-о-Мин (48°14'N, 7°10'E), Эльзас, Франция \\1941–гервиллит;...1984–виллиэлленит (*villyaellenite*)

22*–Sterling Hill \Стерлинг-Хилл, Ogdensburg (41°05'N, 74°35'W), Sussex Co., Нью-Джерси, США \\1823–тефро-

ит;...1987—парабрантит

19—Sterling m., Sterling Hill, Ogdensburg (41°05'N, 74°35'W), Sussex Co., Нью-Джерси, США \1823—тефроит;...1987—уэндулсонит

5—Stillwater Complex \Стиллуотер, комплекс, ~40 км с NW (-45°30'N, 110°15'W) на SE, Монтана, США \1974—рогий;...1979—теллурапаладинит

7—Sudbury \Садбери (46°29'N, 81°00'W), р-н 60 x 30 км, Онтарио, Канада \1889—сперрилит (*Vermillion m.*);...теллураогаухекорнит (*Strathcona m.*)

5—Tachgagalt = Tachguagalt \Ташгагалт (30°47'N, 6°51'W), near Quarzazate (Варзазат), Марокко \1963—марокит;...1969—анритермьерит (*henrytermierite*)

5—Tanco pegmatite m. \Танко, пегматитовый р-к (50°26'N, 95°27'W), Bernic Lake, Манитоба, Канада \1978—черниит;...1992—титановоджинит

8—Taylor pit, Madoc \Тейлор к-р, Мэдок (44°30'N, 77°28'W), Hastings Co., Онтарио, Канада \1967—веенит;...1967—твиннит

9—Temple Mountain (area) \Темпл-Маунтин (38°41'N, 110°40'W) (р-н), Emery Co., Юта, США \1914—уванит (*Temple Rock*);...2001—ортоминасрагрит

8—Terlingua (area) \Терлингуа (29°19'N, 103°36'W) (р-н), Brewster Co., Техас, США \1900—терлингуаит;...1974—пинчит; 1981—команчеит (*Mariposa m.*)

4—Tincalayu \Тинкалайю = Тинкалаю (25°07'S, 67°04'W), Сальта, Аргентина \1957—экуррит;...1974—аристарайнит

10—Tintic District \Тинтик-Дистрикт, рудный р-н (~10 x 5 км) от Tintic Junction (39°55'N, 112°09'W), Juab Co. до Дивиденда (39°57'N, 112°03'W), Utah Co., Юта, США \1916—арсенобисмут (*Mammoth m.*);...1997—ютаит и джуабит (*Centennial Eureka m.*)

12—Tip Top m. \Тип-Топ майн, 8,5 км SW of Custer (43°46'N, 103°36'W), Custer Co., Блэк-Хилс, Ю. Дакота, США \1974—робертсит;...1992—парафрансолетит

11—Tombstone area \Тумстон (31°43'N, 110°04'W), р-н, Cochise Co., Аризона, США \1885—эммонсит;...1980—шиффелинит (*schieffelinite* — Joe m.)

4—Trogtal q. \Трогтал, к-р, 1 км N of Lautenthal (51°52'N, 10°17'E), Гарц, Германия \1955—трогталит;...1957—фребольдит

57*—Tsumeb \Цумеб (19°14'S, 17°42'E), Намибия \1912—цумебит; 1920—гуптит;...1999—вильгельмклайнит; 1999—сигпетерсит

7—United Verde m. \Юнайтед-Верде майн, близ Jerome (Джером: 34°45'N, 112°07'W),

Yavapai Co., Аризона, США \1885—герхаргтит;...1959—явапайит

4—Utoe Isl. \Утё о., 30—40 км к SSE от Стокгольма, (Утё: 58°58'N, 18°19'E), Швеция \1800—петалит; [1800—сподумен]...1978—магнезиохолмквистит

5—Vestana = Vestane = Westana m. \Вестано (56°10'N, 14°29'E), 1,5 км W of Nasum, Skane, Швеция \1868—аугелит;...1868—проллеит

60*—Vesuvius=Vesuvio \Везувий (40°49'N, 14°25'E), близ Неаполя, Италия \1791—лейцит; 1795—везувиан;...1988—панунцит; 1990—монтесоммаит (*Monte Somma*)

4—Viitaniemi \Виитаниеми [63°08'N, 28°30'E], Финляндия \1954—вайрюненит = вайриненит (*vaurynenite*);...1983—манганоталиолит

5—Vulcano Island \Вулкано, о. (остров ~8 км в поперечнике; вулкан: 38°23'N, 14°58'E), Эоловы (= Липарские) о-ва, к С от Сицилии, Италия \1882—гуератит;...2000—мозговаит

6—Weisser Hirsch m. \Вайссер-Хирш, р-к, Neustadt, Schneeberg (50°36'N, 12°38'E), Рудные горы, Саксония, Германия \1871—вальпургит; 1871—трёгерит;...1983—асселборнит

8—Wessels m. \Весселс р-к (~27°04'S, 22°46'E), NW of Kuruman, Северная Капская пров., ЮАР \1983—стурманит;...1996—весселсит

>3—Wheal Gorland \Уил-Горленд, ~1 км N of St. Day (50°14'N, 5°10'W), Корнуолл, Англия, Великобритания \1787—оливенит; 1823—клиноклаз

7—Wittichen \Виттихен (48°19'N, 8°20'E), Шварцвальд, Германия \1800—фармаколит;...1853—виттихенит; 1989—самгасит (*Johann m.*)

24—Wittichen (area) \Виттихен (48°19'N, 8°20'E) и р-н (включая р-ки Клара, София), Шварцвальд, Германия \1800—фармаколит;...1998—чагвикит (*Sophia m.*)

4—Wolfsberg \Вольфсберг (51°32'N, 11°05'E), 8 км SW of Harzgerode, Гарц, Германия \1826—цинкениит;...1969—dadsonite

4—Xitishan \Ситешань, м-ние (37°20'N, 95°32'E), пров. Цинхай, Китай \1983—цумешанит;...1990—лишичжэньит (*lishizhenite*)

4—Агинское м-ние, близ пос. Агинский (55°28'N, 158°00'E), Камчатка, Россия \1978—билибинскит;...1980—белякинит

24—Аллуайв, г., (-67°51'N, 34°32'E), ~27 км к SW от с. Ловозеро (68°01'N, 35°00'E), Ловозерский м-в, Кольский п-в, Россия \1979—сидоренкит;...2000—литвинскит (жила «Шкатулка»); 2000—манганонауказит

4—Арзак, [-20—25 км] к NW от пос. Терлиг-Хая (51°49'N, 93°28'E), Тува, Россия \1980—кузнецовит;...1989—гречищевит

- 7–Баласаускандык** (~44°32'N, 67°25'E), ~15 км к NW от пос. Аксумбе (44°27'N, 67°32'E), хр. Каратау (СЗ), Казахстан \\1959–альванит;...1989–казахстанит
- 7–Березовское м-ние**, г. Березовский (56°54'N, 60°47'E), 14 км к NE от Екатеринбургa, Ср. Урал, Россия \\1766–крокоит;...1988–касседаниит
- 4–Бурпала, м-в**, ~30 км к NE от истоков р. Лев. Мама (~56°14'N, 110°46'E), Сев. Прибайкалье, Россия \\1964–бурпалит;...1969–плюмбобетафит
- 9–Васин-Мыльк**, Вороньи тундры (~68°18'N, 35°32'E), Кольский п-ов, Россия \\1981–алюмотантит;...1992–манганосегелерит
- 4–Вишневые горы**, близ пос. Вишневогорск (56°00'N, 60°40'E), Ю. Урал, Россия \\1931–вишневит;...1993–фторрихтерит
- 11–Вороньи тундры** (~68°18'N, 35°32'E), ~13 км к ENE от устья р. Уйма (68°15'N, 35°16'E), Кольский п-ов, Россия \\1957–литофосфат (Охмыльк г.);...1992–манганосегелерит
- 9–Вуоннемиок, р. = Вуоннемиок р.** (исток: ~67°39'N, 33°50'E), к NE от г. Кировск (67°36'N, 33°40'E), Хибинь, Кольский п-ов, Россия \\1929–ферсманиит (3–ий Северный приток);...1983–костылевит
- 10–Вуориярви, м-в** (~66°47'N, 30°10'E), Карелия (NW), Мурманская обл., Россия \\1961–карбоцернаит;...1999–тумчаит
- 13–Дара-и-Пиоз=Дарай-Пиёз, м-в** (~39°28'N, 70°42'E), ~20 км к E от истоков р. Зеравшан, Алайский хр., Таджикистан \\1963–калькибеборосилит; 1967–тяньшаниит;...2000–капицаит-(Y)
- 4–Зод, м-ние**, близ пос. Зод (40°12'N, 45°51'E), Армения \\1965–вольнскиит;...1987–чеховичит
- 14–Ильменские горы** (более 30 км с N на S), к NNE от г. Миасс (55°00'N, 60°05'E), Ю. Урал, Россия \\1826–ильменит;...1986–макарочкинит; 1993–фторрихтерит
- 4–Инагли, м-в**, (~58°44'N, 124°56'E), ~30 км к NW от г. Алдан, Якутия, Россия \\1960–батисит;...1984–инаглиит
- 5–Индер, м-ние** —, ~15 км к E от п. Индерборский (48°33'N, 51°44'E), Казахстан \\1937–индерит;...1966–волковскиит
- 4–Кадырельское м-ние**, ~23 км к N от пос. Шагонар (51°32'N, 92°48'E), Тува, Ср. Сибирь (Ю), Россия \\1984–лаврентьевит;...1989–гречищевит
- 10–Каратау, хр. (СЗ)**, р-н пос. Аксумбе (44°27'N, 67°32'E), Казахстан (Ю) \\1954–курумсакиит (Курумсаки);...1989–казахстанит (Баласаускандык и др.)
- 31–Карнасурт, г.** , (~67°53'N, 34°38'E), ~20 км к SW от с. Ловозеро (68°01'N, 35°00'E), Ловозерский м-в, Кольский п-в, Россия \\1954–бериллит; 1955–ненадкевичит;...2000–малинкоит; 2000–органоваит-Мп
- 4–Кировский р-к**, Кукисвумчорр, ~5 км к N от г. Кировск (67°36'N, 33°40'E), Хибинь, Кольский п-ов, Россия \\1990–тулиокиит;...1997–изолуешит
- 12–Коашва, г.**, ~13 км к E от г. Кировск (67°36'N, 33°40'E), Хибинь, Кольский п-ов, Россия \\1974–коашвит;...1999–леммлейнит; 2000–лусицънит
- 13*–Ковдор** (67°32'N, 30°30'E), Кольский п-ов, Россия \\1980–ковдорскиит;...2000–бахчисарайцевит; 2000–гладуусит; 2000–henrymeyerite
- 8–Копейск** (55°07'N, 61°39'E), 15 км к E от Челябинска, Ю. Урал, Россия \\1985–сребродольскиит;...1990–гмиштейнбергит; 1991–тиннункулит
- 3–Кочбулак м-ние**, [~10 км] к E от г. Ангрэн (41°01'N, 70°09'E)°N -°E, Узбекистан \\1979–курамит; 1981–чаткалит; 1982–мохит
- 8–Кукисвумчорр, г.** ~5–8 км к N от г. Кировск (67°36'N, 33°40'E), Хибинь, Кольский п-ов, Россия \\1959–магнезиоастрофиллит;...1997–анкилит-(La) (пик Марченко)
- 4–Куранах м-ние**, близ пос. Куранах (58°45'N, 125°29'E), Алдан, Якутия, Россия \\1975–куранахит;...1990–куксит (участок Делбе)
- 6–Курумсаки**, ~20 км к SW от пос. Аксумбе (44°27'N, 67°32'E), хр. Каратау (СЗ), Казахстан \\1954–курумсакиит;...1989–казахстанит
- 4–Кызылсай=Кызыл-Сай, м-ние**, [~30 км] к SW от пос. Чиганак (45°06'N, 73°58'E), Казахстан \\1962–моуриит; 1965–сеговит;...1975–натриевый болтвудит
- >5–Лепхе-Нельм, г.** (~67°48'N, 34°48'E), ~25 км к SW от с. Ловозеро (68°01'N, 35°00'E), Ловозерский м-в, Кольский п-ов, Россия \\1956–куплетскиит;...[2001–цепинит-Na]
- 71*–Ловозерский м-в** (центральная часть: ~67°48'N, 34°43'E), к SW от с. Ловозеро (68°01'N, 35°00'E), Кольский п-в, Россия \\1894–лампрофиллит;...2000–литвинскиит
- 11–Маяк, р-к**, Талнахское м-ние, Талнах (69°29'N, 88°26'E), Норильский р-н, Ср. Сибирь (С), Россия \\1969–годлевскиит;...1982–таймырит
- 4–Мончегорское м-ние**, р-н г. Мончегорск (67°54'N, 32°49'E), Кольский п-ов, Россия \\1963–мончеит;...1964–имгрэит; 1982–сопчеит
- 8–Мурунский м-в**, гора Мурун (~58°22'N, 118°53'E), ~50 км к W от пос. Торго (58°28'N, 119°49'E), Алдан (NW), Якутия/Иркутская обл., Россия \\1965–тинаксит; 1978–чароит;...1992–франкаменит; 1995–одинцовит
- 7–Новофроловское м-ние**, близ г. Краснотурьинск (59°47'N, 60°30'E), Сев. Урал,

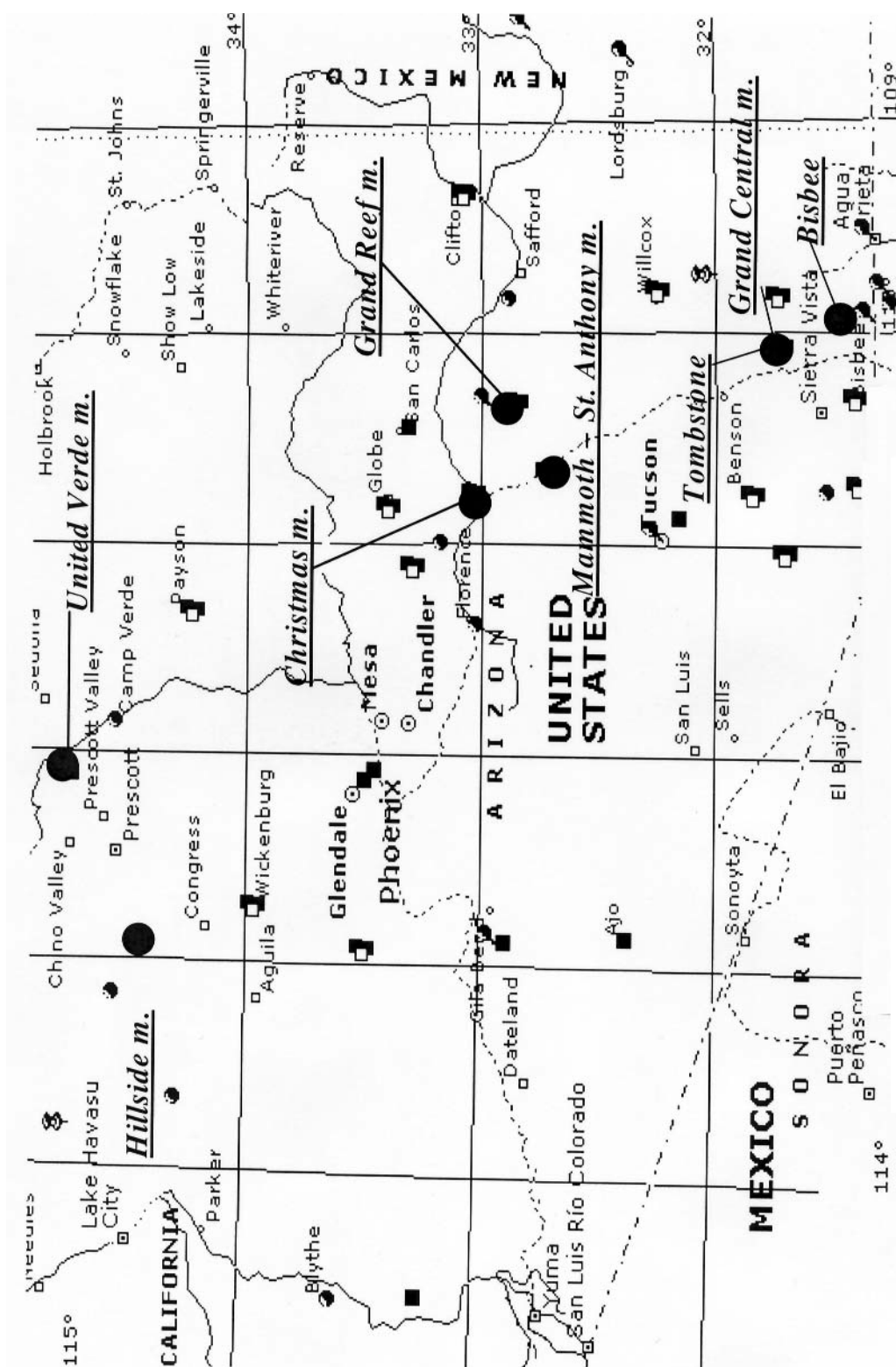


Рис. 3. Основные первоначальные местонахождения минералов Аризоны (США)

Россия \1955–кальциборит;...1968–вимсит

5–Норильск-I, м-ние, близ Норильска (69°19'N, 88°11'E), Ср. Сибирь, Россия \1962–высоцкит;...1969–годлевскит

30–Норильский р-н (включая Талнах), близ Норильска (69°19'N, 88°11'E), Ср. Сибирь, Россия.\1947–станнопаладинит (р-к Угольный ручей);...1992–вяльсовит (Комсомольский р-к)

13–Октябрьское м-ние, Талнах (69°29'N, 88°26'E), Норильский р-н, Ср. Сибирь, Россия \1966–звягинцевит;...1983–кабриит

4–Перевал, к-р, близ г. Слюдянка (51°38'N, 103°42'E), Прибайкалье (ЮЗ), Россия \1985–калининит;...1995–магнезиокулсонит

6–Плоская, г. (~67°38'N, 36°42'E), ~35 км к NNW от п. Краснощелье, Кейвы, Кольский п-ов, Россия \1983–вюнцпахкит-(Y); 1983–кейвиит-(Y);...1997–фторталенит-(Y)

>8–Расвумчорр г., к NE от г. Кировск (67°36'N, 33°40'E), Кольский п-ов, Россия \1954–щербаквит;...1970–расвумит;...1993–мегациклит

7–Слюдянка (51°38'N, 103°42'E) и р-н, Прибайкалье (ЮЗ), Россия \1985–калининит (к-р Перевал);...1991–быстрит (Мало-Быстринское м-ние);...1997–хромфиллит (копь Кабера)

5–Соловьева г. (~57°41'N, 59°39'E), ~35 км к SW от Нижнего Тагила, Ср. Урал, Россия \1909–карбид тантала («самородный тантал»);...1997–жегвабит

4–Солонго, м-ние, ~20 км к N от пос. Гунда (52°47'N, 111°43'E), Забайкалье, Россия \1965–курчатовит;...1977–федоровскит

15–Талнахское м-ние, Талнах (69°29'N, 88°26'E), Норильский р-н, Ср. Сибирь, Россия \1968–талнахит;...1992–вяльсовит (Комсомольский р-к)

24–Толбачик, вулк. (~55°49'N, 160°22'E), ~30 км к S от Ключевской Сопки, Камчатка, Россия \1983–толбачит;...2001–брадачекит

4–Трудовое м-ние, близ пос. Иньльчек (=Энильчек) (42°01'N, 79°04'E), Вост. Киргизия \1981–натанит;...1992–вистенит; 1993–христовит-(Ce)

6–Хайдаркан, м-ние, пос. Хайдаркан (39°56'N, 71°20'E), Киргизия \1972–галхит; 1977–великит;...1984–чурсинит

136*–Хибино-Ловозерский комплекс (~80 x 40 км), между г. Кировск (67°36'N, 33°40'E) и с. Ловозеро (68°01'N, 35°00'E), Кольский п-ов, Россия \1894–лампрофиллит;... 2001–цепинит-(Na)

70*–Хибинский м-в (центральная часть: 67°43'N, 33°44'E), р-н г. Кировск (67°36'N, 33°40'E), Кольский п-ов, Россия \1923–

манганнептунит (Мал. Маннепахк г.); 1925–лопарит-(Ce) (Мал. Маннепахк); ...2000–лисицынит (Коашва)

6–Хову-Аксы, м-ние, близ пос. Хову-Аксы (51°07'N, 93°40'E), Тува, Ср. Сибирь (Ю), Россия \1953–владимирит; 1953–шубниковит;...1981–лазаренкоит

6–Челкар (47°49'N, 59°37'E), 100 км SE от Уральска, Казахстан \1960–стронциоборит; 1962–галургит;...1968–челкарит

13–Юбилейная, залежь, Карнасурт (~67°53'N, 34°38'E), Ловозерский м-в, Кольский п-в, Россия \1972–ильмаюкит; 1973–зорит; 1973–ловдарит; 1973–раит;...1998–сейдит-(Ce)

12–Юкспор, ~8 км NW от г. Кировск (67°36'N, 33°40'E), Хибиньы, Кольский п-ов, Россия \1925–юкспорит;...1992–паранатисит (Материальная шт.)

Литература

- Евсеев А.А. Географические названия в минералогии. Краткий указатель. Ч. I, М., 2000. 269 с.; Ч. II, М., 2000. 282 с.
- Евсеев А.А. Первая десятка местонахождений мира. // Среди минералов (Альманах). М. 2001. С. 36–39.
- Пеков И.В. Новые минералы: где их открывают. // Соросовский Образовательный Журнал. 2000. Т. 7. №5. С. 65–74.
- Bernard J.H. Mineralogy of the Czech Republic. Strucny prehled. Praha: Academia, 2000. 188 p.
- Cairncross B., Dixon R. Minerals of South Africa. Johannesburg, 1995. 290 p.
- Dana's New Mineralogy. The System of Mineralogy of J. D. Dana and E. S. Dana. Eighth Edition. Ed. R. V. Gaines et al. New York, 1997. 1819 p.
- Eckel E.B. Minerals of Colorado: A 100 – Year Record. //U.S. Geol. Survey Bull. 1114. 1961. 399 p.
- Embrey P.G. and Hey M.H. «Type» specimens in mineralogy. // Mineralogical Record, 1970. Vol. 1. # 3. P. 102–104.
- Introduction to Japanese Minerals. Edited by Editorial Committee for «Introduction to Japanese Minerals». Tokyo: Geological Survey of Japan. 1970. 208 p.
- Mandarino J.A. New minerals. 1990–1994. Tucson, 1997. 222 p.
- Nickel E.H. and Nichols M.C. Mineral reference Manual. – New York, 1991. 250 p.
- Pekov I.V. Minerals First Discovered on the Territory of the former Soviet Union. Moscow: Ocean Pictures Ltd, 1998. 369 p.
- Sutherland F.L. Mineral species first described from Australia and their type specimens. //

УДК 549:069

АРХИВ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ: ПОСТУПЛЕНИЯ В ФОНДЫ В 1909–1914 гг.

Л.В.Булгак

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН, Москва, mineral@fmm.ru

Информация о пополнении фондов Музея в 1909 – 1914 гг., приведенная на основании изучения архивных источников. В статье 6 иллюстраций.

В 1906 г. Геологический музей им. Петра Великого по инициативе Ф.Н.Чернышева был разделен на два отделения – геологическое и минералогическое. Минералогическое отделение, занимающее всего один зал с 8 витринами, возглавил академик В.И.Вернадский. Для работы в Музее в качестве и.о. хранителя он пригласил В.И.Крыжановского, который уже с начала 1907 г. с головой окунулся в работу по восстановлению старых коллекций, созданию новых форм записи и учета, пополнению фондов новыми материалами.

Для более успешной работы в этом направлении В.И.Вернадский в 1909 г. посылает молодого специалиста за границу для ознакомления с минералогическими музеями Берлина, Бонна, Мюнхена, Дрездена, Вены, Женевы, где он изучает фонды, методы учета и документирования музейных коллекций. Одновременно В.И.Крыжановский знакомится за рубежом и с работой минералогических контор, занимающихся продажей минералов.

Вернувшись в Санкт-Петербург, он начинает переписку с этими конторами и приобретает у них новые для Музея минералы. Минералы присылались из-за рубежа почтой в посылках, содержащих от 15 до 50 образцов. Из каждой присланной партии В.И.Крыжановский отбирал наиболее интересные образцы, а оставшиеся отсылали обратно. Нередко приобреталась вся присланная партия. В этом случае стоимость образцов уменьшалась на 10%. Почтовые расходы по поставке минералов и отправке остатков несла минералогическая контора. Некоторые образцы отбирались непосредственно в конторах при поездках за рубеж А.Е.Ферсмана, В.И.Крыжановского и В.И.Вернадского.

Первая посылка получена Музеем 17 апреля 1909 г. от фирмы Grebel, Wendler & Co в Женеве. Она содержала 25 образцов, главным образом минералов золота и серебра из месторождений Перу, Мексики, США и др.

на общую сумму 249 швейцарских франков. С указанной фирмой поддерживались наиболее тесные контакты. С 1909 по 1914 гг. Музей получил из Женевы 20 посылок с минералами Франции, Испании, Португалии, Турции, Венгрии, Австрии, Румынии, Италии, Бельгии, Норвегии, Гренландии, США, Австралии, Мадагаскара, Турции, Мексики и Бразилии на сумму 6821 швейцарских франков.

В связи с интересом В.И.Вернадского к радиоактивным минералам и организацией в 1912 г. Радиевой экспедиции Академии наук активно приобретаются такие минералы, как уранинит, отенит, карнотит, ураноталит, торбернит, ураноторит и др.

Фирма Dr.F.Krantz (Бонн) с 1909 по 1914 гг. прислала 11 посылок на сумму 4031 немецкая марка.

От фирмы Julius Bohm (Вена) с 1911 по 1914 г. поступило 16 посылок на сумму 7429 австрийских крон.

Шесть посылок получено из Горной Академии во Фрайберге (1909 – 1914) на сумму 1705 марок.

Партия образцов бетафита из пегматитов Мадагаскара, отобранная А.Е.Ферсманом во время его пребывания в Вене, прислана доктором Л.Эгером из Института Естественной Истории.

Большая партия образцов минералов серебра и горных пород, характеризующих месторождение Cobalt в Канаде, прислана по просьбе В.И.Вернадского руководством рудника (тоже не бесплатно). Кроме того, была получена посылка из США (Филадельфия) от фирмы Foot Mineral Co, содержащая в частности самородный тантал с Алтая, а также минералы Колорадо и Калифорнии (амазонит, сподумен, кунцит, турмалин и др.). Несколько посылок поступило из Праги от минералогической фирмы V.Frie и одна посылка на сумму 1252 марки из Гамбурга от фирмы Ernst Winter & Sohn, содержащая 25 кристаллов алмаза, отобранных ранее А.Е.Ферсманом.

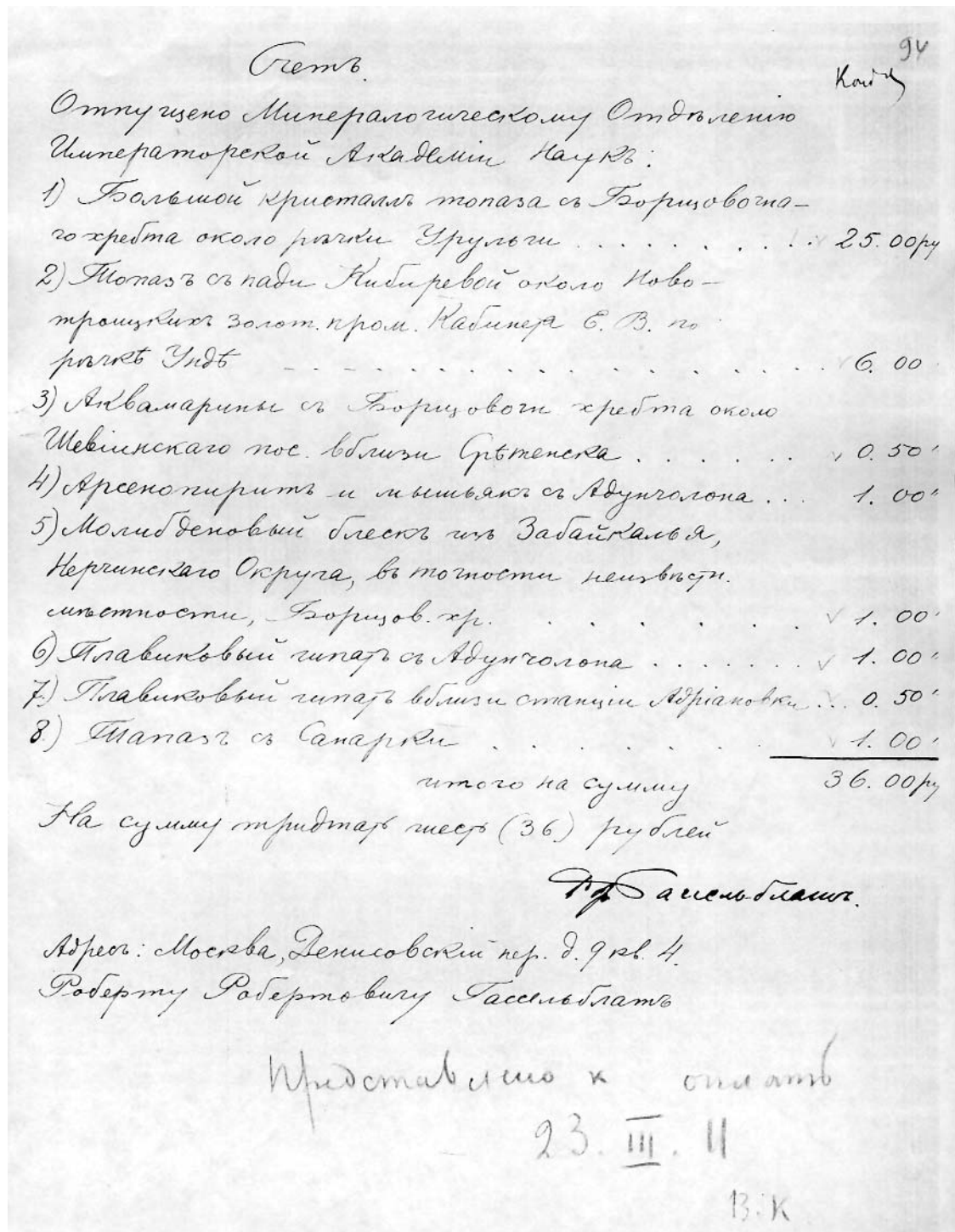


РИС. 1. Счет (на 36 руб.), выставленный московским коллекционером Р.Р.Гассельблатом Музею за 8 образцов с пометкой В.И.Крыжановского об оплате.

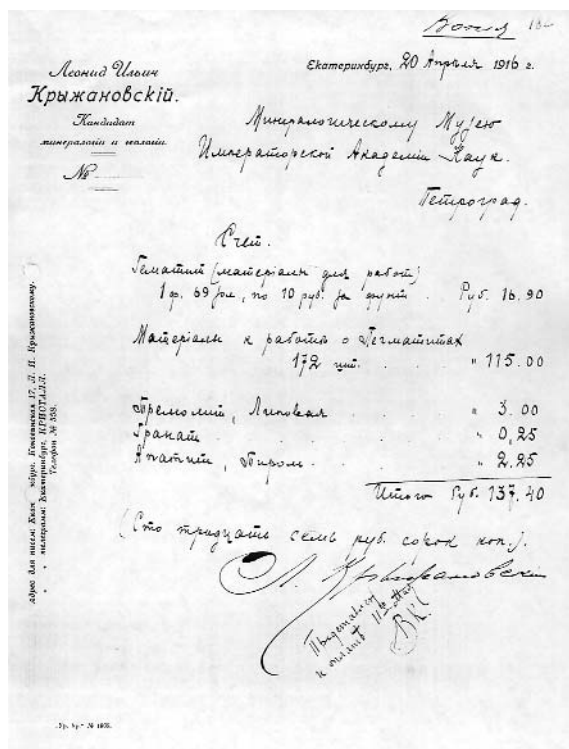


РИС. 2. Счет на 137 руб. 40 коп. от 20 апреля 1916 г., выданный Музею Л.И.Крыжановским, с пометкой В.И.Крыжановского «Представлен к оплате 11-го мая «В.К.»..Крыжановского «Оплачено. 9.XI.11 г., В.К.».

К сожалению, начавшаяся в августе 1914 г. Первая Мировая война прервала эти контакты, и покупка минералов из-за рубежа прекратилась.

Более интенсивно Музей пополнялся в результате поступления российских минералов. Так в 1909 г. после длительных переговоров была куплена коллекция уральского горнопромышленника К.А.Шишковского (100 образцов за 4000 рублей). В то время Музей имел достаточно средств для этого. Помимо денег, выделяемых Музеем ежегодно Академией Наук, на счету музея имелось 200 000 руб., завещанных покойным В.И.Воробьевым на развитие Музея и приобретение минералов. Коллекция Шишковского была куплена на проценты с указанной суммы.

Дополнительные средства были выделены Музеем в 1912 г., когда Геологический музей им. Петра Великого был переименован в Геологический и Минералогический музей им. Петра Великого. Были расшире-

ны и штаты Музея. Старшим ученым хранителем Минералогического музея становится А.Е.Ферсман. В том же году в Вене была приобретена коллекция П.А.Кочубея, включающая около 2600 образцов, в том числе 300 уникальных. Деньги в сумме 169869 руб. были выделены для этой цели царским правительством.

Из многих минералогических фирм России наиболее тесно Музей сотрудничал с Уральской минералогической конторой Л.И.Крыжановского в Екатеринбурге. С 1911 по 1917 гг. эта контора направила в Музей около сотни ящиков (около 6000 кг) на сумму 4527 руб.

От Уральского Общества Любителей Естествознания за это же время поступило 8 ящиков на сумму 246 руб. Небольшие покупки (на 30 – 40 руб.) были сделаны у других фирм и частных коллекционеров: А.Вя-

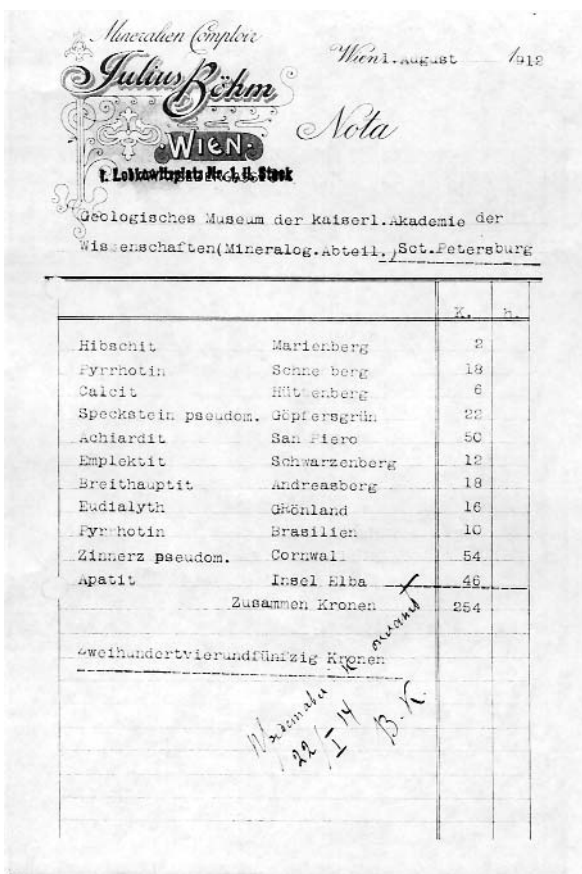


РИС.3. Счет-фактура от 12 августа 1912 г. австрийской минералогической конторы Julius Bohm с пометкой В.И.Крыжановского «Представить к оплате. 22.01.14 г., В.К.»

COMPTOIR MINÉRALOGIQUE & GÉOLOGIQUE SUISSE
 Téléphone N° 2832 GREBEL, WENDLER & C^s Télégr.: Minéralis
 GENEVE - 3, Cours des Bastions, GENEVE -

3 PREMIERS PRIX Exposit. Pétrole Santiago, Chili
 Musée des Sciences Naturelles, Auch, Toulouse
 GRAND PRIX Exposit. Internationale, Hayti, Van

Mineralogisches Museum der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften
 St. P. t. e. u. r. s. l. u. c. k.
 Genève, le 12 Februar 1912

Pyromorphit, radioaktiv, Grury, Saône et Loire, Frankreich	7.--
Autunit, St. Symphorien de Maragnac, bei Autun, Saône & Loire	30.--
" " Sabagul, Portugal	49.50
" " " " " " " "	14.--
" " " " " " " "	6.--
" " " " " " " "	12.--
" " " " " " " "	22.--
Torbernit, " " " " " " " "	4.50
Turnerit, Badagatsch bei Vals, Graubünden	22.50
Torbernit, Schönlicht bei Marienbad, Böhmen	12.--
Gehlenit, Honzori, Fassaatal, Tirol	75.--
" " " " " " " "	1.75
Orthoklas & Albit, Striegau, Schlesien	5.--
Albit, Orthoklas & Quarz, Striegau, Schlesien	1.50
Demia & Epidot, Striegau, Schlesien	1.50
Pennin auf Albit, " " " " " "	18.--
Uranerzit & Wäterspat, Gjerstad bei Risør, Norwegen	9.--
Fergusonit, " " " " " " " "	4.--
" " " " " " " "	6.--
" " " " " " " "	9.--
Risørnit, Gryting, Gjerstad bei Risør, Norwegen	3.50
Xonotit, Narestø bei Arendal, Norwegen	2.--
Kryolith & radioaktiver Fluorit, Svågut, Grönland	12.50
Asseblainiere, Grube Veuves, Thassos, Türkei	3.50
Chalcofanit, Sterling Hill, New Jersey	2.--
Tantalit, Greenbusches, Australien	2.--
Francs 250.--	

Handwritten note: Предать к оплате 22.01.14 г. В.К.

Рис. 4. Счет-фактура от 12 февраля 1912 г. швейцарской минералогической фирмы GREBEL, WENDLER & Co с пометкой В.И.Крыжановского «Предать к оплате, 22.01.14 г. В.К.».

MINERALIEN-COMPTOIR
JULIUS BÖHM
 WIEN
 I., Lobkowitzplatz Nr. 11. Stock
 Telephone Nr. 1150/1151 Nach VIII
 Postsparkassenkonto Nr. 83926
 □□□□

Wien, 32 19

2. Blatt Uebertrag Kron. 387.--

✓ Uranit	Cornwall	K. 36.--
✓ Uranothallit	Joachimstal	" 25.--
✓ Walspurgin	Schneeberg	" 20.--
✓ Zeunerit	dtto	" 40.--
✓ Eliasit	Johanngeorgenst.	" 20.--
✓ Autunit	Redruth	" 36.--
✓ Johannit ect.	Joachimstal	" 26.--
✓ Carnotit	Colorado	" 5.2
✓ Ullmannit	Masalon	" 120.--
Zusammen Kronen 8str. Wrg.		715.--

Handwritten note: Взято на 262 Крон
 Datum: 9. XI. 117.
 B. K.

Рис. 5. Счет-фактура австрийской минералогической конторы Julius Böhm с пометкой В.И.Крыжановского «Оплачено. 9.XI.11 г., В.К.».

184
 Леонид Ильич Крыжановский.
 Екатеринбург, 25 февраля 1912 г.
 Минералогическому Музею Императорской Академии Наук.
 Петербург.

№ 129

Императорскому Государю,
 Пошлю Вам счет и две копии к нему на сумму Руб. 202.66

Я счел возможным поместить в один счет минералы выбранные Вами Музеем из моих посылок в разное время. Я не ввел в этот счет АМФИБОЛА из последней посылки, так как незнаю который из двух выбран Вами. На основании Вашей просьбы продать Вам ИШТЕН-ПАРИЗИТ по возможности дешево, я счел возможным мою прежнюю цену 25 коп. грамы уменьшить до 18 коп. Малые куски я могу продавать Вам по 10 коп. за грамы.

Считаю долгом уведомить Музей, что сумму 123 руб по предыдущему счету я получил, тогда как сумму в Руб 52, проведенную еще 21 Января сего года, я до сих пор не получил. Допуская возможность ошибки в назначении перевода, нахожу не лишним уведомить Вас об этом ненормальном явлении.

За быструю оплату настоящих счетов буду весьма признателен.

О совершенном почтением
Л.И. Крыжановский

Рис. 6. Письмо № 129 Л.И.Крыжановского от 25 февраля 1915 г. в Минералогический музей Имперской Академии Наук.

чеслов и К^о (Санкт-Петербург), Р.Р.Гассельблат (Москва), М.И.Рингс (Пермь) и др.

Большое количество материала поступало в Музей в результате собственных сборов (поездки А.Е.Ферсмана и В.И.Крыжановского по Среднему и Южному Уралу). Так Л.И.Крыжановский в письме в Музей от 27 сентября 1912 г. пишет, что «один из посланных ящиков весом 4 пуда 7 фунтов, заключает в себе минералы, собранные Ферсманом и Крыжановским во время их летней экскурсии». Небольшое количество образцов поступило в виде подарков. Так, в том же письме Л.И.Крыжановский отмечает, что «в одном ящике — коллекция, приносимая много в дар Музею по Изумрудным копиям г. Кузнецова, находящимся в 220 квартале Березовой дачи».

Поступали дары от горных инженеров, студентов, управляющих рудниками и коллекционеров. Однако основным источником пополнения фондов разнообразным материалом являлось приобретение минералов у западных фирм и российских коллекционеров.

УДК 069:549

А.Е. ФЕРСМАН В МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Т.М.Павлова

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН, Москва, pavlova@fmm.ru

Показана роль академика А.Е.Ферсмана в деле становления и развития Минералогического музея РАН, как самостоятельной научно-исследовательской организации нового типа.

Фото, список литературы из 8 названий.

*«Я сделался страстным минералогом,
когда мне было только шесть лет.»
А.Е.Ферсман*

В 2003 году мы будем отмечать сто двадцать лет со дня рождения академика Александра Евгеньевича Ферсмана.

«Первая половина XX века блистала именами замечательных ученых, прославивших русскую и советскую науку. Среди них одно из первых мест принадлежит выдающемуся геохимику и минералогу, крупному организатору советской науки...академику Александру Евгеньевичу Ферсману. Среди его современников можно найти равных ему по научному таланту, но едва ли можно назвать другого ученого, в котором большая одаренность так органично сочеталась бы с невероятной работоспособностью, общественная деятельность — с практической работой в области минерального сырья, научные исследования — с популяризацией». Так писал в своей книге о Ферсмане А.И.Перельман (Перельман, 1968).

Жизнь и деятельность А.Е.Ферсмана была тесно связана с Минералогическим музеем. Многочисленные экспедиции под его руководством обогатили коллекции Музея; широта научных интересов отразилась в направлениях тематических научно-исследовательских работ коллектива сотрудников: пегматиты Урала, Средней Азии, Забайкалья и Хибин; минералогия алмаза; яшмы и драгоценные камни; минералы гипергенеза...

Родился А.Е.Ферсман 8 ноября 1883 г. в Санкт-Петербурге. В 1901 — 1903 гг. учился на физико-математическом факультете Новороссийского университета. Продолжил свое образование в Московском университете (1903 — 1907 гг.), где под руководством В.И.Вернадского проводил минералогические исследования. Путь в большую науку начал в детстве, когда шестилетним мальчиком стал собирать свою первую коллекцию минералов в окрестностях селения Тотай-



*Академик А.Е.Ферсман в своем рабочем кабинете.
Москва. Июнь 1941 года*

кой (ныне Ферсманово) в Крыму, где семья проводила каждое лето.

Любовь к камню во всех его проявлениях, страсть к коллекционированию минералов с годами переросли в серьезные научные интересы, размах которых охватил обширную область естествознания, истории и культуры. «Вся моя жизнь и дальнейшая работа определились этими детскими забавами: вместо заботы о маленькой личной коллекции появились заботы о большом государственном музее с мировым именем...» писал о себе позднее А.Е.Ферсман (Ферсман, 1975). Это — Минералогический музей Российской Академии Наук, директором которого Александр Евгеньевич был с 1919 по 1945 годы и который затем получил его имя.

В студенческие годы в Московском университете Ферсман ведет активную научно-исследовательскую работу. В этот период Владимир Иванович Вернадский, возглавлявший кафедру минералогии, «создает представление о рассеянном (не минеральном) состоянии вещества в природе... Вернадский закладывает основы геохимии — науки, изучающей историю химических элементов в земной коре...» (Перельман, 1968). Благодаря своему таланту и широте познаний в области химии и физики А.Е.Ферсман проникается передовыми идеями своего учителя и включается в разработку новой науки. Серьезные научные исследования не помешали молодому ученому приобщиться к музейной работе: в 1909 году он приглашается на должность ассистента при Минералогическом кабинете университета, где занимается описанием минералов и систематизацией коллекций. В этом же году его избирают действительным членом Всероссийского минералогического общества и награждают золотой медалью имени А.И.Антипова* за работы по минералогии. В 1910 г. в возрасте 27 лет А.Е.Ферсман был избран профессором минералогии Народного университета им. А.Л.Шанявского, в стенах которого впервые в мире прочитал курс новой науки — геохимии (Перельман, 1968).

В 1911 г. В.И.Вернадский переезжает из Москвы в Петербург и с 1912 г. приступает к работе в Геологическом музее им. Петра Великого Императорской Академии наук, директором которого был академик Ф.Н.Чернышев (он же возглавлял Геологическое отделение Музея). Ферсман также покидает Москву и в конце 1912 г. занимает должность старшего хранителя Минералогического отделения, которым руководил академик В.И.Вернадский. Эти два крупных отделения фактически представляли собой два музея, каждый из которых имел самостоятельное научное направление. В этом же году было принято решение о переименовании Музея в «Геологический и Минералогический музей имени Петра Великого», который стал единственным учреждением Академии, объединившим геологические науки. Начинается качественно новый этап в развитии Музея: создаются новые лаборатории — химико-минералогическая, спектрального анализа, и проводящиеся в них исследования дают интересные научные результаты. «С течением времени, развиваясь и расширяя тематику, эти лаборатории дали начало всем минералогическим, а позднее и геохимическим учреждениям Академии На-

ук» (Барсанов, Корнетова, 1989). А.Е.Ферсман вместе с академиком В.И.Вернадским — один из организаторов и непосредственных исполнителей этих грандиозных замыслов. С этого времени жизнь и работа Александра Евгеньевича неразрывно связаны с Музеем.

В 1914 г. директором Геологического и Минералогического музея имени Петра Великого назначается академик В.И.Вернадский. Он организует ряд экспедиций, сборы которых пополняют минералогические коллекции. При активном участии Ферсмана из фондов формируется большая систематическая коллекция; коллекции месторождений, природных кристаллов, псевдоморфоз и форм минеральных агрегатов, а также коллекция метеоритов. В составе Уральской экспедиции вместе с В.И.Вернадским и В.И.Крыжановским Ферсман посетил Ильменские горы, а затем — район Мурзинки. Эта поездка окончательно определила интерес молодого ученого к пегматитам и самоцветным камням. С 1912 по 1916 г. он опубликовал более ста статей и заметок, «удивляя всех живостью изложения, широтой кругозора и плодотворностью» (Перельман, 1968). В эти годы Ферсман заявил о себе, как о незаурядном популяризаторе науки.

В 1915 г. для решения проблемы создания сырьевой базы страны при Академии наук создается Комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), ученым секретарем которой назначается А.Е.Ферсман. Начинается работа по сбору и оценке данных по месторождениям полезных ископаемых; во вновь созданных лабораториях Музея изучается вещественный состав руд с целью получения химико-технологических данных о способах извлечения полезного компонента. Организуются экспедиции в различные районы России (Крым, Средняя Азия, Забайкалье, Урал, Алтай, Монголия и др.), к участию в которых привлекаются сотрудники Музея. За счет этих поездок активно пополняются минералогические фонды Музея, объем которых к 1917 г. возрастает до 25 тысяч образцов.

Во вновь созданном ВСНХ (Высший Совет Народного Хозяйства) Ферсман и другие крупные ученые обсуждают вопросы планирования науки по-новому: приоритетным становится постановка и решение крупных проблем, имеющих народно-хозяйственное значение. Вся эта колоссальная по объему общественно-научная и организаторская деятельность параллельно с научными исследованиями проходила на фоне

* Антипов Алексей Иванович (1833–1909) — русский исследователь-геолог и горный инженер, крупный деятель горно-рудной промышленности.

работы в должности старшего ученого хранителя Минералогического музея.

В феврале 1919 г. в возрасте 35 лет А.Е.Ферсман избирается действительным членом Академии по Отделению физико-математических наук. В «Записке об ученых трудах профессора А.Е.Ферсмана», составленной академиками В.И.Вернадским и А.П.Карпинским, есть такие строки: «В лице А.Е.Ферсмана наша страна имеет одного из наиболее талантливых минералогов, прекрасного знатока минералов вообще, энергичного исследователя... минералов в различных направлениях, выясняющих их близкое отношение к другим отраслям знаний, их генезис и их роль в области, отмечаемой теперь иногда названием геохимия» (Перельман, 1968).

С назначением в 1919 г. на пост директора академик А.Е.Ферсмана начался качественно новый этап в развитии Музея. Наряду с чисто музейной работой (пополнение минералогических коллекций, изучение фондового материала, создание новых тематических выставок) главной задачей коллектива Музея он считал организацию научно-исследовательских работ, создание современной лабораторной базы для изучения вещества точными методами. В рамках КЕПС еще больший размах получили региональные исследования по изучению минеральных ресурсов страны: были организованы крупные экспедиции на Кольский полуостров, Памир, в Восточную Сибирь и европейскую часть России.

С 1921 г. в Музее регулярно работает Минералогический кружок («Ферсмановские четверги»). Среди слушателей кружка были Ф.Ю.Левинсон-Лессинг, Д.С.Белянкин, С.М.Курбатов и другие. «Кружок А.Е.Ферсмана сыграл, безусловно, большую роль в развитии нашей минералогической и геохимической науки. Он явился своеобразным университетом для нас, молодых геохимиков, поскольку в те годы кафедр геохимии нигде не было... Поэтому мы, геохимики, очень ценили доклады А.Е.Ферсмана, узнавая из них о состоянии геохимии у нас и за рубежом ...» — вспоминал А.А.Сауков (Сауков, 1965). Традиция проведения научных собраний в духе «Ферсмановских четвергов» существовала в Минералогическом музее до 1975 года в виде «Научных чтений имени академика А.Е.Ферсмана». После закрытия здания Музея на реставрацию они проходили в ИГЕМе АН СССР.

Для проведения научно-исследовательских работ на современном уровне в Му-

зей приглашаются молодые сотрудники: Б.М.Куплетский, В.И.Влодавец, Д.И.Щербатов, И.Д.Борнеман-Старынкевич, Э.М.Бонштедт-Куплетская, Н.Н.Гуткова, Е.Е.Костылева, А.Н.Лабунцов и другие. «Предвидя огромное значение для развития минералогии изучения вопросов кристаллохимии, физики твердого кристаллического тела, а также большие перспективы использования кристаллов в промышленности, А.Е.Ферсман создал соответствующие исследовательские ячейки в Музее и привлек к работе крупных специалистов других научных учреждений — А.В.Шубникова, позднее Г.Г.Леммлейна и Н.В.Белова» (Барсанов, Корнетова, 1989).

Наряду с многоплановой научно-организаторской деятельностью А.Е.Ферсман продолжает исследование драгоценных камней. В 1919 г. в КЕПС он начал читать лекции о самоцветах, которые были опубликованы под названием «Самоцветы России», в 1920 г. вышла в свет монография «Драгоценные и цветные камни России». В этой работе поражает широта постановки вопроса: от описания месторождений драгоценных камней, их минералогии и геохимии, до истории обработки камня, его роли в развитии культуры.

В последующие годы коллекции Музея активно пополняются. По инициативе Ферсмана из Государственных фондов дворцового имущества и из дублетного фонда Эрмитажа передаются собрания поделочных и драгоценных камней, многочисленные изделия из камня. Поступают и частные коллекции (В.А.Июсса, Е.О.Романовского, Странгановых и Балашевых, М.Ф.Норпе и др.).

Широта научных интересов А.Е.Ферсмана определила новые масштабные направления в развитии научно-исследовательской работы Музея. В связи с ростом фондов за счет многочисленных экспедиций, появлением новых выставок и экспозиций (процессы минералообразования, минеральные парагенезисы, поделочные и драгоценные камни), расширением лабораторной базы, Музею предоставляется новое здание и в 1925 г. происходит разделение Геологического и минералогического музея на два самостоятельных: Геологический музей Петра Великого и Минералогический музей АН СССР. В том же году к 200-летию юбилею Академии наук состоялось торжественное открытие Музея и был возобновлен выпуск научного сборника в новой редакции «Труды Минералогического музея АН СССР» (Годовиков, 1989).

Большое значение Ферсман придавал воспитанию молодых научных кадров и повышению теоретического уровня научно-исследовательских работ. В 1925 г. Общее собрание Академии наук рассмотрело вопрос об учреждении института практикантов при академических музеях. Подготовку научных кадров для учреждений Академии должны были осуществлять Геологический, Минералогический, Зоологический и другие музеи. В 1929 г. в этих музеях была создана аспирантура: контингент аспирантов и правила их приема определяла специальная комиссия, в состав которой входили, в частности, академики А.Е.Ферсман и А.Ф.Иоффе (Комков и др., 1977).

На 20 – 30-е годы приходится расцвет научно-просветительской деятельности А.Е.Ферсмана. Он пишет статьи и научно-популярные книги по минералогии и геохимии, рассказывает о своих путешествиях. Огромным успехом пользовались «Занимательная минералогия» и «Занимательная геохимия», сыскавшие ему славу классика научной популяризации.

Особое место в жизни Александра Евгеньевича заняла так называемая Хибинская эпопея, «сыгравшая огромную роль в развитии геохимии, и в создании школы геохимиков и минералогов, и, что самое важное, в создании нового промышленного центра за Полярным кругом» (Перельман, 1968). С 1920 по 1926 гг. он был начальником ежегодных экспедиций на Кольский полуостров. К этой работе Ферсман привлек своих учеников, сотрудников Минералогического музея. В 1926 г. в Хибинах были открыты коренные месторождения апатита, в 1930 г. из района Монче-Тундры отряд Ферсмана привез первые образцы сульфидно-никелевых руд. В ходе комплексного изучения минералогии Хибинского массива были выявлены геохимические закономерности размещения залежей апатитовых руд, связанных со щелочными магмами. Первые результаты исследований были опубликованы в коллективном труде под редакцией академика А.Е.Ферсмана – «Хибинские апатиты» (1922 г.).

Придавая большое значение музейной работе (пополнение и систематическое изучение фондов, создание экспозиций и выставок, отражающих последние достижения минералогии того времени), Александр Евгеньевич направлял деятельность научно-коллектива на решение серьезных задач народно-хозяйственного значения; приоритетным направлением было комплексное

изучение минерально-сырьевой базы страны с привлечением современных методов исследования вещества. «А.Е.Ферсман не только научно и организационно возглавил развитие Музея по этому пути, но и понял необходимость естественного развития на его базе новых научных институтов минералого-геохимического профиля» (Барсанов, Корнетова, 1989). Для этого в 1930 г. был организован Институт минералогии и геохимии АН СССР, директором которого был назначен академик А.Е.Ферсман. Заведующим Музеем, вошедшим в институт на правах отдела, становится В.И.Крыжановский – сподвижник Ферсмана, на плечи которого ложится вся тяжесть музейной работы. Александр Евгеньевич осуществляет общее руководство и продолжает свою научную деятельность: заканчивает многолетний труд о пегматитах. Он рассматривает эти образования как продукт эволюции магматического расплава. Предложенная им систематизация пегматитов основана на представлениях о генезисе минералов, на результатах изучения состава и структуры пегматитовых тел, их минералогии и геохимии. Первый том монографии «Пегматиты» был опубликован в 1931 г. Через год вновь созданный институт преобразуется в Институт геохимии, минералогии и кристаллографии им. М.В.Ломоносова АН СССР (ЛИГЕМ), его директором остается Ферсман (Годовиков, 1989).

В 1934 г. Музей в составе ЛИГЕМа вместе с другими учреждениями Академии наук переезжает из Ленинграда в Москву и занимает помещение манежа бывшего Нескучного дворца графа Алексея Орлова. Проходит реконструкция здания и ремонт. К этому времени фонды Музея насчитывают более 80 тысяч единиц хранения. В результате очередной реорганизации в системе Академии Наук в 1937 г. на здании Музея по Большой Калужской появляется вывеска «Геологический музей имени академика А.П.Карпинского». Юридический статус прежний – музейный отдел теперь уже в составе Института геологических наук (ИГН АН СССР – бывший ЛИГЕМ). Фактически Музей оставался самостоятельным научно-исследовательским учреждением Академии Наук: после переезда в Москву он был разобщен с Институтом территориально, имел свое направление в научной и музейной работе.

К открытию XVII Международного геологического конгресса (Москва, 1937г.) в Музее были завершены работы, связанные

с размещением экспозиций в новом здании, созданы новые тематические выставки: «Полезные ископаемые СССР», «Новые месторождения, открытые в СССР за годы Советской власти». Особо следует отметить, что «совершенно новым научным достижением явилась проведенная впервые у нас в стране разработка принципов экспозиции геохимической классификации минералов и создание геохимической выставки по минералогии отдельных элементов. Задача этой выставки заключалась в показе в определенной генетической последовательности истории химических элементов в минералообразующих процессах земной коры» (Барсанов, Корнетова, 1989). В здании Московской консерватории, где проходили заседания конгресса, силами сотрудников Музея и Института геологических наук была организована выставка, демонстрировавшая минеральные богатства страны. Для этого из многих разведанных месторождений и рудников были присланы ценные образцы минералов, руд и поделочных камней. После закрытия выставки эти материалы были переданы Музею. Вся эта огромная работа проходила под руководством и при непосредственном участии академика А.Е.Ферсмана, избранного Генеральным секретарем XVII МГК.

В годы Великой Отечественной войны часть наиболее ценных в научном и материальном отношении коллекций Музея была эвакуирована на Урал. А.Е.Ферсман по требованию Президиума АН СССР покидает прифронтовую Москву и едет в Свердловск, где «организует работы по мобилизации ресурсов Урала на оборону, ...проводит различные совещания, объезжает города и рудники» (Перельман, 1968).

8 ноября 1943 г. А.Е.Ферсману исполнилось 60 лет. За выдающиеся заслуги в области развития геологических наук и в связи с сорокалетием научной деятельности он был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Лондонское Минералогическое общество вручило юбиляру как наиболее выдающемуся минералогу медаль Волластона, выбитую из металла палладия.

Возвращение научных учреждений Академии Наук из эвакуации началось в 1944 г. Тогда же были перевезены в Москву и коллекции Музея: началась кропотливая работа по восстановлению экспозиций и приведению в порядок фондов. В 1942 г. академик А.Е.Ферсман был назначен директором Института геологических наук АН СССР. С этого момента он отошел от непосредствен-

ного руководства Музеем, но продолжал его курировать: под его руководством были намечены перспективы дальнейшей научной работы музейного коллектива, определены тематики новых выставок и экспозиций. Восстановление Музея после эвакуации было закончено в сжатые сроки и 1 июля 1944 г. он был открыт для публики.

В январе 1945 г. в возрасте 82 лет скончался академик В.И.Вернадский. Ферсман тяжело переживал смерть своего учителя. Александр Евгеньевич начал работать над очерком о жизни и деятельности В.И.Вернадского, но быстро ухудшающееся состояние здоровья не позволило ему закончить этот труд (Перельман, 1968).

Александр Евгеньевич Ферсман скончался 20 мая 1945 г. в Сочи. Похоронен в Москве на Новодевичьем кладбище. Директором Минералогического отделения Геологического музея имени академика А.П.Карпинского был назначен профессор Владимир Ильич Крыжановский.

В 1948 г. Минералогический музей АН СССР был выделен в качестве самостоятельного научно-исследовательского учреждения в системе Академии Наук и в 1955 г. ему было присвоено имя академика Александра Евгеньевича Ферсмана.

Трудно переоценить вклад А.Е.Ферсмана в становление и развитие Минералогического музея как научно-исследовательской организации нового типа. Он считал, что «современные минералогические собрания должны отвечать не столько ... задачам подъема любви к изучению природы, они должны соответствовать последним научным путям и их достижениям. С музейной точки зрения вопросы нового геохимического обследования земной коры требуют... своего собственного систематического расположения, новой оценки тех объектов, которые должны находиться в таком музее...» (Ферсман, 1925).

Авторские коллекции А.Е.Ферсмана, записанные в основной фонд Музея, насчитывают более трех тысяч образцов минералов из месторождений России и зарубежных стран. «Его коллекции, охватывающие минералогию в исключительной широте, выявляют Александра Евгеньевича не только как истинного любителя и знатока минералов, не только как неутомимого путешественника, исследователя новых мест, новых земель, но как мыслителя, как глубокого ученого, как автора многих научных работ...» — писал В.И.Крыжановский в 1946 году (Крыжановский, 1965).

В Минералогическом музее создан мемориальный кабинет академика А.Е.Ферсмана, включающий в себя часть обстановки рабочего кабинета ученого, располагавшегося в квартире на Сретенском бульваре в Москве, где Александр Евгеньевич провел последние годы жизни. В экспозиции кабинета представлены его личные вещи (письменный прибор, очки, рюкзак, геологический молоток и другие); научная библиотека; развернута выставка печатных трудов. В Музее хранится рабочий машинописный архив и фотодокументы о жизни и деятельности ученого. Все эти материалы были переданы в дар Минералогическому музею вдовой академика — Екатериной Матвеевной Ферсман (1903 — 1980).

В настоящее время Минералогический музей имени академика А.Е.Ферсмана РАН насчитывает в основном фонде более 130 тысяч образцов и входит в число пяти крупнейших минералогических музеев мира.

Литература

- Барсанов Г.П., Корнетова В.А.* История развития Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана АН СССР за 270 лет (1716 — 1986) // Старейшие минералогические музеи СССР. М.: Наука, **1989**. С.9 — 52.
- Годовиков А.А.* Основные хронологические даты в истории Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана АН СССР // Старейшие минералогические музеи СССР. М.: Наука, **1989**. С. 53 — 71.
- Крыжановский В.И.* 90 коллекций // Александр Евгеньевич Ферсман. Жизнь и деятельность. М.: Наука, **1965**. С. 221 — 230.
- Комков Г.Д., Левшин Б.В., Семенов Л.К.* Академия наук СССР. Т.2. М.: Наука, **1977**. 476 с.
- Перельман А.И.* Александр Евгеньевич Ферсман. М.: Наука, **1968**. 293 с.
- Сауков А.А.* Вспоминая пережитое... // Александр Евгеньевич Ферсман. Жизнь и деятельность. М.: Наука, **1965**. С. 133 — 153.
- Ферсман А.Е.* Занимательная минералогия. СПб.: Детская литература, **1975**. 237 с.
- Ферсман А.Е.* Задачи геохимии и минералогического музей Академии наук // Природа. № 7\9. С. 65 — 80.

УДК 549:069(1)

ВКЛАД А.Е.ФЕРСМАНА В СИСТЕМАТИЧЕСКУЮ КОЛЛЕКЦИЮ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

В.Д.Дусматов

Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана РАН, Москва, dusmatov@fmm.ru

Описана география минералогических сборов А.Е.Ферсмана, включающих образцы, переданные им в Систематическую коллекцию Минералогического музея Российской Академии Наук.

Список литературы из 4 названий.

«...Камень владел мною, моими мыслями,
желаниями, даже снами...»
А.Е.Ферсман

Александр Евгеньевич Ферсман в течение полувекового периода своей научной деятельности после каждой поездки в любой район России и Европы привозил интересный минералогический материал, который сдавал главным образом в Минералогический Музей Российской Академии Наук. Кроме того, его коллекции сдавались им в Университет им. Шанявского, Симферопольский музей, Московский университет. Он вел большую работу по обмену минералами с различными учеными и музеями других стран. Анализу его деятельности в этом направлении посвящена единственная работа В.И.Крыжановского (Крыжановский, 1965), проработавшего с А.Е.Ферсманом в Минералогическом музее очень длительное время. Поучительная хроника его поездок начинается с детства.

С шестилетнего возраста почти каждый год Александр Евгеньевич принимал участие в путешествиях с родителями, во время которых он собирал минералы в Крыму, на Кавказе, Черноморском побережье, в Турции, Греции, Италии, Франции, Швейцарии, Чехии, Германии, Австрии.

Вспоминая эти годы, А.Е.Ферсман писал: «... увлекся я минералогией в своеобразных условиях горного Крыма, среди научных интересов научной семьи; еще семилетним мальчиком, впервые получив в подарок прекрасную минералогическую коллекцию, я увлекся камнем, и вплоть до 1912 г. занимался собиранием минералогической коллекции, которую потом передал в Народный Университет им. Шанявского, первым деятелем по минералогии которого я был...» (Ферсман, 1927).

Студентом Московского университета им. М.В.Ломоносова с 1905 г. он посещал карьеры Подольска, каменоломни Дорогоми-

лово, обнажения Хорошево и Мячково. В подольском карьере он нашел палыгорскит.

Самые ранние самостоятельные научные сборы минералов А.Е.Ферсман начал на Эльбе в 1908 г. Об этом периоде он писал: « впервые я увлекся самоцветами, когда судьба занесла меня на далекий остров Эльбу. Здесь, среди ласкающей природы Средиземного моря, дивный розовый турмалин так прекрасно гармонировал с серой гранитной породой, а сверкающий красный гематит своим блеском слепил глаза» (Ферсман, 1974). С острова Эльбы Александр Евгеньевич привез самую большую коллекцию образцов, преимущественно из пегматитов, эти образцы он изучал и описывал в течение пяти лет и в 1913 г. сдал в Минералогический музей (колл. 1069 = 166 образцов).

Будучи за границей в 1909 г., он изучал кристаллографию алмаза совместно с М.Гольдшмидтом. В процессе изучения он приобретал алмазы в различных магазинах, так как посещать самому непосредственно месторождения не представлялось возможным. За это время он приобрел алмазы и карбонады из Бразилии, черные алмазы из немецких владений Африки – Jagersfontein (Ягерсфонтейн) и обычные – из Luderitz Bay (колл. 562 = 18 обр.).

Во время поездки в Таврическую губернию (Крым, 1909 г.), совмещая отдых в имении своего родственника Э.А.Кесслера со сбором минералов в окрестностях Симферополя, Александр Евгеньевич посетил каменоломни в Курцах и Чешмедуси, где отобрал анальцит, гейландит, пренит, леонгардит, велшит (вельсит), изучением которых он занимался ранее (колл. 561 = 13 обр.).

В мае 1911 г. Александр Евгеньевич проводил экскурсии со студентами в Подмосковье – Подольск, Цементный завод, Ратовка – Никитское (г. Верепекту), где попутно отобрал *ратовкит*¹ (землистый флюорит), кварц, *ферриаллофан*, *шанявскит*, берау-

¹ Курсивом обозначены названия минералов, данные А.Е.Ферсманом, но в настоящее время не имеющие статуса минерального вида. В скобках – принятые названия минералов.

нит, кальцит и, конечно, свой любимый палыгорскит (колл. 733 = 11 обр.).

В конце 1911 и начале 1912 гг. он закончил один из этапов изучения магнезиальных силикатов, собранных им в Нижегородской губернии, это главным образом палыгорскит и *сферосидерит* (гроздевидный сидерит) из Букловского рудника у Выксы, Великого Врага, г. Горбатов. Кроме того, он передал в Музей сепиолиты, *циллериты* (горная пробка), *церматиты* (спутанно-волокнистый хризотил) из Швейцарии, собранные им самим и присланные В.И.Вернадским (колл. 825 = 25 обр.).

В это же время А.Е.Ферсман закончил изучение купленных ранее с рубжом алмазов и сдал их в Музей. Это были алмазы из Kimberley (Кимберли) и Jagersfontein (Яхерсфонтейн) Южная Африка, а также алмазы Бразилии и из Vinçaga Австрия (колл. 816 = 19 обр.).

Весной 1912 г. В.И.Вернадский, А.Е.Ферсман и инженер-геолог А.Г.Китаев посетили Блюмовскую копь (Южный Урал), из которой добыли 10 пудов самарскита для М.Кюри, работавшей в это время в Париже. Большую помощь им оказал местный горняк Андрей Лобачев, который указал самые богатые зоны.

Позже Императорская Академия командировала А.Е.Ферсмана в составе радиевой экспедиции под начальством академика В.И.Вернадского на Урал с 25 мая по 25 августа 1912 г. для изучения радиоактивных минералов в пределах Пермской, Уфимской, Оренбургской губерний. За это время они посетили Троицкий камень, Каменоломни за р. Турой, Верхотурье и окрестности Женского монастыря. Из этой поездки А.Е.Ферсман сдал в Музей ортиты, биотиты, микроклин, халькопирит (колл. 832 = 5 обр., колл. 835 = 17 обр.).

Осенью 1912 г. В.И.Вернадский и А.Е.Ферсман вместе с А.Г.Китаевым посетили Кочкарские золотые прииски, а также Семеновский прииск. Произвели осмотр монацитов, а по рекам Каменка и Санарка на приисках отобрали голубые эвклазы, аметисты, аквамарины, розовые топазы, горный хрусталь. На Пророко-Ильинском прииске отобрали и частично купили нежно-розовые топазы, в районе Соколиных сопок — берилл.

В этом же году он совместно В.И.Крыжановским посетил Мурзинку: Буженинов лог, Мокрушу, яму Южакова, а также дер. Шайтанку, дер. Калташи и дер. Комарово. В результате поездки они привезли бериллы, турмалин и другие минералы пегматитов

(колл. 844 = 10 обр., колл. 846 = 12 обр., колл. 868 = 15 обр.).

В начале 1913 г. А.Е.Ферсман с А.Сергеевым отобрали *ратовкит* и кальцит у дер. Коротнево и Тющино в Тверской губернии (колл. 1032 = 12 обр.), а с 25 июня по 25 июля 1913 г. он совершил с Б.А.Линденером поездку на Урал, и они посетили Верхотурье, гору Высокую, Лебяжинский рудник, Липовку, Адуй, Алапаевск и др. районы. А.Е.Ферсман успел посетить дер. Решеты и отобрал в габброидах стильбиты в сростании с полевыми шпатами, а у дер.Палкино первичные и вторичные ломонтиты и леонгардиты (колл. 868 = 15 обр.).

Кроме собственных сборов, Александр Евгеньевич купил щетки кальцита, *железный купорос* (мелантерит). Он и Б.А.Линденер в районе Поденного рудника собрали хромиты, уваровиты, халцедоны, *ортиты* (алланиты), серпентины, посетили максимальное количество копей с пегматитами и отобрали большое количество образцов, что дополнило уже имеющуюся в Музее коллекцию минералов Урала (колл. 1043 = 102 обр.).

В 1913 г. А.Е.Ферсман подарил Народному Университету им. Шанявского коллекцию минералов и разборный череп человека из своей личной коллекции, за что 2 апреля 1913 г. Попечительский Совет и правление Университета выразили ему свою благодарность.

Во время посещения Крыма в 1914 г. он во время отдыха отобрал из каменоломни в Курцах, недалеко от дачи Головинского (Кастель), палыгорскит и кальцит, а из района Эски-Орды — *антраконит* (кальцит загрязненный битумом) и *сферосидерит* (колл. 1104 = 12 обр.). Затем в течение июня и июля месяца посетил Урал в пределах Оренбургской губернии: Царево-Александровский прииск, Илецкую Защиту, дер. Ключи, где отобрал и купил минералы. Здесь отметим, что стоимость минералов, согласно записи в дневнике А.Е.Ферсмана, была следующей: турмалин из Савватеева — 1 руб., брукит, топаз из Кочкаря — 4 руб., *родусит* (кроссит), халцедон, турмалин (Шабры), клинохлор и рутил — 21 руб., берилл и *волосатик* (кварц) (Шерловая гора) — 18 руб. (для сравнения — билет в Миасс стоил 2 руб. 40 коп.) (колл. 1169 = 25 обр.). Далее с М.Е.Владимировой с 3 по 16 июля побывал на рудниках Тельковский и Гаревознесенский, где отобрали пирит, *лимонит* и *каолин* (колл. 1170 = 5 обр.). После этого он выехал в Швецию, где посетил главным образом пегматиты Falun (Фалун), Finbo

(Финбо), Skarpo, Uto (Уто), Langban(Лонгбан), Stromsberg, Ytterby (Иттерби) и др. Здесь он собрал очень обширную коллекцию минералов, это в первую очередь гадолинит, фергусонит, петалит, лонгбанит, иттротанталит и остальные минералы пегматитов (колл. 1165 = 45 обр.).

Наконец, сбылась его мечта – он побывал в Забайкалье в 1915 г. В процессе этой поездки Александр Евгеньевич по пути следования посетил Нерчинск у дер. Савватеевой по р. Ургучан, дер. Гутай на р. Чикой, дер. Уточкино по р. Селенга, многие деревни по р. Хилка, Малханский хребет, Усть-Кяхту. Все сборы можно разбить на две группы: первая – минералы пегматитов (колл. 1343 = 66 обр.); вторая – минералы цеолитовой группы (колл. 1344 = 85 обр.). В связи с потребностью России в титане А.Е.Ферсман организовал поиски титановых руд на Урале, а для Музея посетил копи Адуя, Карасье озеро где отобрал эвксенит, ортит, берилл, спессартин (колл. 1341 = 10 обр.). Летом он выкроил время для отдыха и поехал к родным в г. Боровичи, где было имение жены (дер. Прошково). Свой отдых он совместил со сбором минералов в этом крае, здесь в углях он обнаружил сфалерит, галенит, пирит по р. Мста, р. Крупы, возле дер. Великий Порог, дер. Бобровик (колл. 1345 = 25 обр., колл. 1388 = 5 обр.). В 1916 г. Александр Евгеньевич с Владимиром Ивановичем Вернадским поехали на экскурсию на Алтай, они посетили рудники: Риддерский, Змеингорский, Большой разнос, Черепановский, Заводинский, соответственно сборы были представлены в основном сульфидами и их окислами. (колл. 1399 = 25 обр.). По возвращении А.Е.Ферсман с В.И.Крыжановским и Л.А.Куликом в Тверской губернии у дер. Коротнево и дер. Фомино Городище отобрали *ратовкит*, палыгорскит и кварцы (колл. 1494 = 22 обр.), а также образцы из Режевского завода (колл. 1398 = 19 обр.). Чуть позже Александр Евгеньевич посетил Крым; в районе Феодосии (г. Опук) и Карадага (г. Кара-агач) были отобраны сера, кальцит, седалонит (колл. 1398 = 18 обр.).

В связи с интенсивной деятельностью А.Е.Ферсмана, состояние его здоровья ухудшилось, и он приехал в Крым в 1917 г., где в это время находилась его семья. Однако ему поручили по мере выздоровления осмотреть химический завод И.П.Балашова в Саках с целью ознакомления с производством брома и бром-бензила, кроме этого он с профессором П.А.Кашинским посетил Сакское озеро, где отобрал гипсы и галит. После это-

го в окрестностях Феодосии на Лысой горе отобрал стронцианит, кварц и кальцит (колл. 1518 = 10 обр.). С 1918 по 1920 гг. он не выезжал никуда, а занимался чисто организационными делами. Единственные минералы, которые он сдал в Музей, были сульфиды с Урала и купленные ранее пять кристаллов топазов Монголии и розовый флюорит (колл. 1519 = 5 обр. и колл. 1547 = 5 обр.).

В начале 1920 г. была образована правительственная Комиссия по вопросу о дальнейшей судьбе Мурманской железной дороги под председательством А.П.Карпинского, А.Е.Ферсмана и Ю.М.Шокальского, и в мае они поехали в Мурманск; к ним присоединился геолог А.П.Герасимов. На станции Имандра во время вынужденной остановки они сделали рекогносцировочную прогулку, осмотрели породы и минералы, среди которых был найден апатит. На Кандакше собрали минералы пегматитов (колл. 1576 = 5 обр.). Ближе к лету А.Е.Ферсман с Э.М.Бонштедт съездили в Тверскую губернию и по р. Вазузе и р. Держе в районе дер. Лесничина и Высокина отобрали *ратовкит*, кремь и кварц (колл. 1577 = 10 обр.), из ранних сборов у дер. Липовка и Баевка (Урал) А.Е.Ферсман сдал аквамарин, флюорит с циннвальдитом и *факолит* (шабазит) из бассейна р. Селенги (колл. 1578 и колл. 1583 = 3 обр.). Осенью была организована экспедиция в Хибины, положившая начало грандиозному исследованию этого края. Здесь следует обратить внимание на тот факт, что все сборы сдавались в Музей только от имени Хибинской экспедиции независимо от того, кто отобрал материал. Это правило соблюдалось много лет (до 1930 г.), поэтому от А.Е.Ферсмана по Хибинам числится не очень много образцов, хотя лично он собрал очень большой материал. И уже после 1930 г. А.Е.Ферсман сдал из Хибин титаномagnetит, флюорит, титанит, нефелин (колл. 2383, 2455, 2519 = 11 обр.).

В мае 1921 г. КЕПС (Комиссия по изучению естественных производительных сил России), по инициативе В.А.Вернадского, командировала А.Е.Ферсмана на один месяц на Урал для изучения пегматитовых жил и сбора образцов в районе Режевского завода и Изумрудных копей. В этой поездке с ним была Е.Е.Костылева, за это время они посетили Липовку (отобрали воробьевит, топазы, кварц), Люблинский прииск, Сарапулку, Троицкий прииск и др. Попутно посетили асбестовые копи, было отобрано большое количество минералов – часть ушла на изучение, часть попала в Музей (колл. 1599 = 34 обр.).

1925 г. для А.Е.Ферсмана был самым насыщенный экспедициями. Январь – проверка состояния некоторых приисков на Урале: Изумрудные копи, Кыштым, Баженово, Шадринск, Богдановичи. Посещение было двухнедельное, но А.Е.Ферсман нашел время и отобрал некоторые минералы – изумруды, берилл, корунд и другие (колл. 1699 = 10 обр., колл. 2004, 2048, 2250 = 3 обр.).

Два летних месяца он провел в заграничной командировке в Германии и Скандинавских странах. Основная задача – ознакомиться с постановкой научной работы в институтах. За это время А.Е.Ферсман посетил норвежские пегматиты и глетчеры, пегматиты Швеции. За этот короткий срок он организовал, говоря словами Александра Евгеньевича, «большой привоз» образцов (колл. 2018 = 168 обр.), это в два раза больше, чем он привез с Эльбы. Все образцы можно разделить на две группы: первая – гранитные пегматиты преимущественно с района Langesundfiorda (Лангезундфьорда), Крагерое (Крагерере); вторая – щелочные пегматиты Норвегии. Сбор минералов по щелочным породам позволил в дальнейшем найти многие минералы и в Хибинах. В 1928 г. добавил к переданному ранее материалу по Норвегии *оранжит* (торит), криолит, ксенотим, циркон, физелиит (колл. 2275 = 10 обр.).

После приезда А.Е.Ферсман побывал в командировке на радиоактивных проявлениях Карелии, Кыштымской группе месторождений на Урале и осенью из Ленинграда через Ташкент выехал в Фергану, там вместе с Д.И.Щербаковым посетил радиевое месторождение Тюя-Муюн, серное Шор-Су, цеlestиновое Ляккан и выход кремневых сланцев у сел. Туль. Естественно, основной сбор минералов был специфическим – *узбекиит* (фольбортит), цеlestин, барит, сера (колл. 2065 = 18 обр.).

Этим же годом отмечен прием минералов, которые он отбирал ранее – три изумруда из Nabachtal (Хабахталь, Австрия), семь кристаллов топаза из района Горихо (Монголия) (колл. 2058 = 10 обр.) и цеолиты Забайкалья (колл. 1344 = 24 обр.).

За период с 1925 по 1929 гг. А.Е.Ферсман передал минералы из Сарапулки, Монетной дачи, Кыштыма и других районов Урала (колл. 2044, 2053, 2113, 2198, 2250, 2256, 2324, 3164 = всего 25 образцов).

В 1926 г., проезжая по Военно-Грузинской дороге, он недалеко от ст.Казбек отобрал антимонит и молибденит, а после посещения Мурзинки привез аметисты, корунды, гранаты (колл. 2104 = 21 обр.).

Многokратные посещения Туркмении (1928 – 1935 гг.) дополнили коллекцию Музея образцами серы, гипса, витерита и некоторыми сульфидами (колл. 2252 = 12 обр., колл. 2364 = 16 обр., колл. 2600 = 2 обр., колл. 2653 = 1 обр., колл. 3056 = 3 обр.). В Таджикистане А.Е.Ферсман посетил Табашар, Адрасман и Ляккан, в Киргизии – Куперлисай и Майли-Су и отобрал торбернит, торит, карнотит (колл. 2361 = 4 обр., колл. 3056 = 8 обр., колл. 3065 = 5 обр.).

Александр Евгеньевич в 1927 г. посетил Силезию, главным образом месторождение Стригау (ныне Стшегом, Польша), откуда вывез *стриговит* (разновидность шамозита), дымчатый кварц, сульфиды и др. (колл. 2367 = 30 обр.).

Из Южной Осетии в Лопанском районе в 1931 г. он привез ксонотлит и тальк (колл. 2387 = 2 обр.). На Дзирульском хребте (Закавказье) отобрал гранат (колл. 2415 = 3 обр.).

В этом же году А.Е.Ферсман передал в Музей образцы из Чехословакии – Jachymov (Яхимов), Příbram (Пршибрам), Linnwald, и Германии – Гарц и Саксония (колл. 2525 = 14 обр.).

Трижды Александр Евгеньевич был в Чехословакии (1934, 1936, 1939), преимущественно на лечении, но несмотря на болезнь, он неоднократно ездил на краткие экскурсии по окрестностям Карловых Вар, а также посетил Пршибрам, Сев.Богемию, Моравию, Ремницу и др. На месторождении Jachimov отобрал радиоактивные минералы: уранинит, ципшеит, *ураноталлит* (либегит), купроскладовскит, из других мест были собраны сульфидов, карбонатов, цеолитов, турмалинов (колл. 2744 = 42 обр., колл. 2746 = 35 обр., колл. 2822 = 21 обр.).

За период с 1929 по 1934 гг. от него поступили минералы Забайкалья, преимущественно с Белухи – вольфрамиты, *лавровит* (ванадий-содержащий диопсид), гранат и пирит (колл. 2031, 2329, 2440, 2528 = всего 29 обр.).

А.Е.Ферсман с В.И.Крыжановским в составе небольшой группы совершили в 1935 г. автопробег по Уралу (Ферсман, 1936). Кроме знакомства с промышленными объектами было отобрано небольшое количество минералов, из которых 20 образцов Александр Евгеньевич передал в Музей (колл. 2542, 2600, 2646).

Во время лечения в Кисловодске (1938 г.) он нашел цеlestин в 4 км к югу от Замка «Коварства и Любви» и настолько увлекся сбором минералов, что только одного цеlestина привез 40 образцов, при этом собрал находя-

щиеся в ассоциации с целестином сфалерит, пирит, халцедон (колл. 2807 = 74 обр.).

В Киеве в мае 1939 г. проходила конференция по пегматитам Украины. А.Е.Ферсман с группой своих соратников – Е.Е.Костылевой, К.А.Власовым, В.И.Герасимовским и В.В.Щербиной приняли активное участие как в самом совещании, так и в экскурсии на пегматиты Волини – Володарск-Писаревка около Житомира (Коростеньский плутон) и пегматиты по р. Тетерву в районе сел. Шумск. После Киева он посетил Монче-тундру (Кольский полуостров) и отобрал пентландит и пирротин (колл. 2907 = 8 обр.).

В 1940 г. после автомобильной поездки на месторождение Тырнауз, р.Малку на Кавказе и месторождения в Средней Азии – Адрасман, Майлисай и Уйгурсай – Александр Евгеньевич привез туюмунит и сульфиды (колл. 3065 = 17 обр.).

Из большой экспедиции по осмотру Печоро-Ухтинских месторождений в 1940 г.

(колл. 2994) он привез некоторые минералы – аметист, анальцит, кальцит и другие.

Это были последние поступления минералов в Музей от Александра Евгеньевича. С 1941 по 1945 гг. из-за войны и плохого здоровья он занимался в основном обобщением материалов по минерально-сырьевой базе страны, являющейся стратегическим сырьем для нужд обороны.

В настоящее время в пределах Систематической коллекции Минералогического музея РАН за Александром Евгеньевичем числится 102 тематические коллекции, включающие 304 минеральных вида и их разновидности (1658 образцов).

Всего в фондах Музея зарегистрировано свыше 3000 образцов, переданных лично А.Е.Ферсманом.

В заключение, автор выражает признательность М.Е.Генералову и Е.А.Борисовой за помощь в подготовке и написании данной работы.

География минералогических сборов А.Е.Ферсмана

(названия географических районов приведены по записям А.Е.Ферсмана, в скобках номера тематических коллекций, зарегистрированных

в Систематической коллекции Музея, жирным шрифтом выделено количество образцов)

АВСТРИЯ [816-19, 2058-4]	Bingara, Nabachtal
АЛТАЙ, Томская губерния [1399-25]	рудники: Риддерский, Змеиногорский, Николаевский, Черепановский и Большой разнос
АМЕРИКА [562-18, 816-2]	Бразилия, Уругвай (<i>образцы куплены в Европе</i>)
АРХАНГЕЛЬСКАЯ губерния [1576-5]	Кемский уезд, Кандалакша, Мурманск, Александровка
АФРИКА [562, 816, 2525-7]	ЮЗ часть Luderitz Bay (<i>образцы куплены в Европе</i>)
БУРЯТО-МОНГОЛИЯ [2058-4]	р. Селенга
ВЕНГРИЯ [733-1]	Vacko
Область ВОЙСКА ДОНСКОГО [2146-2]	Доломитовая ломка, Яма
ГЕРМАНИЯ [2525-7]	Sahsen, Harz
ДАНИЯ [2275-10]	Jvigttut
ЕКАТЕРИНБУРГСКАЯ губерния [1599-39, 2004, 2044-3, 2113-8, 2198-5, 2250-2, 2256-3]	Изумрудные копи, Монетная дача, Адуй, Сарапулка, Баевка, Троицкий прииск, Нижнеисетская дача, Липовка, Вознесенские копи, Корундовая копь, Ревский завод, Люблинский прииск, дер. Наурузова, Асбестовые копи, копи Поклевского, Камышинск, Баженово
ЗАБАЙКАЛЬЕ [1343-61, 1344-82, 1699-6, 2031-1, 2324-3, 2329-26]	р. Хилка (дер. Купалей), р. Чикой (дер. Береговая), Слюдянка, Усть-Кяхта, дер. Малышево, дер. Мыльниково, дер. Новоникольское, источн. Ямаровка, дер. Уточкино, дер. Коротково, дер. Савватеева, р. Ургучан, дер. Ивова, р. Селенга, Малый Соктуй, г. Белуха, Гутай, Бахальский хребет, Букука, Онон-борзя, Кара-Нор, р. Завитая, утес Мандрьк, хр. Малханский
ИТАЛИЯ [558-6]	Tuscany, Campiglia, Marittime
КАВКАЗ [2104-17, 2387-2, 2415-3, 3065-14]	Кабардино-Балкария, Тырнауз, р. Малка, ст. Казбек Южная Осетия, Лопанский р-н, дер. Чарганы, Дзирульский хр.

КИРГИЗИЯ [2065-15, 2361-4 3056-11]	Майли-Су, Куперлисай, Кадамжай, Тюя-Муюн, Шор- Су
КИСЛОВОДСК [2807-59]	Замок «Коварство и любовь»
КОЛЬСКИЙ П-ОВ [3036-2]	Ковдор, Монче-тундра
КОМИ [2994-4]	Ухтинский р-он, Ярекское м-ние
КРЫМ [561-13, 825-15, 1104-12, 1398-38, 1519-5]	Курцы, Чешмедуси, Кафель, Эски-орда, Феодосия, г. Опук, Лысая гора, Карадаг, Карагач, Сакское озеро, Булганак, Коктебель
МОНГОЛИЯ [1547-1, 1583-1]	Урга, р. Горихо, Внешняя Монголия
МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ [733-12, 793-3, 1699-4]	Ратовка, Подольск, Шамардино
НИЖНИЙ НОВГОРОД [825-6]	Великий Враг, Ардатов, Выкса, г. Горбатов, Букловский рудн.
НОВГОРОД [1345-25, 1388-5]	Боровичи, р. Мста, р. Крупа, порог Витцы, Угольное м-ние, Шахта Святослав, дер. Великий Порог, Бобровик
НОРВЕГИЯ [2018-156, 2048-13, 2275-5]	Gierrestad Fogue, Tvedestrand, Jarvik, Jangen-Kragere, Laven, Lagesund fiord, Fredrikksvarn, Baule, Srudesund des Kjar, Kjeo, Stoko, Ovre ako, Arendal, Eker, Piratholmen, Srudesundskjan, Eikaholmen, Bergen, Halvossrod, Raade, Oelegaardens, Kristiasand, Erje aarvold ost, Bergen ulro Reumassiv, Tonsen plads, Linderm jstle, Giallebaek, Felemarken, Odegardens
ОРЕНБУРГСКАЯ губерния [1043-50, 1169-28, 1519-2, 2053-1]	Троицкий прииск, г. Косая, Царево-Александровский прииск, Илецкая Защита, дер. Ключи, Плисская гора
ПЕРМСКАЯ губерния [832-5, 835-12, 844-10, 846-166, 868-15, 1043-54, 1170-5, 1341-10, 1578-2, 1699-2]	Кыштым, Касли, Верхотурье, Троицкий камень, р. Адуй, Гаревознесенский, Тельковский, Соликамск, дер. Комарово, дер. Калташ, Мурзинка, Мокруша, дер. Шайтанка, Баевка, Алабашка, дер. Решеты, дер. Палкино, ст. Хрустальная, Алапаевск, дер. Кривки, Ватиха, (с. Мурманка), ст. Европейская, Сусана, Сизиково, Репевня, Нейво-Шайтанский завод, Леженский рудн., Липовка, дер. Бывая, г. Саранка, Бисерский завод, Режевский завод, дер. Каменка, Точильная гора, рудн. Алунита
бя-	г. Павлодар, лев. бер. р. Иртыш, Экибастуз, оз. Калкан
СЕМИПАЛАТИНСКАЯ область [5]	Кузнецкий Алатау, окр. Тельбес
СИБИРЬ [1398-12]	Strigau
СИЛЕЗИЯ	Табошар, Адрасман, Ляккан
ТАДЖИКИСТАН [3056-11, 3065-14]	Зубцовский уезд, дер. Коротнево, дер. Фомино
ТВЕРСКАЯ губерния [1032-13, 1494-22, 1577-10]	городище, р. Вазуза, дер. Лесничина, р. Держа, г. Ржев, дер. Высокина, дер. Тющино
ТУРКМЕНИЯ [2252-12, 2364-17, 2600-7, 2653-1, 3056-11]	о-в Челекен, Гаурдак, Сары-бугор, Дарваз, Кара-Богаз, Кара-Елча, серн. бугор Чеммерли, Арпаклен
УЗБЕКИСТАН [2065-3, 3056-10, 3065-17]	Уйгурсай, Катта-дали, Кара-Чагыр
УКРАИНА [2907-8]	Володарск – Писаревка
УРАЛ [2542-5, 2646-8]	Адуй, Нижнеисетская дача, Карасье озеро, Алабашка, Гумбейка, Халиловское, Магнитка, Кочкарское м-ние, Чувашская степь, Златоустовское м-ние
УФИМСКАЯ губерния [2152-3]	Sordavala
ФИНЛЯНДИЯ [2600-4]	Пмринили
ФРАНЦИЯ [733-1]	Кукисвумчорр, Расвумчорр, ст. Оленья, Юкспор, Гакман, Вудъяврчорр
ХИБИНЫ [2383-2, 2415-3, 2455-2, 2519-4, 2907-8, 3036-2]	Кукисвумчорр, Расвумчорр, ст. Оленья, Юкспор, Гакман, Вудъяврчорр
ЧЕЛЯБИНСКАЯ область [2600-1, 3164-1]	Вишневые горы, Шабровское м-ние
ЧЕХОСЛОВАКИЯ [825-2, 2525-21, 2744-43, 2746-36, 2822-23]	Сев. Богемия, Rothan близ Falkenan, Slavkov, Podolya Prahu, Карловы Вары, Muhebrum, Vridlo, Repcice Litomerik, Zalesly, Marianska hora, Seeberg, Hagenstein, Cerhovicka, Pribram, Jachymov, Oelsnitz hinwald,

- ШВЕЦИЯ [1165-45] Cerniky, Beloves, Nachoda, Turnov, Krandorf, Kastalora, Zelechavsre udol, Kladio Kremnica, Chomutov Lilianna, Liboris u Chomutova, Lebeik, Kozakov, Caslan, Riden, Cyrilov, Denica, Elbogen
- ШВЕЙЦАРИЯ [793-3,825-5] Falun Korarfet, Uto, Jaugbau Nerike Janna, Stromsborg or Ebro, West manland Sala, Fahlum Frinnbo, Srapo, Jtterby, Alno Poltang, Alno Smedegarden, Hollandi, Smedsgarlen, Alno Langorsholmen, Fahlung Ammeberg Willis Zermatt
- ЭЛЬБА [1069-166] St. Mario, Grotta Doeci, Cava della Speranza, Rio Marina, Penta della Cannelle, Terranera Capo Bianco, Punta in Sansoni Calanita, S. Piero in Campa, Biodola golfo, Pontoferraio, Monte Bello, Lamaia golfo Biodala, val Valdanna, Procchio, Porto feraio, Jamaio, Punto de Calamite, Capo Bianco, Ferranera, val Agwa viva, Marina in Campo, Spiaggio di Margidor, Scoglictto focta stella, Spiaggia del Liolo, Capo Calamita, Terre del Rio, Capo Norsi, San Jllario, Forte Falcole, Loll di, Palombia

Литература

- Крыжановский В.И. 90 коллекций // Александр Евгеньевич Ферсман. Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. С. 221 – 230.
- Ферсман А.Е. Советская страна должна знать своих ученых. (Автобиография) // Огонек. 1927. № 8. С. 9.
- Ферсман А.Е., Крыжановский В.И. Наш автопробег по Южному Уралу. М.: Изд. АН СССР, 1936. 120 с.
- Ферсман А.Е. Рассказы о самоцветах. М.: Наука, 1974. 254 с.

УДК 549(084.12)

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Б.З.Кантор

Современные фотоматериалы и зеркальные малоформатные фотокамеры общего назначения, в том числе любительского класса, в состоянии обеспечить высокое качество изображения при художественном и техническом фотографировании минералов в непрофессиональных условиях. Положительное влияние оказывает использование длиннофокусных макрообъективов, отрицательное — излишнее диафрагмирование. Для передачи морфологических особенностей минералов необходима организация гибкого многофункционального освещения. При съемке негативов рекомендуется использовать пленки для дневного света в сочетании с конверсионным светофильтром. Проблема адекватной передачи сложной окраски минералов решается согласованием цветовых температур с соответствующим подбором источников света, преимущественно маломощных галогенных ламп холодного излучения, к заданной комбинации фотоматериала и светофильтра.

В статье 7 цветных фотографий, список литературы из 3 названий.

Фотокамера существенно расширяет наши представления о минеральном царстве. В умелых руках невзрачный обломок может подняться, в своем информационном и эстетическом содержании, от мусорной корзины до уровня музейного образца. Опытный фотограф непременно обратит внимание на игнорируемые музеями и коллекционерами фрагменты и миниатюры, скромные мелкие кристаллики, — нередко среди них отыщется выигранный объект фотографирования. А занимающий целую витрину и вызывающий всеобщее восхищение выставочный образец едва ли будет выглядеть столь же эффектно и на снимке. Кроме прочего, фотография открывает простор для всякого рода интересных изобразительных экспериментов с минералами.

В условиях хорошо оснащенной профессиональной фотостудии техника фотографирования минералов мало отличается от обычной макросъемки (Scovil, 1996). Но профессии минералога и фотографа редко сочетаются в одном лице. Чаще бывает, что минералог — специалист или любитель — не имеет доступа к дорогой специальной фотоаппаратуре, осветительному и прочему профессиональному оборудованию. Иллюстрируя книгу, статью или просто фотографируя минералы «для себя», он вынужден приспособливаться к простейшей схеме массовой, так называемой «любительской» фотографии: съемка камерой общего назначения плюс обработка фотоматериалов и печать негативов в минилабе.

Оставляя в стороне чисто изобразительные задачи, решение которых целиком за-

висит от вкусов и способностей фотографа, его минералогических интересов, определим технические предпосылки фотосъемки минералов в подобных «любительских» условиях.

Среди главных требований к снимку минерала — достаточно высокая резкость и детализированность изображения. На снимке размером до 15 — 20 см (например, книжной иллюстрации), рассматриваемом обычно с расстояния чтения (25 — 30 см), нормальное зрение различает не более 8 — 10 линий на 1 мм. Соответственно требуемое от малоформатного (24 x 36 мм) негатива разрешение до 50 — 60 лин./мм вполне доступно современной фотографической оптике и пленкам невысокой светочувствительности (ISO 100 — 200). Таким образом, технически полноценные снимки минералов можно делать обычной малоформатной зеркальной фотокамерой, в том числе и любительского класса, и на обычных фотоматериалах общего назначения.

Камера формата 6 x 6 см или крупнее позволяет даже образовать некоторый «запас» резкости на случай больших увеличений. Однако популярные широкоплечные «зеркалки» («Киев-60», «Pentacon Six», «Exakta-66» и др.) необычайно подвержены «шевеленке» — «смазыванию» изображения в момент съемки из-за сотрясения камеры от отбрасывания чересчур массивного зеркала. Тем самым преимущество более крупного формата сводится у таких фотоаппаратов на нет. Хороший штатив уменьшает, но не устраняет «шевеленку». Она менее заметна при достаточно коротких (не более $1/_{100}$ — $1/_{180}$ с) или достаточно длинных (не ме-

нее 2–3 с) выдержках, что, однако, не всегда достижимо. Другой способ – экспонирование дозированным (через реле времени) включением света при предварительном открытии в темноте затворе. Последнее, однако, чревато сдвигом цветопередачи в красную сторону из-за тепловой инерции источников света.

Преимущество, таким образом, остается за малоформатными фотоаппаратами. В этом случае при съемке со штатива «шевеленка» практически отсутствует, а наличие у некоторых камер опции задержки срабатывания затвора после подъема зеркала дает дополнительную гарантию.

Вместе с тем для слайдов предпочтительнее более крупный формат, поскольку в таком случае их можно рассматривать без увеличения.

Минералы фотографируют большей частью в режиме макросъемки («close-up»), то есть в масштабах до 1:1, иногда крупнее. Поскольку штатный объектив фотокамеры не приспособлен для фокусировки с малых расстояний, его «надставляют» удлинительными кольцами или растяжным мехом либо снабжают положительной насадочной линзой. То и другое, однако, влечет за собой снижение качества изображения, так как штатный объектив, будучи скорректирован на «бесконечность», фактически используется в данном случае не по назначению. Значительно лучшее изображение обеспечивают макрообъективы, оптические системы которых специально корректируются на малые расстояния. Цены фирменных макрообъективов довольно высоки, в связи с чем заслуживают внимания существенно более дешевые макрообъективы серии *Sigma EX*, выпускаемые для основных фотокамер современного поколения (*Canon, Nikon, Minolta, Pentax*) и дающие изображение превосходного качества.

Для съемки минералов наиболее подходит макрообъектив с фокусным расстоянием около 100 мм, хорошо передающий объемность и перспективу, удобный в работе и, по сравнению с короткофокусным, менее подверженный дифракции света в отверстиях диафрагмы.

Вопреки распространенному мнению, применение длиннофокусных объективов не связано с сокращением глубины резкости изображения. Расчеты показывают, что при макросъемке глубина резкости пропорциональна величине $f(M+1)/M^2$, где f – диафрагменное число, M – масштаб изображения, и не зависит от фокусного расстояния.

Желательно, чтобы конструкция объектива позволяла диафрагмирование хотя бы до 32. Впрочем, злоупотреблять глубоким диафрагмированием не следует: нередко оно противоречит поставленной изобразительной задаче и вдобавок отрицательно сказывается на качестве изображения. По нашим данным, разрешающая способность макрообъективов *Canon EF* и *Sigma EX* максимальна при диафрагме 8 и при диафрагмировании до 22 снижается на 20–25%, а у короткофокусного объектива *Sigma EX 2,8/50 mm macro* даже на 40%.

Едва ли не самая ответственная задача – выбор источников света. Фотосъемка минералов, в фотографическом смысле объектов достаточно сложных, требует использования не менее трех-четырёх независимых источников света, дополненных отражающими экранами из белой бумаги и алюминиевой фольги. Отблески граней кристаллов и световой рисунок в целом настолько чувствительны к положению осветителей, что при съемке требуется буквально прецизионная постановка света. Добиться ее можно при достаточной мобильности осветителей.

По этим причинам «неуправляемые» солнечное освещение и электронные вспышки без пилотного света находят лишь ограниченное применение. В практике фотосъемки минералов используются главным образом лампы накаливания небольшой мощности, не вызывающие утомления фотографа сильным световым и тепловым излучением, к тому же разрушительно действующим на такие минералы, как реальгар или самородная сера. Смонтированные на миниатюрных подставках, лампы легко перемещаются по поверхности стола – импровизированной съемочной площадке. Если вдобавок иметь под рукой маленький пульт с индивидуальными выключателями (тумблерами) осветителей, то кропотливую процедуру постановки света можно выполнять, не отрываясь от видоискателя камеры.

Особого внимания требует адекватная передача сложной и капризной окраски минералов.

В процессе машинной печати негативов ошибки цветопередачи устранимы лишь в небольшой мере и притом после изготовления и изучения пробных копий. Слайды же вообще не поддаются исправлению. Добиться полной коррекции цветопередачи не всегда удается даже редактированием файлов сканирования фотооригиналов. Поэтому так важно уже при съемке не допускать

ошибок или хотя бы сводить их к минимуму. Залог успеха — выбор пленок, светофильтров и источников света с согласованными цветовыми характеристиками:

$$10^5/T_{\text{св}} - M_{\text{ф}} = 10^5/T_{\text{пл}}$$

где $T_{\text{св}}$, $T_{\text{пл}}$ — цветовые температуры в кельвинах (К) источников света и пленки, $M_{\text{ф}}$ — сила конверсии светофильтра в декамайредах.

Реальный диапазон выбора пленок исчерпывается всего двумя типами: «дневной» и «вечерней», сбалансированными на цветовые температуры, соответственно, 5500 К (солнечный свет) и 3400 К (излучение ламп накаливания холодного света). Столь же ограничен и выбор конверсионных светофильтров: обычно применяются сине-фиолетовые светофильтры на 12 либо на 15 декамайред (маркируемые как *B12*, *B15* или *80B*, *80A*). В то же время ассортимент ламп, имеющихся в продаже, достаточно широк, к тому же они значительно дешевле светофильтров. По этой причине целесообразно подбирать нужный тип ламп к заранее намеченным одной-двум комбинациям типов пленки и светофильтров.

Слайды обыкновенно снимают на обратимую пленку для искусственного света. Негативные же пленки для искусственного света принадлежат категории относительно дорогих профессиональных фотоматериалов узкого ассортимента и предназначены в основном для портретной студийной фотографии. Вместе с тем правильной цветопередачи можно добиться и на «дневной» пленке, при условии надлежащего выбора ламп и, разумеется, коррекции света светофильтром.

К сожалению, производители ламп, как правило, не указывают их цветовых температур. По нашим данным, она варьирует в довольно широких пределах, причем даже у большинства миниатюрных галогенных ламп находится, при номинальном напряжении питания, на уровне 2700—2800 К — как у маломощных бытовых электроламп. Наиболее перспективны галогенные лампы холодного света (с надписью на упаковке «Kaltlicht», «Cold Light»). В частности, с «дневными» пленками и светофильтрами на 12—15 декамайред неплохо сочетаются миниатюрные галогенные лампы фирмы «Radium» на напряжение 12 вольт мощностью 50 ватт, снабженные параболическими рефлекторами, а также отечественные зеркальные фотолампы ЗК 220—250. Последние можно для уменьшения мощности излучения в период постановки света включать на это время на пониженное на-

пряжение (что недопустимо для галогенных ламп).

Цветовая температура источников света поддается ориентировочной оценке в домашних условиях (Кантор, 1999). Разумеется, получаемые результаты подлежат уточнению сравнительной контрольной съемкой цветных шкал и объектов (малахит, крокоит, кварц и т.д.).

Фон — бумага, картон, ткань, обложка книги и пр. — должен быть ровным, без узоров, пятен и фактуры, приглушенных тонов, не «перебивающих» окраски фотографируемого образца. Наиболее универсальны фоны нейтральных серых тонов. Световое пятно за снимаемым объектом «поднимет» его, усилит иллюзию объемности. Удачное решение — распечатка на фотопринтере файла плавного перехода от белого к темно-серому, темной стороной кверху. Фон следует поместить на достаточном удалении, избегая появления на нем падающих теней от образца.

Современные малоформатные фотокамеры снабжены точными автоматическими экспонетрическими устройствами. При условии достаточного выравнивания светотеневого контраста следует выбрать режим интегрального (многоотрезного) экспонометра.

Рассматривая какой-либо образец, мы машинально поворачиваем его то одной, то другой стороной к себе, задерживаемся на заинтересовавших нас подробностях, и в нашем сознании формируется совокупный объемный зрительный образ. Задача фотографа — имитировать этот образ на плоскости снимка, одновременно акцентируя те или иные, важные для данного сюжета детали — фигуры травления, двойниковые швы, штриховку граней и пр. Для всего этого фотограф располагает, по существу, лишь двумя изобразительными средствами — позиционированием образца и организацией света. Полезно заранее наметить изобразительное решение, изучив образец под лампой и выбрав для него выигрышную «позу» и направления освещения — основного и дополнительных. При этом лучше рассматривать образец одним глазом — так, как это «делает» фотокамера. На съемочной площадке осветители и отражающие экраны устанавливают по одному, последовательно высвечивая форму, блеск и скульптуру граней и т.д. Достаточно большой экран может отчасти заменить проблематичный для домашней фотостудии источник рассеянного света. В качестве такового может служить и панель из белой просвечивающейся ткани,

натянутой на раму. Панель устанавливают между источниками света и образцом, ближе к последнему. На заключительном этапе следует отрегулировать заполняющим светом общий светотеневой контраст. Для этой цели подойдет мощная трубчатая галогенная лампа, направленная с достаточного удаления со стороны камеры.

Очень важно проследить за чистотой фотографируемого образца. Оставленные на нем грязь, пылинки, следы пальцев неизбежно станут заметны на снимке и испортят его.

Все иллюстрации выполнены камерой Canon EOS 50E с объективом Sigma EX 2,8/105 mm macro и конверсионным светофильтром Schneider 80B, в режиме двухсекундной бло-

кировки зеркала, на пленках Kodak ProFoto 100 и Fuji Superia 200, при свете галогенных ламп «Radium» 12V 50 W.

Образцы и фото автора.

Литература

Кантор Б.З. Какого цвета ваш свет? // Химия и жизнь — XXI век. **1999**. № 7. С. 62–63.

Кантор Б.З. Определение цветовой температуры света. // Фотوماгazin, **2003**. № 7. С. 62–63.

Scovil, J.A., Photographing Minerals, Fossils, and Lapidary Materials, Tucson: Geoscience, **1996**. 224 p.

УДК 549:(092)

ВОСПОМИНАНИЯ

М.Д.Дорфман

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, dorfman@fmm.ru

Старейший сотрудник Минералогического Музея имени А.Е.Ферсмана РАН М.Д.Дорфман описал свои встречи с известными минералогами и геологами — Н.А.Смоляниновым, П.П.Пилипенко и Ю.А.Билибиным

Об авторе.

Моисей Давидович Дорфман (род. 6 февраля 1908 г.) — старейший сотрудник Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана, доктор геолого-минералогических наук, почетный член Всероссийского Минералогического общества, автор 135 научных работ, в том числе трех монографий.

Научная работа Моисея Давидовича в начале творческого пути была направлена на изучение минералогии вольфрамовых месторождений Забайкалья (Белуха, Букука) и Казахстана (Акчатау), но основные его научные интересы связаны со щелочными породами и минералами Хибинского массива. Изучение минералогии пегматитовых тел Хибинского массива привело к открытию ряда новых минеральных видов и разновидностей, а также минералов, ранее в Хибинах не известных. Исследование так называемых разрушенных зон выявило развитие продуктов доледникового процесса выветривания в Хибинах (среди них установлено более 30 новых для этого массива минералов) и позволило обнаружить площадную циркониевую (цирфеситовую) кору выветривания. Несколько лет в составе Советско-Монгольской геологической экспедиции М.Д.Дорфман изучал щелочные породы Монголии, подготовил к печати монографию «Минералы Монголии».

В Минералогическом музее Моисей Давидович работает с 1957 г. По результатам своих многолетних работ он подготовил и оформил несколько экспозиций. В контексте большой выставки «Типы минеральных ассоциаций в земной коре» он создал экспозиции по минералогии пегматитов щелочных пород и по минералам коры выветривания, а также витрины с минералами хлора, фтора, фосфора, серы и селена в экспозиции «Минералогия химических элементов».

За двухтомную монографию «Минералогия Хибинского массива» М.Д. Дорфман с соавторами удостоен премии им. А.Е.Ферсмана, учрежденной Президиумом Академии наук. В связи с 50-летием Кольского филиала РАН М.Д.Дорфман награжден Почетной грамотой «Ветеран науки Заполярья».

В честь М.Д.Дорфмана назван минерал *дорфманит*.



Когда человеку более 90 лет, и он продолжает еще работать, его все чаще искушает мысль запечатлеть свой долгий жизненный опыт на бумаге — начать писать воспоминания. Вот и я по совету друзей и коллег решил взяться за мемуары.

Моя долгая геологическая деятельность была весьма разнообразной, проходившей в регионах, разделенных тысячами километров: от Средней Азии до Кольского Заполярья. В памяти сохранились интересные и даже курьезные эпизоды, связанные с геологическими буднями и работой в экспедициях, а также встречи с некоторыми ведущими геологами и минералогами, людьми яркими, самобытными, великолепно знающими свое дело. Но когда я взялся за перо, оказалось, что рассказать обо всем этом совсем не просто. Поэтому я решил следовать памяти, не слишком беспокоясь о хронологии или порядке значимости описываемых

событий, но неизменно останавливаясь на впечатлении от тех замечательных личностей, с которыми столкнула меня судьба.

Павел Прокофьевич Пилипенко

Родился 23 октября 1877 г., умер 3 февраля 1940 г. Минералог и геохимик, доктор геолого-минералогических наук, профессор Саратовского, Томского и Московского университетов, зав. кафедрой минералогии и геологии Томского университета, зав. кафедрой минералогии и кристаллографии МГРИ, зам. директора по учебной и научной работе МГРИ, директор научно-исследовательской части минералогии и петрографии при Московском университете; создатель и хранитель Минералогического музея в Томском и Саратовском университетах. Удостоен академической большой премии им. Ахматова.

Первые яркие воспоминания о моей геологической деятельности связаны с мо-

им поступлением в аспирантуру МГРИ в 1939 году. К этому времени я уже проработал в ряде геологических учреждений, принимал участие в экспедициях. Одним из последних объектов, на котором я увлеченно работал, было вольфрамитовое месторождение Акчатау в Казахстане.

В тот год в аспирантуру Московского геологоразведочного института было подано много заявок. Вступительный экзамен на кафедре минералогии принимал профессор П.П.Пилипенко, ученик академика В.И.Вернадского.

Я экзаменовался по курсу минералогии, затем последовали вопросы по кристаллографии, геохимии, геологии, петрографии и другим разделам геологической науки. Каждый мой ответ завершался репликой профессора: «Что же это вы в самом деле?». Когда же после долгого и изнурительного экзамена я покинул институт, то был совершенно уверен в своей полной неграмотности. Для меня было ясно, что в аспирантуру мне не попасть. Однако предстояло сдать еще один предмет — философию. Друзья посоветовали мне идти на этот экзамен, хотя я и рассказал им о реакции профессора Пилипенко на мои ответы во время экзамена по специальности.

Через неделю на заседании ученого совета МГРИ при оглашении результатов экзаменов в аспирантуру профессор Пилипенко изрек: «По конкурсу на кафедру минералогии прошел Дорфман...», что для меня явилось полной и, надо сказать, очень приятной неожиданностью.

Тема моей будущей кандидатской диссертации была связана с генезисом вольфрамитового месторождения Акчатау в Казахстане. Проработав на месторождении три сезона и тщательно изучив геологию и минералогию этого объекта, я выступил на кафедре с результатами своих работ. Генезис месторождения я объяснял не зональностью гидротермального процесса, протекающего в закрытом пространстве, а многократными наложениями растворов от высоко- до низкотемпературных. Таких разновозрастных типов минерализации оказалось пять. Свои выводы я убедительно, как мне казалось, обосновал на примере парагенезиса каждой стадии наложения. Моим оппонентом оказался заведующий кафедрой профессор П.П.Пилипенко. Каждый мой тезис, каждый вывод он разносил в пух и прах. Его критические замечания были настолько убедительными, что с ходу их трудно было опровергнуть... Разумеется, я был ужасно

расстроен, ведь получалось, что все мои генетические выводы неверны.

Однако, уже после заседания, спокойно и тщательно проанализировав все замечания профессора, я смог легко их опровергнуть. Через две недели после моего отчета я пришел к своему оппоненту, чтобы поделиться с ним своими соображениями. Павел Прокофьевич внимательно выслушал меня, а затем, улыбнувшись, сказал: «Если бы вы не пришли ко мне с этим, вам нечего было бы делать в аспирантуре!»

Надо сказать, что своеобразная манера профессора проявлялась и во многом другом. Через год, когда я стал преподавателем кафедры, мне было поручено обучать студентов методике работы с паяльной трубкой. Чтобы проверить, как я провожу занятия, Павел Прокофьевич тихонько входил в лабораторию и, делая вид, что что-то ищет, наблюдал за моей работой...

П.П.Пилипенко, яркий, неординарный человек, обладал глубокими знаниями, ему был свойствен нестандартный подход к решению геологических проблем, не даром он был учеником В.И. Вернадского — одного из самых выдающихся мыслителей XX века.

Николай Алексеевич Смольянинов

Род. 21 мая 1885 г., ум. 6 апреля 1957 г.

Минералог, заслуженный деятель науки РСФСР, лауреат Государственной премии СССР, доктор геолого-минералогических наук, профессор, зав. кафедрой минералогии геологического факультета МГУ и МГРИ, зав. отделом минералогии Ломоносовского института АН СССР; хранитель минералогических музеев Московского университета и Московской горной академии, создатель (совместно с В.И.Вернадским и А.Е.Ферсманом) Минералогического музея МГРИ (на основе коллекций Московского университета и Московской горной академии; ныне — Государственный геологический музей им. В.И.Вернадского РАН). Награжден орденом Ленина и орденом «Знак Почета».

В честь него назван минерал *смольяниновит*.

Друг, учитель, товарищ — таким запомнился мне Н.А.Смольянинов. Я знал его много лет, но близко познакомился с ним, когда стал аспирантом кафедры минералогии МГРИ.

В 1941 году, будучи аспирантом, я был приглашен принять участие в изучении только что открытого месторождения флюорита на Зеравшанском хребте в Таджикистане. Нам предстояло нелегкое путешествие, так как месторождение находилось на высоте 6000 м над уровнем моря.

Было решено также посетить известное Куликолонское месторождение оптического флюорита, которое находилось на пути следования нашей экспедиции. Знакомство с этим месторождением представляло немалый интерес, так как для нас открывалась возможность сравнительного изучения известного и нового месторождений.

В разгар полевого сезона по радио мы неожиданно узнали о вероломном нападении Гитлера на нашу страну. Работу отряда было решено прекратить. Студенты-практиканты сразу уехали в Москву, а нам, сотрудникам института, было предложено ехать в Семипалатинск, куда к тому времени эвакуировался институт.

В Семипалатинске здание, выделенное под институт, не было приспособлено под учебный процесс. Кафедра минералогии, которая должна была бы иметь учебную коллекцию образцов, лабораторию, учебники, определили минералов, почти ничем этим не располагала. В этой сложной обстановке в полной мере проявились организаторские способности Николая Алексеевича Смольянинова. Были мобилизованы ресурсы местных геологов, изготовлены паяльные трубки из стеклянных или медных трубок, подготовлено помещение для практических занятий... В короткий срок все возможное было сделано, и начался нормальный учебный год. Занятия проводились на трех факультетах, нагрузка была предельно полной, а в составе кафедры минералогии было всего два человека: Н.А.Смольянинов и ассистент, то есть я. Но Николай Алексеевич проводил заседания кафедры так, будто на них присутствовал весь московский состав преподавателей. И всегда все решения он резюмировал словами: «Кафедра считает...» или «По решению кафедры...», хотя, повторяю, нас было всего двое.

Вскоре я узнал, что во время эвакуации института, когда немцы были под Москвой, многие документы были сожжены, и среди них — готовый к защите текст моей диссертации «Минералогия вольфрамитового месторождения Акчатау в Казахстане». Легко представить себе, каким тяжелым ударом оказалось это сообщение. Николай Алексеевич проявил ко мне максимум внимания, требовал мужества и предложил заняться восстановлением рукописи, благо аналитические данные и краткий отчет были переданы в фонд Казахского геологического управления, в город Алма-Аты. При всей своей занятости Николай Алексеевич неустанно следил за моей работой, и, когда она была

завершена и доложена на очередном заседании кафедры, в протокол заседания было занесено решение кафедры о готовности работы к защите. Позже я успешно защитил ее в Среднеазиатском университете города Ташкента.

В 1943 году МГРИ вернулся из эвакуации в Москву. Здесь снова проявились замечательные организаторские способности Н.А. Смольянинова. Впервые в нашей стране Николай Алексеевич начал читать курс лекций по минералогии в соответствии с новой кристаллохимической систематикой, предложенной профессором Штрунцем из Германии. Блестящий знаток минералов, Николай Алексеевич в своих лекциях давал такой материал, какой ни в одном учебнике не приводился. Он рассказывал об особенностях минералов и их парагенезисе не столько на основе литературных данных, сколько на личных многолетних наблюдениях. Прекрасной иллюстрацией к его лекциям служила коллекция минералов музея МГРИ, которой он заведовал более 20 лет.

Необычным эпизодом в работе Н.А.Смольянинова было обнаружение им шеелита, ценного вольфрамсодержащего минерала, среди образцов старой, не разобранный коллекции с Чорух-Дайрона (Таджикистан). Следовало выяснить, является ли это случайной находкой, или же шеелит широко распространен на данном месторождении. Для этой цели кафедра снарядила экспедицию, которая подтвердила тот факт, что на месторождении Чорух-Дайрон имеются промышленные запасы шеелита. Так было открыто новое месторождение этого ценного полезного ископаемого.

Юрий Александрович Билибин

Родился 19 мая 1901 г., умер 4 мая 1952 г.

Геолог-россыпщик, петролог, основоположник отечественной металлогенической школы, член-корреспондент Академии наук СССР, профессор, зав. кафедрой полезных ископаемых Геологического факультета ЛГУ, зав. металлогеническим сектором ВСЕГЕИ, руководитель Восточно-сибирской экспедиции Академии наук; один из инициаторов и начальник Первой Колымской экспедиции 1928 — 1929 гг.

Лауреат Государственной премии.

В честь него назван минерал *билибинскит*, хребет в горной системе Черского, вулкан в бассейне реки Большой Анюй, поселок Билибино в Магаданской области, улицы в Магадане и Аддане, прииск в Магаданской области.

Знакомство с Юрием Александровичем Билибиным состоялось осенью 1942 года в

Ташкенте, вскоре после моей защиты кандидатской диссертации в Среднеазиатском университете. До этого я знал Билибина лишь по его интереснейшим работам по геологии Севера нашей страны.

Мы познакомились в геологическом управлении «Главзолото». Юрий Александрович оказался симпатичным, крупным, высокого роста человеком. Вскоре я узнал, что ему предложили работу главного геолога на редкоземельном Койташском месторождении шеелита близ города Самарканда. Поскольку на этом руднике вообще не было геологической службы, Юрий Александрович предложил мне работу рудничного геолога. Работать с таким крупным ученым было очень интересно, и я дал свое согласие.

Когда я приехал на рудник, Билибин уже жил там со своей семьей — женой Татьяной Васильевной и новорожденным сыном Сашей. Юрий Александрович быстро познакомил меня с геологическими особенностями месторождения. Поразила меня его тонкая наблюдательность. Так, в травяном покрове над месторождением он увидел едва заметную полоску голой земли, которая, по его мнению, была следом выхода зоны разлома на поверхность. Позже, при эксплуатации месторождения, такая зона разлома действительно была установлена.

Характерной чертой Юрия Александровича была склонность к юмору. В окрестностях месторождения не было никакого леса, только редкий разрозненный кустарник. Горючим материалом был только кизяк. Однажды Билибин сообщил, что обнаружил крупное «месторождение» кизяка, но «сливки» с него уже кто-то снял.

Ввиду военного времени, зарплата на месторождении была очень маленькой, поэтому дирекция разрешила сотрудникам в нерабочее время добывать шеелит и сдавать его в обмен на продукты питания, в частности, на зерно пшеницы. Мы с Юрием Александровичем воспользовались этим разрешением. С горы мешками таскали руду, а затем промывали на бутаре (род лотка для промывания руды). Полученное в обмен на шеелит зерно я отвозил в Самарканд, где в то время моя жена с двухлетним сыном жила у родителей.

Юрий Александрович был замечательным рассказчиком. Его рассказы о геологии россыпей, месторождениях золота, отдельных геологических объектах всегда были замечательны и интересны.

В 1945 году Ю.А.Билибин был избран член-корреспондентом АН СССР. Вскоре

после войны он вернулся в Ленинград. Как-то, в ответ на мое новогоднее поздравление он прислал мне письмо, в котором писал: «...могу пожалеть лишь об одном, что по заведенному у нас негласному обычаю, как только заслуги научного работника официально признаны, его начинают загружать таким количеством всевозможных обязанностей, что он лишается возможности заниматься научной работой...».

По словам знакомых, лекции Юрия Александровича Билибина в Ленинградском горном институте были настолько интересными, что их посещали не только студенты, но и преподаватели.

ПАМЯТЬ (вместо послесловия)

Память!.. Она как машина времени мгновенно переносит в прошлое, и снова начинаешь жить тем далеким временем, которое давно кануло в вечность. А если держишь в руках сохранившиеся с тех пор предметы, то ощущение это становится особенно реальным...

Мне, как минералогу, всегда хотелось оставить на память небольшой образец минерала или породы из тех дальних краев, куда забрасывала меня жизнь. Так у меня накопился с десяток образцов — свидетелей времен давно прошедших. С каждым из них связана какая-нибудь история, и потому все они очень мне дороги.

Вот, например, кристалл кварца скипетровидной формы. Он был привезен из послевоенного Казахстана и достался мне при не совсем обычных обстоятельствах.

1949 год... Время восстановления послевоенной разрухи, запуск новых и воссоздание старых, вышедших из строя месторождений. Мне предложили возглавить ревизионный отряд в Казахстане и попутно вести поиски новых месторождений.

На грузовой машине мы пробирались по пустыне Бетпак-Дала к месту своих будущих работ. Стояла изнуряющая, дикая жара, и трудно было найти место, чтобы разбить лагерь. Но вдруг мы увидели на горизонте небольшой оазис густой растительности. Естественно, к нему мы и поспешили.

Под прохладной сенью деревьев незадолго до нас обосновался отряд геофизиков, проводивших систематическую крупномасштабную съемку района. Поставив рядом свои палатки и натянув большой брезентовый тент, под которым затем обрабатывали собранный материал и готовили пищу, мы

наместили план предстоящих нам работ. После чего я решил немедленно отправиться в небольшой самостоятельный рекогносцировочный маршрут.

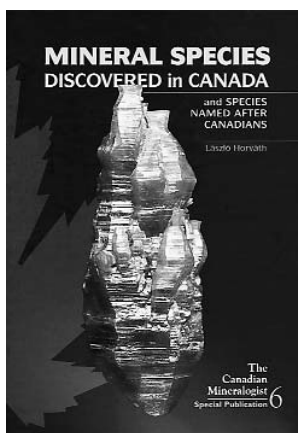
Надо сказать, что наш лагерь расположился рядом с бывшим гранитным массивом, который в течение миллионов лет под воздействием постоянных ветров, жары и песчаных бурь, а зимой диких морозов, превратился в почти ровное гранитное поле. Вот на этот массив, захватив рюкзак, геологический молоток и компас, я и отправился. Примерно в трех километрах от лагеря, среди нагромождения гранитных глыб, я обнаружил довольно крупный занорыш — пустоту, стенки которой были покрыты кристаллами кварца скипетровидной формы. Лучшие, прозрачные, хорошо ограненные кристаллы оказались недоступными, и, естественно, мне захотелось их добыть. Проникнуть в занорыш обычным путем, то есть пролезть ногами вперед, мешали кристаллы. И я решил проникнуть в пустоту вниз головой. Попытка оказалась успешной, а сама пустота — значительно большего размера, чем я ожидал. С азартом, находясь в занорыше, я стал отбивать лучшие, наиболее эффективные образцы. И когда минералогические аппетиты были удовлетворены, а кристаллы выброшены на поверхность, то оказалось, что выбраться из каменного мешка совсем не просто: мешали те же самые красивые кристаллы, которые так нравились мне. Они как шипы вонзались в тело и причиняли острую боль. Лишь после многократных попыток выбраться из западни, уплотнив тело до предела, то есть при полном выдохе, мне удалось, наконец, выкарабкаться. Весь в кровотокащих царапинах, измученный, но со счастливой физиономией и с полным рюкзаком трофеев я добрался, наконец, до лагеря.

Отдохнув и приведя себя в порядок, я принялся внимательно исследовать добытые с таким трудом образцы. Рассматривая кристаллы кварца и куски гранита, я обратил внимание на то, что в граните встречаются мелкие разрозненные прозрачные пластинчатые кристаллики, очень напоминающие бериллосодержащий минерал — берtrandит. Состав был подтвержден спектральным анализом. Значит, массив стоило изучать, работа обещала быть интересной.

Последующие исследования подтвердили необычную бериллиевую минерализацию этого массива. Вначале они привели к открытию серии жилочек небольшой мощности с берtrandитом и гельвином. В результате предварительной разведки в сланцевой толще были вскрыты пять кварц-гематит-гельвиновых линз, размером около 10 м, содержащих более 30% гельвина. Это был новый, ранее не известный тип гидротермального генезиса. Но самой большой неожиданностью оказался состав оторочки, мощностью до 10 см, образовавшейся вокруг линз. Минерал, слагающий оторочку, внешне напоминал зеленый мелкозернистый полевой шпат — амазонит, который при детальном исследовании оказался бериллом!

Знаете ли вы, что такое «узункулак»? По-узбекски это означает «длинное ухо», нечто подобное бесприволочному телеграфу. Вы выезжаете куда-то из лагеря, при этом практически никто не знает, куда вы держите путь, но когда добираетесь к месту назначения, то о вашем приезде уже знает весь кишлак. Мы на собственном опыте узнали, как действует «узункулак». Вскоре после того, как мы сделали свои интересные находки, к нашему лагерю подкатила машина с группой геологов Казахского геологического управления во главе с академиком Ф.В.Чухровым. А затем... Нас стали буквально атаковать небольшие самолеты геологической службы. Они приземлялись у самых палаток, на землю вываливалась груда образцов, затем следовала просьба о консультации от сопровождающего груз геолога. В моей жизни это была самая необычная профессиональная консультация.

Осенью мы отправили в Москву 40 ящиков ценного груза. Увы, образцы к месту назначения не дошли. По-видимому, по мнению железнодорожников каменный груз особой ценности не представлял, и его просто выбросили. Розыски не дали никаких результатов... И только небольшой образец кварца, который я держу в ладонях, дает мне возможность мысленно перенестись в трудно доступный район наших работ, и я вновь переживаю тот период моей жизни, который никак, кроме как в памяти, восстановить невозможно.



О книге Лазло Хорвата **"Mineral Species Discovered in Canada and Species Named after Canadians"**, 2003, 372 стр. Канадиан Минералогист, спец. издание 6. Стоимость книги \$45. **Заказать можно адресу:**

www.mineralogicalassociation.ca или по факсу 418 226-4651 или Mineralogical Association of Canada, P.O. Box 78087, Merline Postal Outlet, 1460 Merival road, Ottawa ON Canada

Основная часть книги Л.Хорвата "Минеральные виды, открытые в Канаде, и виды, названные в честь канадцев" посвящена 206 минералам, впервые описанным на территории Канады - страны, которая занимает по числу таких открытий четвертое место в мире после США, России и Германии. Каждому минеральному виду посвящена здесь отдельная страница. Для всех них даны химические формулы, симметрия, максимально подробные географические адреса первоначальных местонахождений с краткими описаниями самих находок (вмещающие породы, размеры и морфология выделений, цвет, ассоциирующие минералы и др.), происхождение названий, места хранения типовых образцов, полные литературные ссылки на первые описания, а в ряде случаев и на другие важные работы. Если открытие минерала имеет предысторию, то она изложена в специальном разделе "Примечания", который иногда включает и другую дополнительную информацию о минерале. На страничках, посвященных минеральным видам с названиями, образованными от личных имен, даны не только сведения о людях, в чью честь эти минералы названы, но и (что представляется очень важным!) портреты этих людей. Другие иллюстрации, помещенные на эти странички, представлены черно-белыми фотографиями минералов (как правило, полученными с помощью сканирующего электронного микроскопа), чертежами кристаллов, пейзажными фотографиями с мест первой находки. Отдельная вкладка содержит 39 цветных фотографий образцов наиболее красивых канадских минералов.

История открытий новых минералов в Канаде, насчитывающая уже более 220 лет, кратко описана во вводной части. Расположенные в конце книги приложения охватывают хронологию открытий канадских минералов, географию их первоначальных местонахождений (с картами-схемами), распределение этих минералов по химическим классам, указатель авторов описаний. Очень интересен раздел, посвященный излишним с точки зрения современной минералогической номенклатуры названиям, впервые введенным в литературу по результатам изучения минералов из Канады.

Самостоятельная часть посвящена 30 минеральным видам, открытым вне территории Канады, но названным в честь канадцев - минералогов, кристаллографов, геологов. Она построена так же, как и основной раздел книги, и здесь даны портреты всех этих людей.

Книгу отличают исчерпывающая полнота и детальность - качества, совершенно необходимые для справочных изданий такого характера. Имея опыт подготовки аналогичной сводки по территории бывшего СССР, я могу в полной мере оценить, насколько большой и кропотливый труд по сбору информации и (особенно!) иллюстративного материала был проделан автором книги "Минеральные виды, открытые в Канаде, и виды, названные в честь канадцев". Она получилась очень интересной, и, несмотря на высокую насыщенность фактами, читается легко, чему способствует четко продуманная форма организации материала в рамках всех разделов. Эта замечательная книга представляет собой фундаментальный труд в области истории минералогии, который может быть рекомендован не только профессионалам, но и любителям.

И.В.Пеков
Кафедра минералогии,
Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова



Формы нахождения минералов. Издательство "Ассоциация ЭКОСТ", 2002. 64 стр., 153 цв. фотографии, 7 ч/б схем, фото. Авторы текста: А.А. Годовиков и В.И. Степанов. Главный редактор М.И. Новгородова. Стоимость книги 150 руб. **Заказать можно адресу:** 125009 Москва, а/я 368, Ассоциация ЭКОСТ, minbooks@online.ru

Книга посвящена систематике и описанию разнообразных форм, известных для природных минералов. Впервые предлагается прекрасно иллюстрированный материал, позволяющий проследить эволюцию степени совершенства кристаллов минералов и зависимости от условий их образования - от практически идеальных до столь дефектных, что их с одинаковым правом можно считать и индивидами, и агрегатами. Приводится также описание закономерных и не закономерных агрегатов минералов.

Интересно сопоставление форм, образуемых минералами в легкоподвижной (газ, жидкость), в вязкой (раслав) и твердой (горные породы) средах.

Книга рассчитана на широкий круг читателей: специалистов, студентов, любителей камня.



Рис. 1. Ваза из гольцовской яшмы. Высота 26 см. XIX в. Инв. № ПДК-1626

Рис. 2. Ваза из серо-фиолетового коргонского порфира. Высота 98 см. 1872 г. Инв. № ПДК-1715.

Рис. 3. Ваза-чаша из коргонского порфира. Высота 15 см. Инв. № ПДК-1615

Рис. 4. Ваза из коргонского порфира с золоченой бронзой. Высота 29 см. Инв. № ПДК-1653

Фото М. Лейбова





Рис. 5. Трюмо из серо-фиолетового коргонского порфира. Высота 240 см. 1871–1874 гг. Инв. № ПДК-1721

Рис. 6. Ваза-кувшин из ревневской парчовой яшмы. Высота 69 см. XIX в. Инв. № ПДК-1722. Постамент из красного коргонского порфира. Высота 123 см. 1896 г. Инв. № ПДК-1702

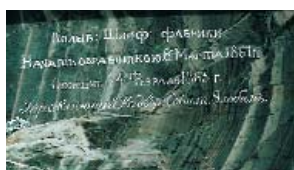
Рис. 7. Часть коллекции декоративных камней Алтая. Размер 65 x 50 см. Размер образцов 6,5 x 4,5 см. Инв. № ПДК-4170

Рис. 8. Ваза-кувшин из ревневской парчовой яшмы. Высота 69 см. XIX в. Инв. № ПДК-1722. Постамент из красного коргонского порфира. Высота 123 см. 1896 г. Инв. № ПДК-1702

Рис. 9. Надпись, выгравированная на одном из яшмовых каминов. Инв. № ПДК-1706

Рис. 10. Камин из зелено-волнистой ревневской яшмы. Высота 130 см. 1866–1869 гг. Инв. № ПДК-1705

Фото М. Лейбова





1. Топаз. Великолепно сформированный кристалл, голубой, чистой воды, имеющий грани c (001), m (110), l (120), b (010), f (011), o (111), u (112), i (113), d (101), g (130), 3 см. Мурзинка Средний Урал, Россия. (Обр. 31351)

2. Топаз. Кристалл коростеньского типа с гранями m (110), l (120), f (011), y (021), o (111), u (112), d (101), X (023), g (130), b (010), бледно-голубой, прозрачный, 5,3 x 3,5 x 2,3 см, р.Урульга, Восточное Забайкалье, Россия. Из собрания Перовского. (Обр. 31277)

3. Топаз. Кристалл ильменского типа с гранями c (001), m (110), l (120), f (011), y (021), o (111), u (112), i (113), d (101), прозрачный, голубой, 6,5 x 4,5 x 2,1 см, 159 гр. р.Урульга, Восточное Забайкалье, Россия. (Обр. 31266)

4. Топаз. Кристалл мурзинского типа с гранями c (001), m (110), l (120), y (021), прозрачный, бледно-голубой, 5 x 4,3 x 4,1 см, 153 гр. р.Урульга, Восточное Забайкалье, Россия. Из собрания Перовского. (Обр. 31275)

5. Топаз. Кристалл с гранями m (110), l (120), f (011), y (021), o (111), d (101), бледно-голубой, прозрачный, 10,5 x 9,7 x 7,1 см, 1200 г, р.Урульга, Восточное Забайкалье, Россия. Из собрания Перовского. (Обр. 31262)

6. Топаз. Дипирамидальный кристалл красновато-желтый, прозрачный, со следами растворения. 6 x 1,5 см. Вилла-Рика, Бразилия. (Обр. 31315)

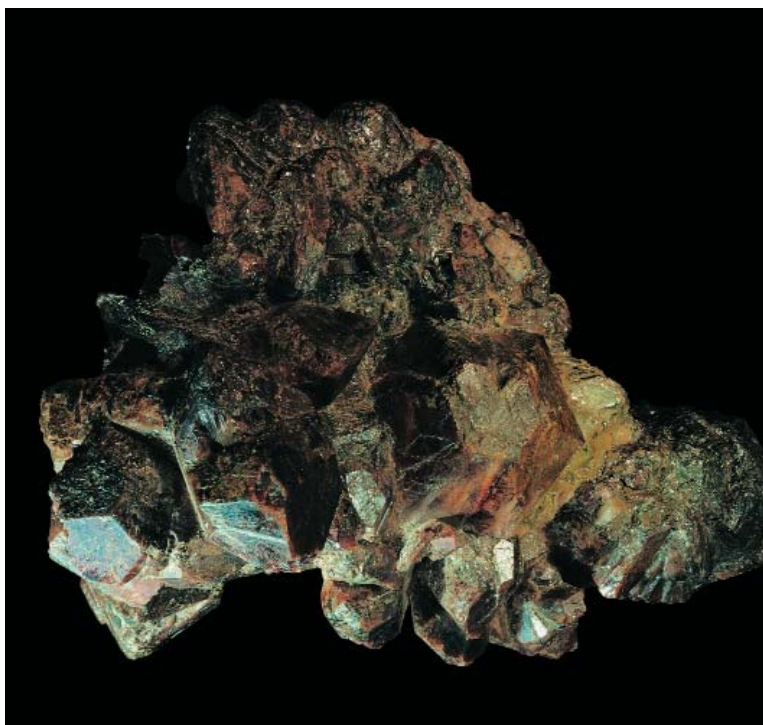
7. Топаз. Дипирамидальный кристалл, зональный розово-красный, прозрачный, со следами растворения. 8 x 3 см. Вилла-Рика, Бразилия. (Обр. 32143)

8. Топаз. Кристалл с гранями c (001), m (110), l (120), y (021), u (112), i (113), голубой, прозрачный, 8 x 3 x 2,5 см, в сростании с морионом, ортоклазом и альбитом — клевеландитом. Мурзинка Средний Урал, Россия. (Обр. 31327)



Фото М. Лейбова





9. Хризоберилл (александрит). Сросток двух тройниковых кристаллов 5 см и 4 см в поперечнике. Изумрудные копи, Средний Урал, Россия. (Обр. 30308)

10. Берилл (гелиодор). Кристалл глубокого желтого цвета, прозрачный, 3,5 см. Шерловая гора, Восточное Забайкалье, Россия. (Обр. 32250)

11. Берилл (аквамарин). Кристалл голубой, прозрачный, 13 x 4 см. р. Урульга, Восточное Забайкалье, Россия. (Обр. 32046)

12. Хризоберилл (александрит). Друза. 25 x 14 x 11 см, вес 5724 гр. Изумрудные копи, Средний Урал, Россия. (Обр. 30295)

13. Берилл (изумруд). Кристалл 12,5 x 8,5 см, вес 2225 гр. Изумрудные копи, Средний Урал, Россия. (Обр. 31219)

14. Перовскит. Друза кристаллов со слюдой, хлоритом на голубом кальците. Размер образца 17 x 10 x 8 см. Ахматовская копь, Южный Урал, Россия. (Обр. 30737)

15. Берилл (изумруд). Кристалл густого зеленого цвета, просвечивающий по краям, 7,5 x 4,3 см, вес 198 гр. Грани пришлифованы. Изумрудные копи, Средний Урал, Россия. (Обр. 31228)



Фото М. Лейбова



**16. Берилл (изумруд).**

Друза субпараллельных кристаллов, 9 x 3,5 см, вес 78 гр. Изумрудные копи, Средний Урал, Россия. (Обр. 31238)

17. Берилл (аквамарин).

Три сросшихся вместе кристалла, прозрачные, голубые, высота 11,8 см, вес 593 гр. р.Урульга, Восточное Забайкалье, Россия. (Обр. 31203)

18. Берилл (изумруд). Сrostок двух хорошо образованных кристаллов, 8 x 6 см, вес 452 гр. Изумрудные копи, Средний Урал, Россия. (Обр. 31223)



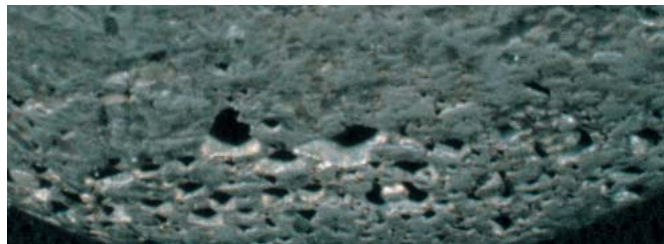
1. Общий вид ямба (размер 62 x 40 x 40 мм)

2. Мелкие штемпели на боковой поверхности ямба

3. Штемпели в углублении ямба

4. Общий вид ямба

Фото М. Лейбова



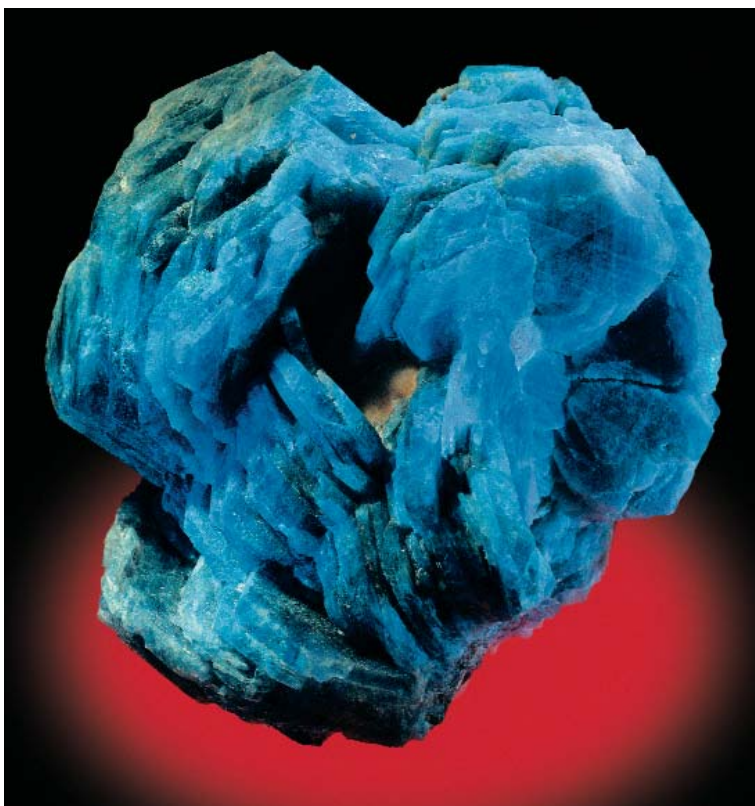


Фото М. Лейбова

1. Самородный теллур.
Фрагмент кристалла 8 x 2.5 см с включениями теннантита, жозеита, эмпрессита, сивьванита. М-ние Кочбулак, близ города Ангрен, Кураминский хребет, Узбекистан. Дар П.М. Голощукова. Обр. 89884.

2. Виллиомит. Прозрачный фрагмент кристалла. Размер 4.5 см. Рудник Коашва, Хибины, Кольский п-ов, Россия. Приобретение, 2000. Обр. 90217.

3. Корунд. Расщепленные кристаллы ("корундовая роза") Размер 10 см. Ильменские горы, Южный Урал, Россия. Приобретение. 1999.

Фото М. Лейбова



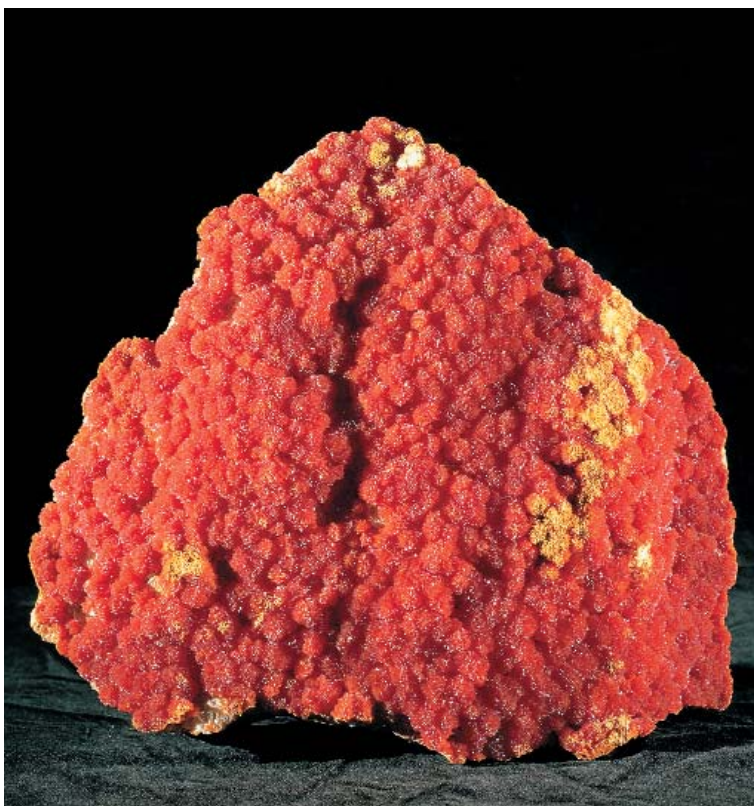
Обр. ОП2076.

4. Кальцит. Кальцитовые щетки выполняющие поверхности камер аммонитовой раковины. Диаметр 36 см. Северный Кавказ, Россия. Приобретение, 1999. Обр. ОП2081.

5. Пирит. Конкреция фаллической формы. Размер 10 см. Река Волга близ города Ульяновск, Россия. Дар Л.В. Булгака, 1999. Обр. ОП2033.

6. Аурипигмент. Корка ярко-оранжевых (желтых внутри) сферолитов на доломите. Размер штуфа 35 см. Эльбрусский рудник, Северный Кавказ, Россия. Приобретение, 2001.

Фото М. Лейбова



**7. Аметист.**

Автоэпитаксиальное нарастание "скипетр" аметиста на бесцветный кварц. Размер образца 11 см. Мангатобанги, Амбатифинандрахана (Mangatobangu, Ambatofinandrahana), Мадагаскар. Обмен, 1997. Обр. ОП1825.

8. Кварц. Друза зеленых (за счет включений геденбергита) расщепленных кристаллов кварца на андрадите. Размер 10 см.. Синереченское проявление, близ Кавалеро, Приморский край, Россия. Дар Ю.К. Пустова, 2001. Обр. 90264.

9. Кварц. Друза розоватых (за счет тонких включений гематита, гетита и лепидокрокита) кристаллов. Размер 11 см. отроги Тянь-Шаня, Чимкентская область, Южный Казахстан. Дар А.В. Ковалева, 1996. Обр. 88615.

Фото М. Лейбова



10. Глендонит. Псевдоморфоза кальцита по икаиту. Сrostки кристаллов в центрах причудливо сросшихся глинисто-карбонатных конкреций. Размер 15 см. устье реки Оленицы, Терский берег Белого моря, Кольский полуостров, Россия.

Сбор музея. А.В. Захаров, А.Б. Никифоров, М.Ю. Аносов, В.В. Левицкий. 1998. *Обр. ОП1951.*



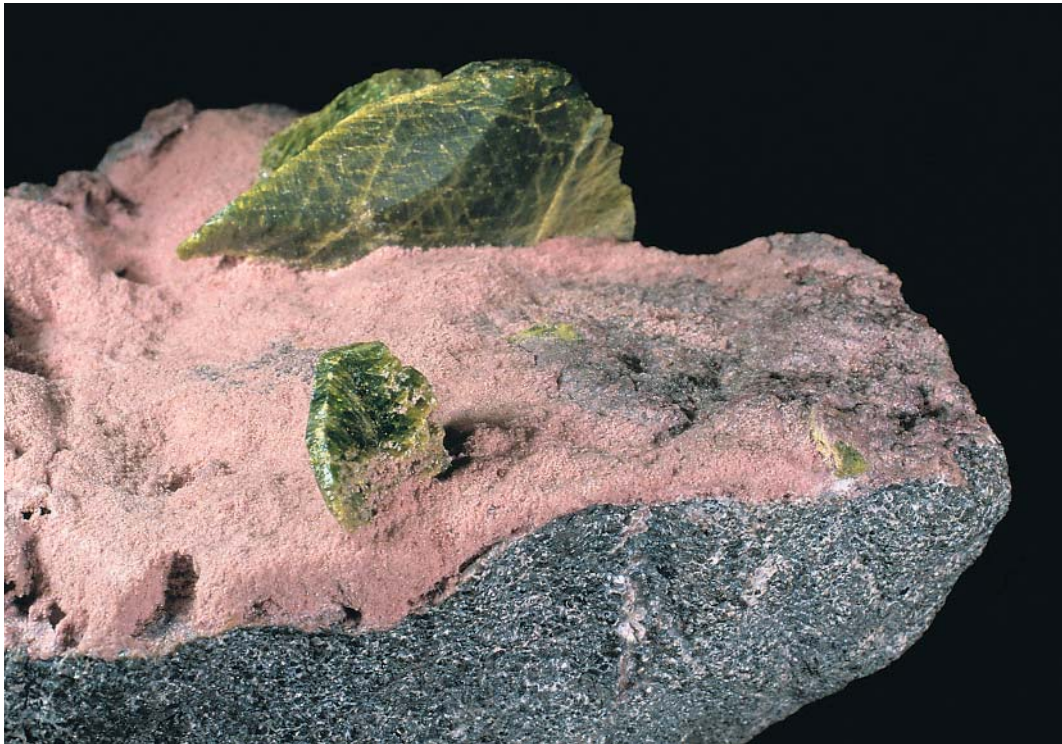
11. Глендонит. Псевдоморфоза кальцита по икаиту. Радиальный сrostок кристаллов размером до 3,5 см. Размер образца 9 см. река Большая Балахня, Хатанга, п-ов Таймыр, Россия. Дар Д.Л. Сулержицкого. 2000. *Обр. ОП2124.*

12. Глендонит. Псевдоморфоза кальцита по икаиту. Сrostки кристаллов в центрах сросшихся глинисто-карбонатных конкреций. Размер 9 см. Устье реки Оленицы, Терский берег Белого моря, Кольский п-ов, Россия. Сбор музея. А.В. Захаров, А.Б. Никифоров, М.Ю. Аносов, В.В. Левицкий. 1998. *Обр. ОП1953.*

13. Глендонит. Псевдоморфоза кальцита по икаиту. Двойниковый сrostок, обросший глинисто-карбонатной конкрецией. Размер 9 см. Устье реки Оленицы, Терский берег Белого моря, Кольский п-ов, Россия. Сбор музея. А.В. Захаров, А.Б. Никифоров, М.Ю. Аносов, В.В. Левицкий, 1998. *Обр. К4727.*

14. Глендонит. Сrostок кристаллов в глинисто-карбонатной конкреции. Срез. Размер 6 см. Устье реки Оленицы, Белое море, Кольский п-ов, Россия. Дар Д.И. Белаковского. 1998 *Обр. ОП1900.*





Обр. 90000.

15. Ст-титанил. Сдвойникованные кристаллы размером до 3.5 см на кеммерерите в массивном хромите. Размер образца 10 см. Сарановское м-ние, Средний Урал, Россия. Дар М.Ю. Аносова, 2000. Обр. 90045.

16. Эсфортит. Частично замещенный эрнститом расщепленный кристалл. Размер 9.5 см. Линополис, Дивино дас Ларанейрас, минас Жирайс (Linopolis, Divino das Laranjeiras, Minas Gerais), Бразилия. Обмен, 2001. Обр. 90319.

17. Биксбит. Черный кубический кристалл 1.2 см на топазе из пустоты в риолитах. Проявление биксбита, хр. Томас Рэндж, Джуаб каунти, шт. Юта (Bixbyite site, Thomas Range., Juab Co., Utah), США. 1998. Обр. 89227.

18. Рутил. Сдвойникованный кристалл размером 4 см на кварце. Гора Капуджук, Зангезурский хребет, Азербайджан. Приобретение, 1999. Обр. 89806.

19. Эльпидит. Пучки шестоватых кристаллов на натролите. Размер образца 15 см. Гора Аллуайв, Ловозеро, Кольский п-ов, Россия. Обмен, 2000. Обр. 90236.

20. Шеелит. Блочный дипирамидальный кристалл, Размер 12 см. Хьебаодинг Пингву, Сычуань (Xuebaoding Pingwu, Sichuan), Китай. Обмен, 2000. Обр. 89909.

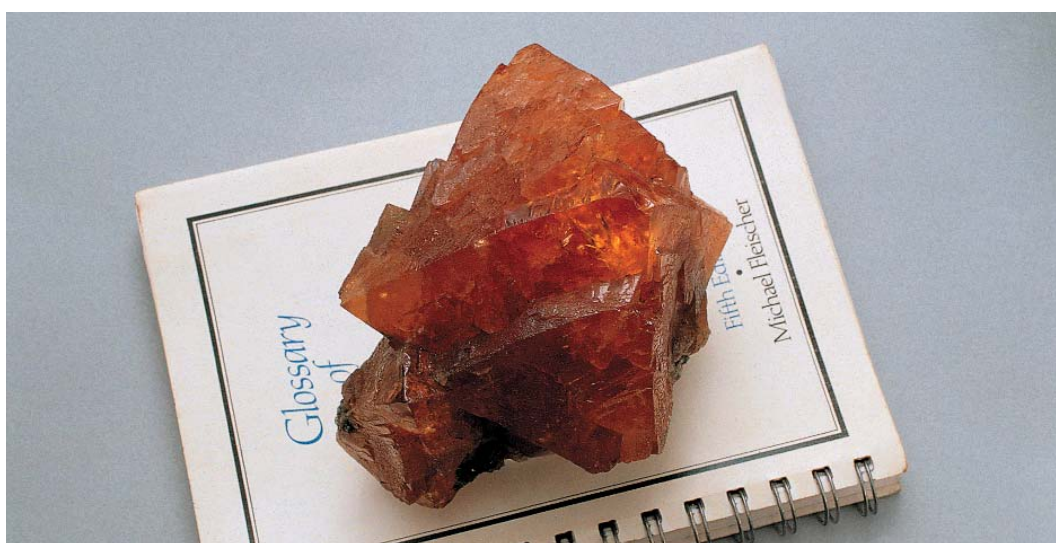


Фото Н. Пековой



21. Корунд. Кристаллы корунда в плагиоклаз-биотитовой породе. Размер 13 см. Массив Рай-Из, Полярный Урал, Россия. Обмен, 1997.

Обр. 89909. Фото М. Каламкарова.

22. Моганит. В литофизе эффузивной породе. Размер 6 см. Район Жеронимо, 150 км к СВ от Лордсбурга, шт. Нью Мексико (Geronimo Area, 100 miles NE Lordsburg, New Mexico), США. Приобретение, 1998. *Обр. ОП1914.*

Фото М. Каламкарова

23. Сидерит. Сrostки сферокристаллов. Размер до 3.5 см. пос. Дальнегорск, Приморье, Россия. Дар Стара ван Скрайвер (Star Van Scriver), 2000. *Обр. ОП2108.* Фото М. Лейбова

24. Ставролит. Двойник в слюдяном сланце. Размер 11 см. Кейвы, Кольский п-ов, Россия. Дар В.В. Левицкого, 1997. *Обр. 88824.*

Фото М. Каламкарова

25. Берtrandит. Опал-флюорит-берtrandитовая конкреция. Браш-Веллман, г. Спор, Джуаб каунти, шт. Юта (Brush-Wellman beryllium mine, Sprog Mt., Juab Co., Utah), США. Обмен, 1998. *Обр. ОП1934.* Фото М. Лейбова.

26. Перовскит. Кубоктаэдрический кристалл размером 3 см. Медведевка, близ города Златоуст, Южный Урал. Приобретение. *Обр. 89480.* Фото Н. Пековой

27. Хёгбомит. Сrostок почти черных пинакоидально-призматический кристаллов хёгбомита







Корунд, выс. 2,5 см. Майсур, Индия.
Рассеянное освещение выявляет скульптуру граней

Двойник хром-титанита, 3,5 мм.
Сараны, Урал. Умеренное диафрагмирование способствует выделению двойника на фоне окружающего его кальцита, окрашенного включениями хромистого хлорита

Топаз, 8 x 8,5 x 5 см. Вольнь, Украина. Свет подчеркивает прозрачность и форму кристалла, наличие в нем спайной трещины. Цветопередача большого кристалла соответствует оригиналу, тогда как голубая окраска левого кристалла подверглась сильному искажению (пример проблемной цветопередачи)

Ванадинит, 4 см. Туиссит, Марокко. Позиционирование образца демонстрирует параллельное и веерное расположение субиндивидов; передние грани высвечены двумя отражающими экранами

Образцы и фото Б.З. Кантора







Флюорит, 6 см. Дентон Майн, Иллинойс, США. Световое решение направлено на выявление зональности и внутренней окраски; скульптура передней грани лишь едва намечена, не "перебивая" основной рисунок

Карлсбадский двойник санидина, 3 см. Болгария. «Недостаточное» диафрагмирование отвлекает внимание от деталей прикрепления образца в нижней части снимка и одновременно способствует пластичности изображения

Гипс, псевдоморфоза по раковине, 3,5 см. Керченский п-ов, Крым, Украина. Освещение выявляет крупнокристаллическую текстуру псевдоморфозы

Образцы и фото
Б.З. Кантора



**Изделия Колыванской шлифовальной фабрики
в Минералогическом Музее им. А.Е.Ферсмана РАН**

**П.А. Кочубей и его коллекция минералов в собрании
минералогического музея им. А.Е. Ферсмана**

Берилл (аквамарин). Кристалл насыщенного сине-зеленого цвета, прозрачный, 8х3 см. Адун-Чилон, Восточное Забайкалье, Россия. (Обр. 32247)

Берилл. Кристалл несимметрично образованный с двух сторон, зеленовато-желтый, прозрачный. Оригинал работ Н.И. Кокшарова (Атлас, табл. ХУІ, фиг. 33). Мурзинка, Средний Урал, Россия. (Обр. 32261)

Топаз. Кристалл с хорошо образованными гранями с (001), *m* (110), *l* (120), *M* (230), *b* (010), *f* (011), *y* (021), *o* (111), *u* (112), *i* (113), *d* (101), *g* (130) с обоих концов и гранью *r* (121) на одном из них, голубой, прозрачный, 2 см. Мурзинка Средний Урал, Россия. (Обр. 31291)

Топаз. Кристалл с хорошо образованными обоими окончаниями, имеющий грани с (001), *m* (110), *l* (120), *g* (130), *n* (140), *b* (010), *f* (011), *y* (021), *o* (111), *u* (112), *i* (113), *d* (101), *r* (121), *w* (041), *h* (103), прозрачный, бесцветный, 2 см. Ильменские горы, Средний Урал, Россия. (Обр.31309)

Топаз. Дипирамидальный кристалл, прозрачный, фиолетово – красный. Бакакинский прииск, р.Каменка, Средний Урал, Россия. (Обр.31318)

Хризоберилл (александрит). Двойник в виде «сердечка» 1см. Изумрудные копи, Средний Урал, Россия. (Обр.30331)

Фотографирование минералов

Подписуточные подписи:

Список и подписи к фотографиям для обзора новых поступлений за 1997-2001 год.

размером до 3 см в клинохлоре. Размер образца
6 см. Медведевка, близ города Златоуст, Южный Урал. Приобретение, 1999. Обр. 89863.
Фото Н. Пековой