

Б. В. Чесноков, А. В. Рочев, Л. Ф. Баженова

**НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ ИЗ ГОРЕЛЫХ ОТВАЛОВ  
ЧЕЛЯБИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА  
(СООБЩЕНИЕ ДЕВЯТОЕ)**

B. V. CHESNOKOV, A. V. ROCHEV, L. F. BAZHENOVA  
NEW MINERALS FROM OLD-BURNING DUMPS  
OF THE CHELYABINSK COAL BASIN (THE NINTH  
PRESENTATION)

Are given description of two new mineral varieties (demidovskite and chlorosiderite) and pure fluoric members of humite group (norbergite, chondrodite, humite and clinohumite).

В данной статье продолжено описание новых находок в горелых отвалах бассейна.

**Новые минеральные виды**

**Д е м и д о в с к и т** (demidovskite)—  
 $\text{Ca}_{18}\text{Fe}^{3+}_{15}\text{Al}_1\text{Si}_4\text{O}_{47}\text{Cl}_6$ , кубический. Установлен Б. В. Чесноковым в образцах, отобранных им же осенью 1995 г. на горелом терриконе шахты 45 (Копейск). Название дано в честь научного Демидовского фонда (г. Екатеринбург).

Дифрактограмма демидовскита аналогична дифрактограммам ранее изученных хлормайенитов, силикохлормайенитов и хлоргибшитов [4, 5]. Но значение параметра  $a_0$  его заметно больше параметров последних. Поскольку демидовскит почти черный и умеренно магнитен, предполагалось, что увеличение  $a_0$  связано с вхождением  $\text{Fe}^{3+}$  за счет Al. По диаграмме зависимости  $a_0$  от содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в хлормайенитах [5] путем экстраполяции было определено содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в демидовските порядка

40 мас. %. Если хлормайенит, силикохлормайенит и хлоргибшит являются членами ряда майенит-гроссуляр ( $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ ), то новый минерал предположительно был отнесен к ряду «Fe-майенит»-андрадит ( $12\text{CaO}\cdot 7\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ ). Проведенные затем микрозондовые анализы подтвердили это предположение.

Образец с демидовскитом — обломок уплощенного «ореха», образовавшегося при обжиге куска окаменелого дерева доломитового состава [3, 6] (рис. 1). Размер его около 6x10 см; впоследствии он был разбит на несколько кусков. Ядро «ореха» светло-серое (до белого) и состоит из карбонатов Mg и Ca — продуктов изменения первичных извести и периклаза. Толщина уплощенного ядра доходит до 2,5 см. Скорлупа «ореха» зеленовато-белая, толщиной до 1 см. Она сложена микрокристаллическим хлоргибшитом [4] с примесью белых землистых карбонатов, в основном кальцита. С внешней стороны к скорлупе примыкает вишнево-красная горелая порода (горельник), состоящая из сильно обожженных кусков аргиллитов, алевролитов и др.

На границе ядра и скорлупы находится прослойка силикохлормайенита [5] рыхлого и плотного сложения, зеленоватого или оранжевого цвета. Оранжевые участки — продукт частичного выветривания силикохлормайенита. В ряде мест силикохлормайенит имеет опаловидный облик: плоско-раковистый излом, жирный блеск, желтовато-зеленый цвет, твердость около 5. Неправильные выделения опаловидного силикохлормайенита

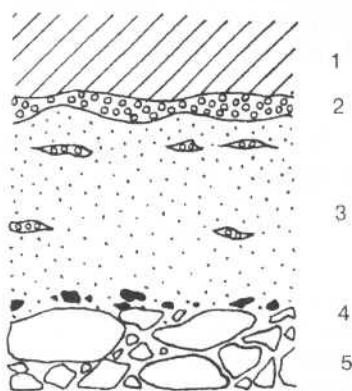


Рис. 1. Схематический разрез образца с демидовскитом:

1 — белое ядро (карбонаты Mg и Ca), 2 — зеленоватый и оранжевый силикохлормайенит, 3 — зеленовато-белая хлоргибшитовая «скорлупа». 4 — выделения демидовскита (черное), 5 — горелая порода

находятся и в толще самой скорлупы (см. рис. 1).

Демидовскит образует мелкие вкрапления (до 1—5 мм) в зоне скорлупы, прилегающей к горельнику (см. рис. 1). В этой зоне наблюдаются и мелкие скопления тоннокристаллического гематита.

Идиоморфных выделений демидовскита не встречается. Цвет демидовскита варьирует от очень темного коричневого до коричнево-черного. Черта темная зеленовато-желтая с коричневым оттенком. В тонких осколках просвечивает зеленовато- или желтовато-коричневым, а иногда красновато-коричневым. Блеск от смолистого до алмазовидного. Излом от плоскораковистого до неровного. Спайность весьма несовершенная (по кубу?). Твердость около 5, хрупкий. Магнитен, притягивается обычным магнитом. В иммерсионных жидкостях изотропен. Осколки остроугольные и прозрачные, с равномерной яркой зеленовато-желтой окраской. Наиболее крупные осколки имеют яркий зеленовато-коричнево-желтый цвет. Показатель преломления  $n=1.90$  (определено в сплавах).

Демидовскит в полированном шлифе в отраженном свете серый, изотропный. Отражательная способность около 10 % (табл. 1, рис. 2). Для сравнения приведены данные о светоотражении опаловидного зеленовато-

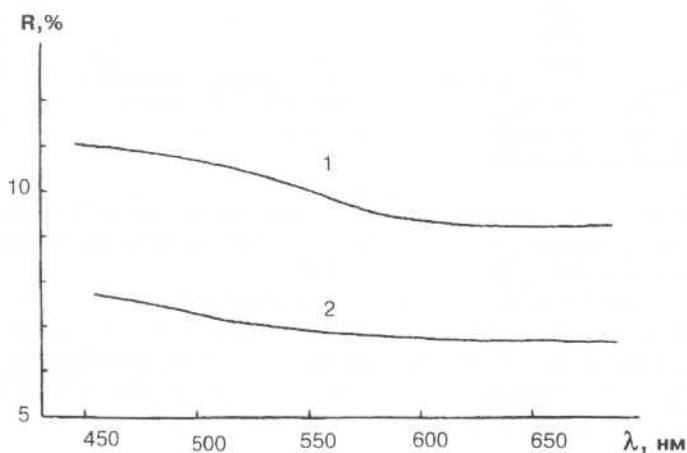


Рис. 2. Светоотражение демидовскита (1) и силикохлормайенита (2).

Таблица 1

Светоотражение демидовскита (1)  
и силикохлормайенита (2)

$\lambda$ , нм	1	2
	054-530(3)	054-530(4)
450	10.9	-
460	10.9	7.6
470	11.0	7.6
480	10.9	7.6
490	10.6	7.3
500	10.5	7.1
510	10.7	7.1
520	10.4	7.0
530	10.3	7.0
540	10.1	7.0
550	10.0	7.0
560	9.9	6.9
570	9.7	6.8
580	9.6	6.8
590	9.4	6.8
600	9.4	6.8
610	9.3	6.7
620	9.3	6.7
630	9.2	6.6
640	9.4	6.7
650	9.3	6.7
660	9.3	6.7
670	9.4	6.7
680	9.3	6.7

*Примечание.* Прибор типа ПООС-1, эталон кремний; измерения выполнены А. В. Рочевым в лаборатории музея Ильменского заповедника.

желтого силикохлормайенита из того же образца. В демидовските встречаются отдельные участки с мелкой вкрапленностью ацикулита ( $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Микрондовый анализ демидовскита (табл. 2) выполнен А. В. Рочевым в лаборатории Института минералогии на приборе GEOL-Superprobe-733. Были использованы следующие стандарты: скаполит (Al, Na, S, Cl), осумилит (Si, Fe, K), авгит (Mg, Ca) и ильменит (Ti, Mn).

Таблица 2  
Химический состав демидовскита, проба 054—530(3)

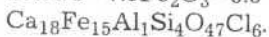
Компоненты	Мас. %	Молекул. количества	При $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 8.00$
$\text{SiO}_2$	9.23	0.1536	4.15
$\text{TiO}_2$	0.28	0.0035	0.09
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1.56	0.0153	0.41
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	44.84	0.2808	7.59
$\text{MnO}$	0.64	0.0090	0.24
$\text{MgO}$	0.07	0.0017	0.05
$\text{CaO}$	38.24	0.6819	18.42
$\text{Na}_2\text{O}$	0.02	-	-
$\text{K}_2\text{O}$	0.00	-	-
$\text{SO}_3$	0.00	-	-
Cl	7.46	0.2103	5.68
Сумма	102.34		
-O=Cl	1.68		
Сумма	100.66		

Примечание. Фтор не обнаружен.

Эмпирическая формула демидовскита:



В упрощенном виде:



Таким образом, демидовскит является силикохлороферритом кальция с незначительной примесью Al, Mn, Ti и Mg.

Пересчет химического анализа демидовскита на миалы проведен по той же схеме, что и для силикохлормайенита [5]. Содержания миалов (мол. %) следующие:

1. Fe-игумновит — $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Cl}_{12}$ .....	47.03
2. Андрадит — $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$ .....	26.71
3. Fe-майенит — $12 \text{CaO} \cdot 7 \text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	22.03
4. Майенит — $12 \text{CaO} \cdot 7 \text{Al}_2\text{O}_3$ .....	3.09
5. Гематит — $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	1.14
Сумма	100.00

Таблица 3

Дифрактограмма демидовскита, проба 054—530(3)

I	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{выч}, \text{Å}$	hkl	I	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{выч}, \text{Å}$	hkl
1	5.47	5.46	210	4	1.726	1.726	710
22	4.95	4.98	211	16	1.691	1.693	640
10	4.30	4.32	220	4	1.661	1.661	721
2ш	3.86	3.79	310	28	1.633	1.631	642
10	3.26	3.26	321	4	1.551	1.550	561
46	3.04	3.05	400	6	1.527	1.526	800
100	2.726	2.729	420	5	1.506	1.502	811
10ш	2.597	2.602	332	5	1.419	1.419	831
58	2.491	2.491	422	1	1.382	1.382	752
5ш	2.389	2.394	431	4	1.365	1.365	840
13	2.225	2.228	521	1	1.347	1.348	383
2	2.091	2.093	530	5	1.332	1.332	842
6	1.979	1.980	611	1	1.317	1.316	716
2	1.881	1.883	541	2	1.302	1.301	664
5	1.762	1.762	444				

Примечания: 1 — Дифрактометр ДРОН-2.0;  $\text{CuK}_{\alpha}$ , монохроматор. Лаборатория ИМин УрО РАН. 2 — ш — широкая линия.

В составе демидовскита значительно преобладают миалы, относящиеся к структурному типу майенита [5]: Fe-игумновит, Fe-майенит и майенит (72.15 мол. %).

Дифрактограмма демидовскита (табл. 3) очень сходна с дифрактограммами майенита, хлормайенита, силикохлормайенита и хлоргибшита. Но значение параметра  $a_0$  демидовскита (12.20Å) существенно выше значений  $a_0$  указанных минералов (порядка 12.0Å). Расчетная плотность демидовскита ( $z=2$ ) равна 4.86 г/см<sup>3</sup>.

Повышенное значение параметра  $a_0$  демидовскита обусловлено высоким содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (рис. 3). Непротиворечивость положения точки демидовскита еще раз подтверждает общность указанных минералов.

Маложелезистые члены ряда хлормайенит-силикохлормайенит практически бесцветны. По мере увеличения содержания железа цвет минералов изменяется от слабого зеленовато-желтого до довольно густых желтовато-зеленых тонов [5]. Соответственно, изменяется и их общий химизм (табл. 4).

В изученном образце по направлению от ядра к внешней границе скорлупы цвет «майенитов» становится всё более интенсивным (см. табл. 4, от 054-530 (1) до

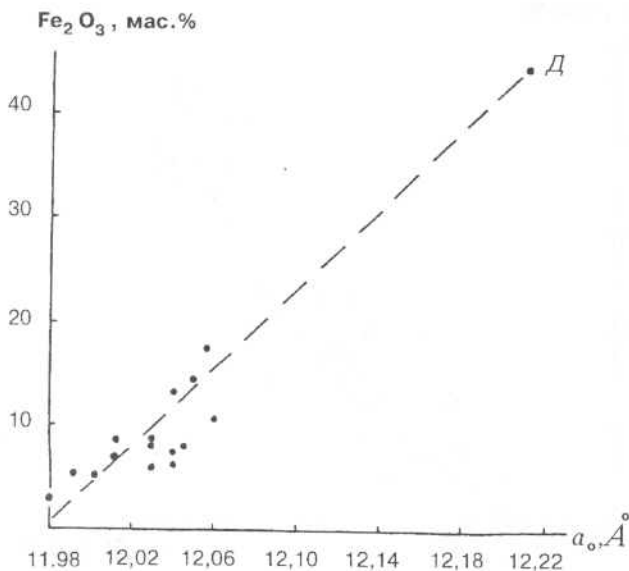


Рис. 3. Зависимость  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $a_0$  в хлормайенитах, силикохлормайенитах и в демидовските (Д).

демидовскита). В этом сказалось влияние горелой породы, довольно сильно ожелезненной (тонкокристаллический гематит). Максимально это влияние проявилось во внешней и приконтактной зоне скорлупы, где располагаются выделения демидовскита (см. рис. 1).

Содержания  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Cl}$  в демидовските также согласно «вписываются» в общую картину отношений этих компонентов для рассматриваемого ряда (рис. 4).

Приведенные выше сведения позволяют сделать заключение, что демидовскит является кубическим гранатомидом,  $\text{Fe}^{3+}$ -аналогом силикохлормайенита. Можно также говорить о «чистом» демидовските (без  $\text{Si}$  и  $\text{Cl}$ ), как минерале,  $\text{Fe}^{3+}$ -аналог «чистого» майенита:  $\text{Ca}_{12}\text{Fe}^{3+}_{14}\text{O}_{33}$  и  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$  соответственно. Находки реального «чистого» демидовскита вполне возможны.

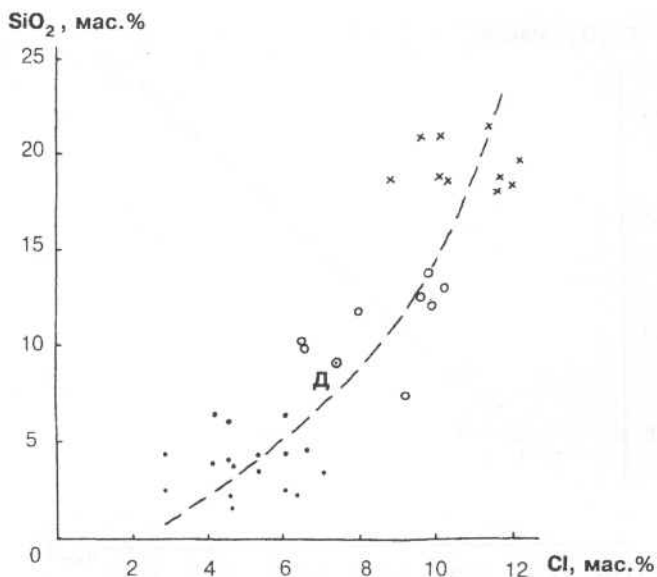


Рис. 4. Зависимость  $\text{SiO}_2$ -Cl в хлормайенитах (точки), силикохлормайенитах (кружки), хлоргибшитах (крестики) и в демидовските (Д).

Таблица 4

Основные компоненты химического состава гранатоидов структурного типа майенита

Минералы	№ пробы	Компоненты, мас.%				
		$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	CaO	$\text{SiO}_2$	Cl
Хлормайенит, почти бесцветный	054-453	6.25	42.15	46.33	1.73	4.73
Силикохлормайениты:						
Зеленовато-желтоватый	054-530(1)	6.39	30.04	45.23	11.77	7.95
Зеленовато-желтый, опаловидный	054-530(4)	13.07	24.14	43.92	11.96	9.89
Более темный	054-530(2)	17.92	19.85	42.71	12.56	9.64
Зеленовато-желтый						
Демидовскит (почти черный)	054-530(3)	44.84	1.56	38.24	9.23	7.46



Находки демидовскита возможны в высокотемпературных контактовых образованиях, например, в связи с ксенолитами карбонатных пород в вулканитах.

Авторы изучения и описания: Б. В. Чесноков, А. В. Рочев.

Авторы выражают благодарность Л. А. Паутову и В. Ю. Карпенко (лаборатория музея Ильменского государственного заповедника им. В. И. Ленина) за помощь в проведении микросондовых анализов и в определении светоотражения образцов.

**Хлоросидерит** (chlorosiderite)— $4\text{Fe}^{2+}(\text{OH})_2 \cdot \text{Fe}^{3+}\text{OCl} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , тригональный. Найден и определен Б. В. Чесноковым весной 1996 г. на горелом терриконе шахты 47 в Копейске. Является  $\text{Fe}^{2+}$ -аналогом айоваита  $4\text{Mg}(\text{OH})_2\text{Fe}^{3+}\text{OCl} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , где  $x$  меняется от 0 до 4, [8, карта 20—500]. Назван по химическому составу.

Хлоросидерит представляет собою продукт изменения железного предмета (обрезок железного желоба  $6 \times 14 \times 15$  см), находившегося на почве экскаваторного забоя у подошвы восточного склона террикона. На этом предмете местами сохранилась толстая корка черной отвальной массы, по составу которой можно считать, что ранее предмет находился в «черном блоке» (обилие углеродистого сажистого вещества и мелких обломков термоантрацита) [6]. На подошве забоя образец оказался или же осенью 1995 г., или же весной 1996 г. В железе образца находятся многочисленные шарообразные псевдоморфозы тонкодисперсного графита и железа по кристаллам высокоуглеродистого карбида железа [6]. Ранее оголившаяся от корок поверхность металла была покрыта пленками и корочками землистого коричнево-желтого акаганеита. Там, где корки сохранились, под ними находился зелено-черный слой хлоросидерита толщиной до 2—3 мм. Во многих местах в этом слое были тонкие прослойки и пятна акаганеита, которые являются продуктом изменения хлоросидерита.

По общему виду хлоросидерит напоминает почти черный глауконит. Он зелено-черный, с матовым блеском. В изломе местами блеск смолистый. Черта серо-зеленая. Мягкий, игла входит в него, как в пластичное тело, оставляя блестящий след. Твердость около 1.5. Слабо магнитен.

В закрытой трубке выделяет много воды, после прокаливания красно-бурый и магнитный. Перед паяльной трубкой оплавляется в черный магнитный шлак.

В воде заметно не растворяется, но дает яркую реакцию на  $\text{Cl}^-$  с  $\text{AgNO}_3$ . В  $\text{HCl}$  быстро разлагается, окрашивая раствор в зеленовато-желтый цвет. Разлагается в  $\text{HNO}_3$ , раствор коричневый, реакция на  $\text{Cl}^-$  с  $\text{AgNO}_3$  яркая.

В иммерсии прозрачен только в очень тонких чешуйках, которые имеют зеленый цвет. Спайность весьма совершенная, по {0001}. Одноосный,  $n$  около 1.69.

На открытом воздухе быстро окисляется — ржавчатая пленка акаганеита появляется уже через сутки. Раздавленные частицы уже через несколько часов переходят в акаганеит (проверено рентгенографически). Храниться должен в герметически закрытой посуде (лучше всего — в запаенных стеклянных ампулах).

Дифрактограмма хлоросидерита (табл. 5) сходна с порошкограммой айоваита. Она также имеет значительное сходство с порошкограммами практически всех других членов группы гидроталькита. Параметры ячейки хлоросидерита (в скобках — данные для айоваита [8]):  $a=3.13\text{Å}$ ,  $c=23.45\text{Å}$  (3.119 и 24,  $25\text{Å}$ ),  $z=1$ . На дифрактограмме и на дебаграмме хлоросидерита имеются отражения акаганеита,

Таблица 5  
Порошкограммы хлоросидерита (1) и айоваита (2)

1				2 [8, карта 20-500]		
I	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	hkl	I	$d, \text{Å}$	hkl
100	7.76	7.82	003	100	8.11	003
36	3.87	3.91	006	40	4.05	006
-	-	-	-	<2	2.697	009
13	2.68	2.64	012	18	2.639	012
20	2.32	2.35	015	25	2.363	015
6	1.998	1.991	018	20	2.019	0.012, 018
2	1.781	1.774	1.0.10	4	1.805	1.0.10
1	1.676	1.676	0.1.11	6	1.710	0.1.11
5	1.558	1.566	110	8	1.560	110
3	1.541	1.536	113	14	1.530	113

Примечания: 1 — проба 054-531(1), дифрактометр ДРОН-2.0;  $\text{CuK}_\alpha$ , монохроматор. Лаборатория ИМин УрО РАН. 2 — D=114.6 мм,  $\text{CuK}_\alpha$ , Ni-фильтр. Имеется еще 19 линий до 0.776 (I=6-2).

что указывает на частичную окисленность материала. Кроме того, имеются слабые отражения, по-видимому, соответствующие амакиниту- $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , тригональный.

Химический анализ пробы хлоросидерита, содержащий примесь рыжеватого порошкообразного акаганейта, выполнен Л. Ф. Баженовой (лаборатория ИМин) (табл. 6). Данные анализа показывают также существенную окисленность материала (как исходной пробы, так и добавочное окисление при манипуляциях, связанных с анализом). Общее содержание железа в пробе несколько больше теоретического за счет замещения части кислорода на хлор.

Зелено-черный (до черно-зеленого) минерал, весьма сходный с хлоросидеритом, встречался нам в горелых отвалах ранее неоднократно. Обычно он имел вид тонких пленок и корочек на поверхности свежего излома псевдоморфоз гематита и магнетита по массивным железным предметам. Небольшое количество вещества и быстрый его переход в акаганейт не позволили это вещество исследовать.

Авторы изучения и описания: Б. В. Чесноков и Л. Ф. Баженова.

#### Чисто фтористые члены группы гумита

Ранее чисто фтористые норбергит, хондродит, гумит и клиногумит не встречались [1], хотя их синтетические фтористые аналоги были известны [2, 8]. В горелых отвалах Челябинского бассейна фтористые «гумиты» редкости не представляют. Здесь они являются составными частями высокотемпературных пневматолитовых

Таблица 6  
Химический состав хлоросидерита (проба 054-531-1)

Компоненты	Мас. %	Мас. % в $4\text{Fe}(\text{OH})_2$ $\text{FeOCl}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
FeO	29.8	53.34
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	-	14.81
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ общ.	73.76	74.08
$\text{H}_2\text{O}$	-	26.72
Cl	7.92	6.58
Сумма		101.45
-O=Cl		1.45
Сумма		100.00

Примечание. MgO и CaO не обнаружены.

образований скарноподобных корок, окружающих сильно преобразованные куски окаменелого дерева доломитового состава [6]. В красных отвальных спеклах (окислительный обжиг) они ассоциируют с анортитом, фторамафиболом, гематитом, а в «черных блоках» (сильное прокалывание в восстановительных условиях) — с форстеритом, анортитом, фассаитом, шпинелью, пирротином, селлаитом, графитом и сажистым углеродом. В кавернозных скарноподобных корках «гумиты» образуют отдельные зерна и кристаллы, а также друзовые корочки и разнообразные сростания друг с другом, с форстеритом, шпинелью или с селлаитом. Размеры их индивидов редко превышают 1 мм. В углеродизированных кусках окаменелого дерева [6] нередки кристаллические корочки «гумитов», возникших на месте бывших в доломите кварцевых жилков.

Химический состав «гумитов» определен в лаборатории ИМин УрО РАН на приборе GEOL-Superprobe 733 А. В. Рочевым. Были использованы в качестве эталонов скаполит (Al, Na, S, Cl), осумилит (Si, Fe, K), авгит (Mg, Ca) и F-амфибол.

В табл. 7. показано, что исследованные «гумиты» являются чисто фтористыми. Присутствия  $\text{OH}^-$  в них не обнаружено: при сильном прокалывании в закрытой трубке налетов не выделяют, на дериватограммах (лаборатория ИМин) эффектов и потерь массы практически нет, на ИК-спектрах  $\text{OH}^-$ —полосы отсутствуют (данные Н. В. Чуканова).

Таблица 7  
Содержание фтора в минералах группы гумита  
и в синтетических F-аналогах

Название	Формула	F, мас. %		
		1	2	3
Норбергит	$1\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$	18.72	19.27	16.77
Хондродит	$2\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$	11.05	11.12	8.51
Гумит	$3\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$	7.84	7.84	4.79
Клиногумит	$4\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$	6.08	5.39	5.04

Примечания: Содержания F: 1 — вычисленные по идеальной формуле, 2 — для минералов из горелых отвалов Челябинского бассейна, 3 — максимальные содержания по данным справочника [1].

Показатели преломления изученных проб (табл. 8) близки к показателям преломления синтетических F-аналогов. Некоторые их превышения связаны с присутствием в пробах Fe и Ca (см. ниже). Также близки изученные пробы к синтетическим F-аналогам и по значениям параметров элементарных ячеек (лаборатория ИМин УрО РАН) (табл. 9).

Таблица 8  
Показатели преломления минералов группы гумита и синтетических F-аналогов [2]

Минералы и F-аналоги	$n_g$	$n_m$	$n_p$	$n_g - n_p$
Норбергит 054E-6	1.585	1.566	1.558	0.027
$Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	1.570	1.552	1.548	0.022
Хондродит 054-367-10	1.620	1.598	1.588	0.032
$2Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	1.612	1.594	1.582	0.030
Гумит 054-473-12	1.633	1.608	1.602	0.032
$3Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	1.630	1.606	1.598	0.032
Клиногумит 054-328	1.638	-	1.610	0.028
$4Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	1.636	1.618	1.608	0.028

Примечание. Для норбергита — данные С. В. Ефремова.

Таблица 9  
Параметры элементарных ячеек минералов группы гумита и синтетических F-аналогов [8]

Минералы и F-аналоги	Проба, карта	$a_0$	$b_0$	$c_0$	$\beta$	Простр. группа	z
Норбергит	054E-6	10.27	8.73	4.68	-	-	-
$Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	11-686	10.271	8.727	4.709	-	Pnma	4
Хондродит	054-367-10	10.26	4.73	7.80	109.23°	-	-
$2Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	14-10	10.27	4.75	7.80	109.2°	P2 <sub>1</sub> /a	2
Гумит	054-473-12	10.24	20.73	4.74	-	-	-
$3Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	12-755	10.243	20.72	4.735	-	Pnma	4
Клиногумит	054-328	13.60	4.76	10.24	101.05°	-	-
$4Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$	14-9	13.68	4.76	10.23	101.00°	P2 <sub>1</sub> /c	2

На рис. 5 отражены вариации содержаний  $\text{SiO}_2$  и F (по идеальным формулам) членов группы гумита. Характерно, что содержания  $\text{MgO}$  у них почти одинаковые. Получается «магниевое коромысло» для членов группы гумита.

По нашему мнению, чисто фтористые члены группы гумита могут считаться новыми минеральными разновидностями. Их присутствие, возможно, указывает на то, что в составе горячих газов в соответствующих частях террикона не было воды.

**Норбергит** —  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$ , ромбический. Установлен в горелых отвалах террикона ш. 45 С. В. Ефремовым [3]. Кристаллы (около 1 мм) (рис. 6) находятся на стенках полостей в спёке вместе с кристаллами анортита, F- амфибола и гематита. Цвет светлый красновато-коричневый, блеск стеклянный, твердость около 6, хрупкий, спайность ясная по {001}. Химический состав (табл. 10) и порошкограммы (табл. 11) близки к таковым синтетического F-аналога.

Наиболее часто норбергит встречается в «черных блоках» [6], где он образует кавернозные серые мелкозернистые корочки в углеродистой массе измененных кусков окаменелого дерева и в силикатных ореолах вокруг таких кусков. Вместе с норбергитом здесь находятся хондродит, клиногумит, форстерит, шпинель, флюорит, селлаит, когенит, моносulfиды железа.

Авторы изучения и описания: С. В. Ефремов, Б. В. Чесноков, А. В. Рочев.

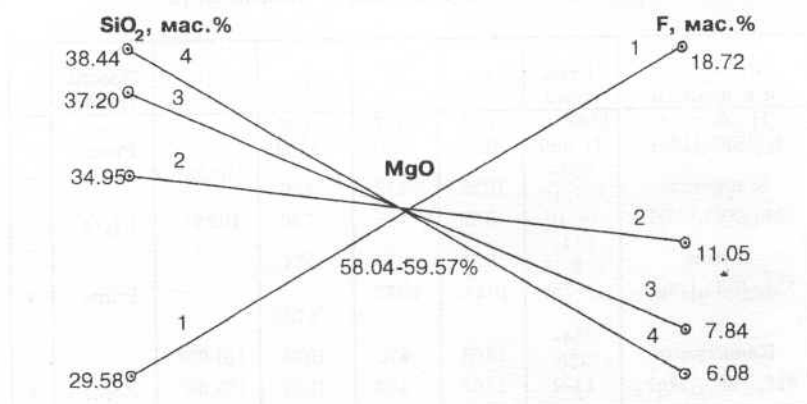


Рис. 5. «Магниевое коромысло» для членов группы гумита: 1 — норбергит, 2 — хондродит, 3 — гумит, 4 — клиногумит.

Таблица 10  
Химический состав норбергита (1) (проба 054Е-6)  
и вычисленный для  $Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2(2)$

Компоненты	Мас. %	
	1	2
SiO <sub>2</sub>	29.58	29.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	-
FeO	1.11	-
MgO	58.00	59.57
CaO	0.20	-
Na <sub>2</sub> O	1.02	-
K <sub>2</sub> O	0.01	-
F	19.27	18.72
Cl	0.02	-
Сумма	108.22	107.88
-O=F	8.11	7.88
Сумма	100.11	100.00

Таблица 11  
Порошковые диаграммы норбергита (проба 064Е-6) (1)  
и синтетического F-норбергита  $Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$ ,  
[8, карта 11-686](2)

1				2		
I	d <sub>изм.</sub> Å	d <sub>норб.</sub> Å	hkl	I	d, Å	hkl
4	5.13	5.13	200	18	5.14	200
4	4.34	4.36	020	30	4.371	020
5	3.35	3.32	220	20	3.327	220
2	3.21	3.22	211	25	3.227	211
10	3.04	3.05	121	100	3.058	121
2	2.72	2.71	221	12	2.716	221
7	2.63	2.63	311	75	2.639	311
3	2.47	2.46	410	16	2.466	410
4	2.41	2.40	131	35	2.408	131
3	2.33	2.33	321	35	2.337	321
1	2.28	2.28	102	16	2.296	102
5	2.24	2.25	401	70	2.255	401
5	2.22	2.23	231	80	2.230	231
2	2.02	2.02	122	10	2.032	122
3	1.940	1.942	141	14	1.9442	141
3	1.834	1.838	511	10	1.8408	511
10	1.722	1.719	232	50	1.7241	232
2	1.702	1.696	412	14	1.7022	412
2	1.594	1.593	620	10	1.5938	620
6	1.476	1.476	351	-	-	-

Примечание. 1 — РКД 57.3 мм, FeK<sub>α</sub>, Mn- фильтр. Данные С. В. Ефремова, лаборатория ИМин. 2 — Дифрактометр, CuK<sub>α1</sub>, Ni-фильтр. Ряд слабых отражений эталона здесь не приведен.

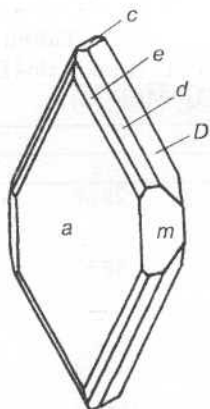


Рис. 6. Кристалл норбергита, проба 054Е-6.

$c\{001\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $D\{011\}$ ,  
 $d\{111\}$ ,  $e\{211\}$

### Хондродит

—  $2Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$ , моноклинный. Уставлен Б. В. Чесноковым в горелом терриконе ш. 45 [6]. Находится в «черных блоках» в виде мелкозернистых корочек и отдельных зерен, кристаллов и их сростков вместе с клиногумитом, норбергитом и др. (см. норбергит). Цвет зерен обычно светло-серый, иногда зеленовато-желтый, желтовато-зеленый и «золотистый». Кристаллы достигают 1—1.5 мм, они изометричны или удлинены по  $[010]$ , богаты гранями (рис. 7). Состав (табл. 12)

и дифрактограмма (табл. 13) близки к таковым синтетического F-аналога.

Авторы изучения и описания: Б. В. Чесноков, А. В. Рочев.

Таблица 12

Химический состав хондродита «золотистого»(1)  
(проба 054-367-10), желтовато-зеленого (2)  
(проба 054-367-1) и вычисленный для  
 $2Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$  (3)

Компоненты	Мас. %		
	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	34.01	34.75	34.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.00	-
FeO	0.61	0.26	-
MgO	57.32	58.93	58.64
CaO	0.73	0.11	-
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.02	-
K <sub>2</sub> O	0.01	0.01	-
F	11.12	11.14	11.05
Cl	0.02	0.03	-
Сумма	103.86	105.25	104.64
-O=F	4.68	4.69	4.64
Сумма	99.18	100.56	100.00



Таблица 13

Диффрактограммы хондродита (проба 054-367-10)(1)  
и синтетического  $2\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$ [8, карта 14-10] (2)

1				2		
I	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	hkl	I	$d, \text{Å}$	hkl
3	7.38	7.37	001	10	7.418	001
47	4.85	4.85	200	40	4.854	200
13	3.98	3.98	011	20	3.992	011
-	-	-	-	18	3.948	$\bar{1}11$
-	-	-	-	12	3.897	-
28	3.68	3.68	002	25	3.685	002
36	3.55	3.55	201	40	3.554	201
21	3.47	3.47	111	30	3.477	$\bar{1}11$
12	3.38	3.39	$\bar{2}11$	25	3.390	$\bar{2}11$
36	3.00	3.01	$\bar{1}12$	45	3.007	$\bar{1}12$
4	2.90	2.91	012	16	2.910	012
7	2.84	2.84	$\bar{2}12$	16	2.842	$\bar{2}12$
25	2.76	2.76	$\bar{3}11$	35	2.764	$\bar{3}11$
48	2.67	2.67	$\bar{3}10$	45	2.672	$\bar{3}10$
25	2.61	2.60	112	55	2.605	112
33	2.51	2.51	$\bar{3}12$	40	2.512	$\bar{3}12$
5	2.46	2.46	003	12	2.461	003
17	2.42	2.42	400	18	2.428	400
15	2.31	2.32	311	25	2.318	311
-	-	-	-	20	2.301	120
47	2.27	2.27	$\bar{1}13$	100	2.272	$\bar{1}13$
100	2.25	2.24	$\bar{1}21$	100	2.252	$\bar{1}21$
5	2.14	2.15	121	16	2.149	121
5	2.02	2.02	122	10	2.025	$\bar{1}22$
4	2.00	2.01	113	10	2.009	113
3	1.943	1.942	$\bar{3}21$	10	1.945	$\bar{3}21$
10	1.877	1.879	$\bar{5}11$	8	1.882	$\bar{5}11$
2	1.849	1.850	$\bar{5}12$	10	1.851	$\bar{5}12$
8	1.798	1.794	510	16	1.795	510
5	1.790	1.787	$\bar{1}14$	16	1.789	$\bar{1}14$
80	1.737	1.736	$\bar{2}23$	95	1.737	$\bar{2}23$
8	1.695	1.693	422	16	1.693	422
2	1.633	1.632	511	6	1.633	511
10	1.615	1.615	600	18	1.617	600
9	1.601	1.603	$\bar{3}13$	12	1.603	313
5	1.573	1.573	423	12	1.574	423
4	1.560	1.560	204	6	1.561	204
4	1.541	1.541	$\bar{5}14$	6	1.542	$\bar{5}14$

Примечания: 1 — ДРОН-2.0;  $\text{CuK}_{\alpha 1}$  монохроматор. Лаборатория ИМин. 2 — Диффрактометр,  $\text{CuK}_{\alpha 1}$ .

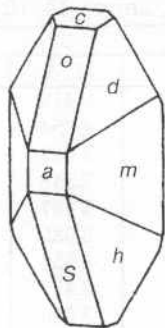


Рис. 7. Кристалл хондродита, проба 054—367(1)А.  
 $c\{001\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$ ,  
 $o\{101\}$ ,  $s\{201\}$ ,  $d\{111\}$ ,  $h\{211\}$

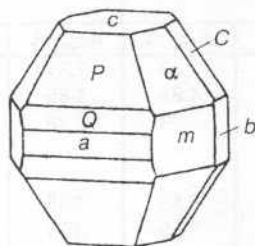


Рис. 8. Кристалл гумита, проба 054—473.  
 $c\{001\}$ ,  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  
 $m\{110\}$ ,  $P\{101\}$ ,  $Q\{201\}$ ,  $C\{013\}$ ,  
 $\alpha\{113\}$

**Гумит** —  $3Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$ , ромбический. Установлен Б. В. Чесноковым в горелом терриконе ш. 45. Образуется округлые зерна, кристаллы и их сростки. Сопровождается форстеритом, клиногумитом. В протлевших участках «черных блоков» иногда кристаллы гумита покрыта красной пленкой окислов Fe (гематит?). Бесцветный или розоватый, прозрачный. Спайность ясная по  $\{001\}$ , твердость около 6. Встречаются довольно четко ограниченные кристаллы (рис. 8). Состав (табл. 14) и дифрактограмма (табл. 15) близки к таковым синтетического F-аналога. Авторы изучения и описания: Б. В. Чесноков, А. В. Рочев.

**Клиногумит** —  $4Mg_2[SiO_4] \cdot MgF_2$ , моноклинный. Установлен Б. В. Чесноковым в горелом терриконе ш. 45. Находится в «черных блоках» в виде серых (до белых) кристаллических корочек. Характерны сростания с форстеритом. Отмечены также сростания с хондродитом и гумитом. По составу (табл. 16) и дифрактограмме (табл. 17) близок к синтетическому F-аналогу.

Авторы изучения и описания Б. В. Чесноков, А. В. Рочев.

Таблица 14

Химический состав гумита бесцветного (1)  
(проба 054-473), розоватого (2) (проба 054Е-38)  
и вычисленный для  $3\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$ (3)

Компоненты	Мас. %		
	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	37.16	38.47	37.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.01	-
FeO	0.30	0.65	-
MgO	59.33	57.31	58.26
CaO	0.51	0.31	-
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.03	-
K <sub>2</sub> O	0.02	0.03	-
F	7.76	7.84	7.84
Cl	0.03	0.02	-
Сумма	105.08	104.67	103.30
-O=F	3.27	3.30	3.30
Сумма	101.81	101.37	100.00

#### К решению очередной «минералогической головоломки»

На протяжении многих десятилетий в минералогии существует ряд объектов, над разгадкой природы которых бьются исследователи разных стран и поколений. Во-первых, это — клифтонит, графитовые псевдоморфозы по неизвестному минералу, предположительно по алмазу. Во-вторых, это — ахтарандит, природа которого еще более таинственна.

Благодаря широчайшему спектру температур и кислородных характеристик среды, разнообразным случаям телескопирования, пестроте химического состава обжигаемых материалов в горелых отвалах создались условия для возникновения самых неожиданных соединений и минеральных тел. Появились возможности и для «внесения лепты» в решение выше упомянутых двух «минералогических головоломок».

Так, установлено, что образования, аналогичные клифтониту, представляют собою псевдоморфозы графита (с примесью железа) по кристаллам высокоуглеродистого кубического карбида с предполагаемой формулой  $\text{FeC}_4$  [6].

Таблица 15

Дифрактограммы гумита (проба 054-473-12) (1)  
и синтетического F-гумита  $3\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$   
[8, карта 12-755] (2)

1				2		
I	$d_{\text{изм.}} \text{ \AA}$	$d_{\text{выч.}} \text{ \AA}$	hkl	I	d, \AA	hkl
15	4.98	4.97	210	18	4.97	210
18	4.59	4.59	220	20	4.59	220
27	3.89	3.91	031	12	3.90	031
35	3.64	3.65	131	6	3.66	131
20	3.46	3.48	201	6	3.47	201
20	3.42	3.43	211	25	3.430	211
33	3.32	3.31	141	30	3.312	141
7	3.12	3.312	051	8	3.119	051
8	2.98	2.98	151	6	2.980	151
4	2.90	2.89	241	6	2.885	241
30	2.76	2.77	301	25	2.770	301
35	2.74	2.74	311	30	2.744	311
30	2.69	2.69	161	50	2.691	161
35	2.44	2.44	171	70	2.438	171
13	2.40	2.40	430	20	2.399	430
9	2.30	2.30	351	12	2.304	351
100	2.25	2.26	271	100	2.256	271
44	1.741	1.740	272	65	1.7387	272
4	1.690	1.686	432	12	1.6859	432
7	1.623	1.621	640	16	1.6213	640
3	1.519	-	-	6	1.5176	411.0
23	1.481	-	-	16	1.4895	210.2
19	1.478	-	-	70	1.4786	670
9	1.397	-	-	-	-	-
14	1.344	-	-	-	-	-

Примечания: 1 — ДРОН-2.0;  $\text{CuK}_{\alpha}$ , монохроматор. Лаборатория ИМин. 2 — Дифрактометр,  $\text{CuK}_{\alpha}$ , Ni-фильтр. Ряд слабых отражений эталона здесь не приведен.

Таблица 16

Химический состав клиногумита (1) (проба 054-328)  
и вычисленный для  $4\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$  (2)

Компоненты	Мас. %	
	1	2
$\text{SiO}_2$	36.21	38.44
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.01	-
$\text{FeO}$	1.59	-
$\text{MgO}$	58.57	58.04
$\text{CaO}$	0.58	-
$\text{Na}_2\text{O}$	0.03	-
$\text{K}_2\text{O}$	0.00	-
F	5.39	6.08
Cl	0.02	-
Сумма	102.40	102.56
-O=F	2.27	2.56
Сумма	100.13	100.00

Примечание. В пробе (1) возможно присутствие  $\text{OH}$ .

Таблица 17

Дифрактограммы клиногумита (проба 054-328) (1)  
и синтетического F-клиногумита  $4\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]\cdot\text{MgF}_2$  )  
[8, карта 14-692](2)

1				2		
I	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{выч}}, \text{Å}$	hkl	I	$d, \text{Å}$	hkl
20	5.03	5.03	$\bar{1}02$	25	5.03	$\bar{1}02$
7	4.44	4.43	$\bar{2}02$	20	4.453	$\bar{2}02$
п	п	-	-	30	3.870	210
100	3.69	3.69	202	45	3.696	202
17	3.48	3.49	211	30	3.487	211
12	3.44	3.46	012	30	3.450	012
15	3.34	3.34	400	16	3.338	400
8	3.22	3.24	112	20	3.224	112
2	2.90	2.92	212	10	2.919	212
28	2.76	2.74	113	60	2.768	113
19	2.74	2.73	410	-	-	-
4	2.67	2.67	500	8	2.675	500
7	2.61	2.61	$\bar{1}13$	25	2.604	$\bar{1}13$
8	2.53	2.54	411	60	2.538	411
51	2.51	2.51	004	60	2.512	004
-	-	-	-	20	2.459	-
13	2.40	2.41	213	20	2.405	213
17	2.39	2.39	$\bar{3}04$	16	2.391	$\bar{3}04$
58	2.35	2.34	120	30	2.354	120
8	2.31	3.31	021	14	2.312	021
71	2.25	2.26	$\bar{1}14$	100	2.257	$\bar{1}14$
-	-	-	-	8	2.218	204
-	-	-	-	10	2.188	313
5	2.16	2.16	221	16	2.156	221
-	-	-	-	10	1.879	$\bar{3}22$
-	-	-	-	6	1.826	$\bar{3}15$
-	-	-	-	8	1.796	$\bar{5}21$
-	-	-	-	6	1.790	115
-	-	-	-	8	1.768	$\bar{4}23$
63	1.741	1.743	$\bar{1}24$	80	1.741	$\bar{1}24$
16	1.679	1.679	702	14	1.683	504
-	-	-	-	4	1.656	$\bar{5}23$
-	-	-	-	8	1.636	620
10	1.624	1.625	620	18	1.624	106
4	1.612	1.612	315	16	1.609	$\bar{8}11$
5	1.537	1.536	025	8	1.541	$\bar{8}13$
27	1.478	1.479	216	-	-	-
18	1.395	1.394	406	-	-	-
38	1.347	1.348	432	-	-	-

Примечания: 1 — ДРОН-2.0;  $\text{CuK}_{\alpha}$ , монохроматор. Лаборатория ИМин. 2 — Дифрактометр,  $\text{CuK}_{\alpha_1}$ .

Ахтарандит представляет собою полиминеральные псевдоморфозы по неизвестному минералу в форме тригонритетраэдра. Предполагалось, что это псевдоморфозы по гельвину, борациту, сфалериту и ряду других минералов. Нам кажется, что наиболее реальным является предположение, высказанное в последнее время Е. и И. Галускиными [7]. Они считают, что ахтарандит — псевдоморфозы по кристаллам майенита.

Наша коррекция этого заключения состоит в следующем. В ахтарандите постоянно содержится  $\text{SiO}_2$  в количестве до 30 мас. %. Конечно, при псевдоморфизации привнос-вынос вещества может быть очень значителен, но содержание  $\text{SiO}_2$  и  $\text{MgO}$  в разных пробах более или менее постоянно (наряду с главными «майенитовыми» компонентами  $\text{CaO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Поскольку нами выявлены переходы между майенитом  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  и гранатоидами типа гроссуляра [5] с образованием силикомайенитов, то мы считаем, что ахтарандит — псевдоморфозы по силикохлормайениту, содержащему повышенное количество  $\text{MgO}$ . При этом симметричные обоснования, изложенные в работе [7], остаются без изменения. Автор изложения Б. В. Чесноков.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 96-05-66258.

## Литература

1. Минералы. Справочник, т. 3, вып. 1. Силикаты с одиночными и двоянными кремнекислородными тетраэдрами. М.: Наука, 1972. 883 с.
2. Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы, т. 1. Ортосиликаты и кольцевые силикаты. М.: Мир, 1965. 371 с.
3. Чесноков Б. В., Баженова Л. Ф., Бушмакин А. Ф., Вилисов В. А., Лотова Э. В., Михаль Т. А., Нишанбаев Т. П., Щербакова Е. П. Новые минералы из горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (сообщение второе) // Новые данные по минералогии эндогенных месторождений и зон техногенеза Урала. Свердловск, 1991. С. 5—14.

4. Чесноков Б. В., Вилисов В. А., Бушмакин А. Ф., Котляров В. А., Белогуб Е. В. Новые минералы из горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (сообщение шестое) // Уральский минералогический сборник, № 3. Миасс, 1994. С. 3—34.

5. Чесноков Б. В., Бушмакин А. Ф. Новые минералы из горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (сообщение восьмое) // Уральский минералогический сборник, № 5. Миасс, 1995. С. 3—22.

6. Чесноков Б. В., Щербакова Е. П. Минералогия горелых отвалов Челябинского угольного бассейна (опыт минералогии техногенеза). М. : Наука, 1991, 152 с.

7. Galuskin E., Galuskina I. Epitaxy of achtarandite on grossular — the key to the problem of achtarandite // №. Jb. Miner. Mh. 1995. H. 7. S. 306—320.

8. JCPDS. Joint Committee on Powder Diffraction Standards. USA. Pennsylvania. 1977. Cards 11—686, 12—755, 14—10, 14—692, 20—500.