

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.2

Д. члены

М. И. НОВГОРОВОДА, Р. Г. ЮСУПОВ, М. Т. ДМИТРИЕВА,
А. И. ЦЕПИН, А. В. СИВЦОВ, А. И. ГОРШКОВХАМРАБАЕВИТ (Ti, V, Fe) C — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

Хамрабаевит является новым природным карбидом титана с примесями V и Fe. Обнаружен в двух пунктах Средней Азии: на южном склоне Чаткальского хребта (Арашанские горы) в составе субвулканических тел миндалекаменных базальтовых порфиритов и в центральной части Зеравшанского хребта в составе окварцеванных гранодиоритов Чинорсайского массива.

Базальтовые порфириты, содержащие хамрабаевит, относятся к субвулканическим породам трахиандезит-трахибазальтовой формации нижнепермского возраста. Они образуют трубчатые или изометрические тела сравнительно небольшого размера (не более 1 км), локализованные в зонах глубоких разломов, секущих известняки D₃—C₁. Главные породообразующие минералы базальтовых порфиритов — плагиоклазы, пироксены, амфиболы, реже биотит; среди акцессорных минералов присутствуют самородное железо, когенит, иоцит, муассанит, титаномagnetит, ильменит, сфен, апатит, халькопирит и др.

Базальтовые порфириты отличаются миндалекаменным строением; миндалины округлой или овальной формы размером до 4.5—5 см заполнены мелкозернистым кальцитом, среди которого обнаружены полиминеральные сростки хамрабаевита с графитом и зюсситом.

Зюссит, являющийся земным аналогом открытого в метеоритах минерала состава Fe₂Si (Kell e. a., 1980), детально описан ранее (Новгородова и др., 1983). Установлено, что земной зюссит в отличие от метеоритного характеризуется упорядоченной структурой и вдвое большим параметром элементарной ячейки. Хамрабаевит, как правило, концентрируется во внешней части скоплений пористых агрегатов зюссита, размеры которых варьируют от долей миллиметра до 3—4 см в поперечнике. Наиболее мелкие скопления зюссита овальной или правильной шаровидной формы располагаются среди мелкозернистого кальцита, заполняющего большую часть миндалины в базальтовом порфирите, реже обнаруживаются на стенках не полностью заполненных пустот в породе. Крупное (до 3—4 см в поперечнике) желвакообразное скопление зюссита (рис. 1, а) с многочисленными включениями пластинок графита (нередко в дендритовых сростках) и выделениями хамрабаевита (в периферической его части) почти целиком заполняло пустоту в базальтовом порфирите. От стенок миндалины оно отделялось примазками графита и мелкозернистого кальцита, замещающего графит.

Хамрабаевит в зюссите образует мелкие (размером 0.1—0.3 мм) кубические кристаллы скелетного строения, нередко вытянутые по направле-

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 6 мая 1983 г., утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 28 октября 1983 г.

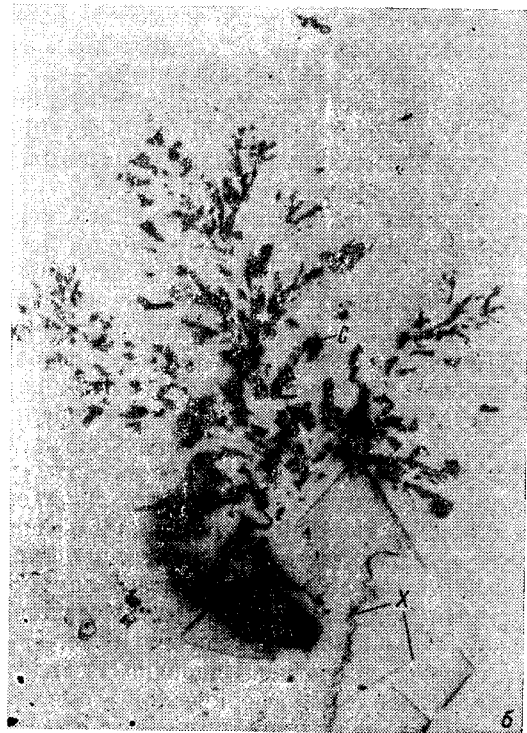
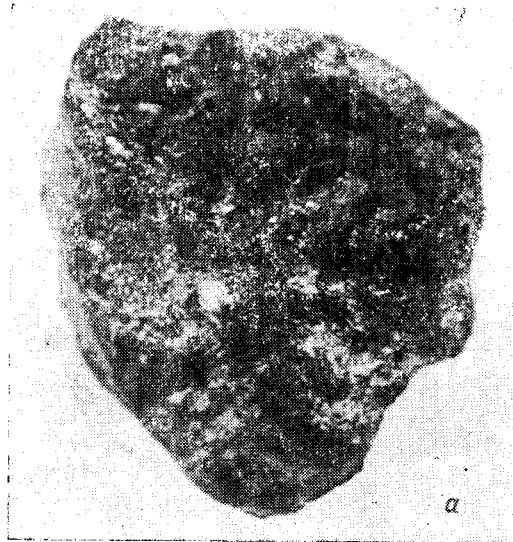


Рис. 1. Зюссит с включениями хамрабаевита и графита из миндалина в базальтовом порфирите.
а — внешний вид желвакообразного скопления, увел. 2; б — скелетные кристаллы хамрабаевита (X) и дендриты графита (С) в зюссите (основное поле), полир. шлиф., увел. 90.

нию [111] с ельчатыми боковыми ответвлениями, ориентированными по [110] (рис. 1, б; 2).

Этот же минерал обнаружен в гранодиоритах в эндоконтактной зоне Чинорсайского массива на участке золото-кварцевого штокверка с кварцево-шеелитовой и Au-Sb-Bi-Te минерализацией прожилково-вкраплен-

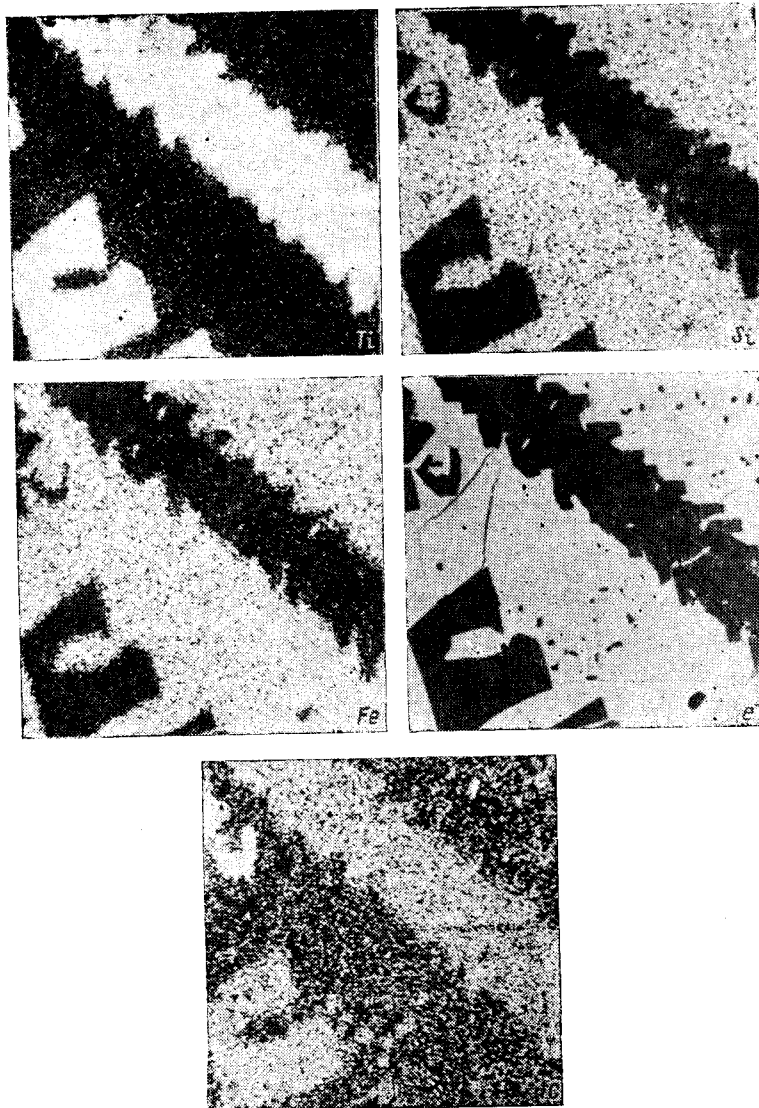


Рис. 2. Скелетные кристаллы хамрабаевита в зюссите. В поглощенных электронах и рентгеновских лучах $Fe_{K\alpha}$, $Si_{K\alpha}$, $Ti_{K\beta}$ и $S_{K\alpha}$. 200×200 -мкм.

ного типа. Хамрабаевит входит в состав полиминеральных агрегатов правильной шаровидной формы — так называемых магнитных «шариков», неоднократно описанных в литературе по находкам в породах разного состава, в том числе гранодиоритах (Осипов, 1962; Дженчураев, Соломонович, 1972). В окварцованных гранодиоритах Чинорсайского массива подобные шарики разнообразны по составу, но почти всегда содержат самородное железо. Хамрабаевит диагностирован (рентгенометрически) в одном из таких шариков, обладающих зональным строением. Центральное ядро сложено раздробленным магнетитом, сцементированным углеродистым ве-

ществом и обросшим самородным железом; во внешней кайме присутствует хамрабаевит. Шарикки располагаются в участках окварцевания гранодиоритов среди перекристаллизованного кварца с признаками локализованных деформационных структур, часто на стенках открытых коротких трещин в кварце или в участках микробрекчий окварцеванных гранодиоритов. Они встречены также в карбонатных прожилках среди гранодиоритов.

В отличие от хамрабаевита из включений в зюссите природный карбид титана из внешней каймы шариков самородного железа представлен выделениями неправильной формы, имеющими поликристаллическое строение.

Химический состав хамрабаевита из базальтового порфирита определен на микронзонде MS-46 «Камека». Присутствие углерода в составе хамрабаевита подтверждается результатами качественного микронзондового анализа (рис. 2). Средний химический состав хамрабаевита из базальтового порфирита, по данным анализа трех зерен (мас.%; табл. 1): Ti 69.04,

Т а б л и ц а 1
Химический состав хамрабаевита

Компонент	Анализ				
	1	2	3	4	5
Fe	1.08	1.55	1.71	2.11	2.11
Ti	69.32	69.16	69.50	68.44	68.79
Si	0.09	0.12	Не опр.	Не опр.	Не опр.
V	6.63	7.56	5.08	7.67	6.77
C	20.05	20.05	20.05	20.05	20.05
С у м м а	97.17	98.44	96.34	98.27	97.72

Примечание. Углерод определен расчетным путем, исходя из стехиометрии TiC. Условия анализа: 20 кВ, 20 нА; аналитические линии — Fe_{K α} , Ti_{K α} , V_{K β} , Si_{K α} , эталоны — чистые металлы.

V 6.74, Fe 1.71, Si 0.10, C_{расч.} 20.05; сумма 97.64. Ему отвечает эмпирическая формула (Ti_{0.99}O_{0.03}Fe_{0.02})_{1.00}C_{1.04}, близкая к стехиометрической TiC. В исследованных образцах примеси азота, тантала и никеля не обнаружены. Химический состав хамрабаевита из окварцеванных гранодиоритов количественно не анализировался.

В табл. 2 приведена дебаеграмма смеси хамрабаевита, самородного железа и магнетита. Характерные отражения нового минерала (после корректировки интенсивностей дебаеграммы его смеси): 2.504, 6 (111), 2.163, 10 (200), 1.535, 8 (220), 1.299, 10 (311), 1.247, 4 (222), 1.079, 2 (400). Они позволяют однозначно определить для хамрабаевита кубическую сингонию, пространственную группу *Fm3m*, $a=4.319 \pm 0.005 \text{ \AA}$ при $Z=8$, что идентично искусственному монокарбиду титана (*Fm3m*, $a=4.32 \text{ \AA}$). Рентгеновская плотность, рассчитанная для эмпирической формулы, 10.01 г/см³ (9.87 г/см³ для идеального состава).

Для хамрабаевита из базальтового порфирита получены монокристалльные картины микродифракции (рис. 3), расчеты которых также отвечают кубической сингонии: *Fm3m*, $a=4.32 \pm 0.01 \text{ \AA}$.

Минерал обладает высокой твердостью (свыше 9 по шкале Мооса). Твердость микровдавливания (ПМТ-3) при нагрузке $P=100 \text{ гс}$ 2290—2230 кгс/мм², при нагрузке 150 гс 2380—2390 кгс/мм². Отпечаток алмазного индентора изотропной формы с вогнутыми сторонами, что свидетельствует

Таблица 2

Результаты расчета дебаеграммы полиминерального сростка хамрабаевита с самородным железом и магнетитом

Обр. ТДЖ-96			Магнетит (Михеев, 1957)			α -Fe (ASTM, 6-0696)			TiC (ASTM, № 6-0614)		
J	d/n	минерал	J	d/n	hkl	J	d/n	hkl	J	d/n	hkl
2	3.009	Магнетит	6	2.99	220	—	—	—	—	—	—
4	2.558	»	10	2.541	311	—	—	—	—	—	—
3	2.504	Хамрабаевит	—	—	—	—	—	—	80	2.508	111
1	2.163 β	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	2.046 β	Железо	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	2.163	Хамрабаевит	—	—	—	—	—	—	100	2.179	200
1	2.119	Магнетит	7	2.098	400	—	—	—	—	—	—
10	2.046	Железо	—	—	—	100	2.0268	110	—	—	—
2	1.620	Магнетит	9	1.612	511	—	—	—	—	—	—
2	1.442 β	Железо	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	1.529	Хамрабаевит	—	—	—	—	—	—	50	1.535	220
3	1.493	Магнетит	9	1.479	440	—	—	—	—	—	—
7	1.442	Железо	—	—	—	19	1.4332	200	—	—	—
5	1.299	Хамрабаевит	—	—	—	—	—	—	30	1.311	311
2	1.247	»	—	—	—	—	—	—	10	1.255	222
10	1.173	Железо	—	—	—	30	1.1702	211	—	—	—
2	1.121	Магнетит	4	1.119	642	—	—	—	—	—	—
2	1.098	»	8	1.091	731	—	—	—	—	—	—
1	1.079	Хамрабаевит	—	—	—	—	—	—	5	1.086	400
10	1.014	Железо	—	—	—	9	1.0134	220	—	—	—

Примечание. Условия съемки: Камера РКД-57.3, $d = 0,6$ мм, $Fe_{K\alpha}$ -излучение, без фильтра.

о пластичности минерала. Первая короткая трещина около отпечатка появляется при нагрузке 100 гс. Минерал без спайности.

Непрозрачен с металлическим блеском. Цвет темно-серый. Излом неправильный. В отраженном свете под микроскопом имеет ярко-белый цвет с голубоватым оттенком по сравнению с зюсситом и самородным железом. Изотропен. Отражение измерено (на воздухе) на микроспектрофотометре МСФ-10, эталон — металлический кремний. Величина отражения R , % (λ , нм): 46.2 (440), 46.4 (460), 47.2 (500), 47.2 (520), 47.2 (540), 47.4 (560), 47.5 (580), 47.7 (600), 47.9 (620), 48.4 (640), 49.7 (660), 50.3 (680), 50.6 (700), 51.0 (720), 51.7 (740).

Минерал назван хамрабаевитом (Khamrabaewite) в честь акад. И. Х. Хамрабаева — крупнейшего знатока геологии и рудных месторождений Средней Азии. Эталонный образец хранится в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана АН СССР (Москва).

Открытие хамрабаевита дополняет список известных в природе карбидов металлов: когенита (Fe_3C), муссанита (SiC) и карбида вольфрама (WC). Условия его нахождения, рассмотренные выше, исключают возможные аналогии природного процесса его образования с технологией получения искусственного монокарбида титана — одного из самых тугоплавких технических соединений ($T_{пл} > 3000$ °C). Хамрабаевит входит в ассоциацию самородных металлов, их интерметаллических соединений и углеродистого вещества (в рассмотренном случае графита), распространенную в постмагматических образованиях различных типов, в том числе и в золоторудных месторождениях.

При обычных для постмагматических процессов параметрах температур (не более 400—500 °C) и давлений (не более 1—2 кбар) образование таких минеральных ассоциаций контролируется главным образом летучестью кислорода. Судя по присутствию графита и неустойчивости магнетита, замещаемого самородным железом (буфер магнетит—железо), для температуры 400 °C летучесть кислорода определяется как $f_{O_2} 10^{-34}$ бар для дав-

лений газа в системе С—О, равного 200 бар, и 10^{-31} для $P_{\text{газ}} = 1$ бар (French, Eugster, 1965). Ранее (Новгородова, 1983) предполагался газоконденсатный механизм кристаллизации самородных металлов (алюминия и свинца, в частности), образующихся в результате химических реакций в существенно газовой среде, богатой углеводородными газами. Последние в смеси

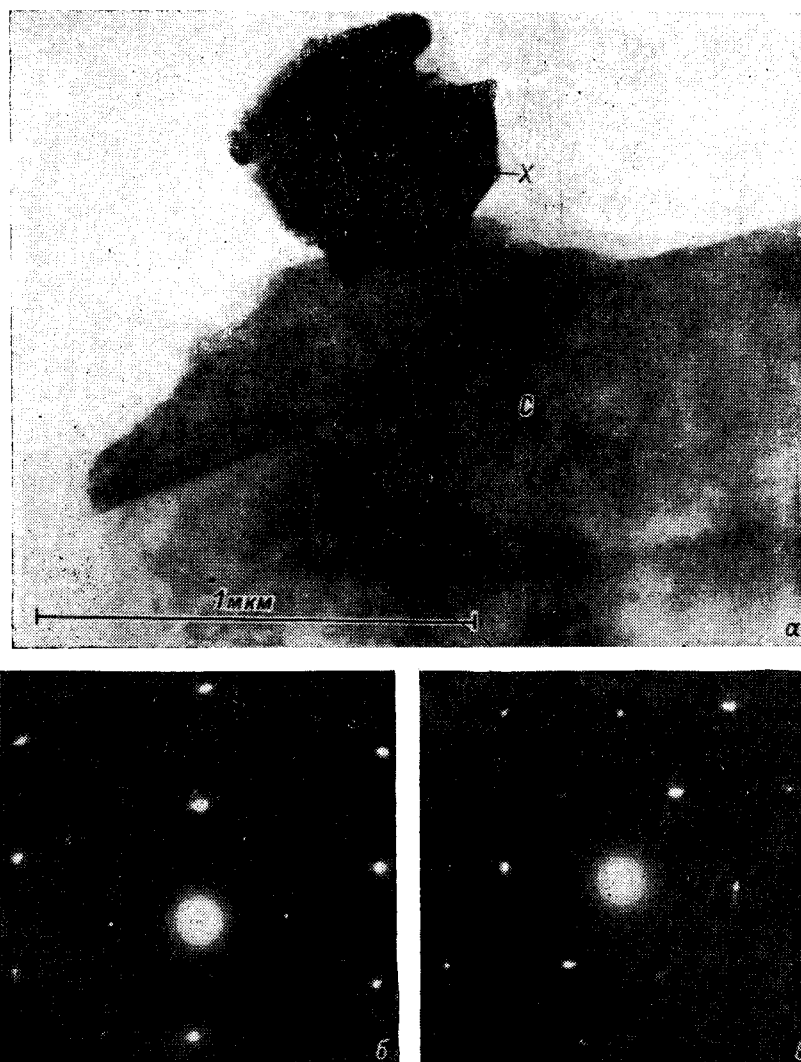


Рис. 3. Хамрабаевит (X) в сростании с графитом (C). Электронно-микроскопическое изображение (a) и картины микродифракции, характеризующие плоскости (310)* (б) и (110)* (в).

с азотом были обнаружены в пористом агрегате зюссита с включениями графита и хамрабаевита (Новгородова и др., 1983). Механизм таких реакций чрезвычайно сложен, предполагаемые модели необходимо обсудить в специальном сообщении. Здесь отметим только, что присутствие кремния в системах (фиксируемое в форме силицидов железа или кварца) служит одним из доказательств возможности образования (в результате химических реакций в газовой смеси) многокомпонентных легкоплавких эвтектик металлов и интерметаллических соединений. Кремний в форме летучих хлоридов является одним из наиболее употребительных добавок к реакционной

газовой смеси, в среде которой выращивается ряд тугоплавких соединений при температурах на несколько сот градусов меньших, чем требуется для кристаллизации тех же соединений из расплава (Гиваргизов, 1977).

Литература

- Гиваргизов Е. И. Рост нитевидных и пластинчатых кристаллов из пара. М.: Наука, 1977. 303 с.
- Дженчураев К. К., Соломович Л. И. О находке иоцит- и железосодержащих шариков в гранитоидах Кокшал-Тау. — Зап. Кирг. отд. ВМО, 1972, вып. 8, с. 86—89.
- Милеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Гос. научн.-техн. изд-во лит-ры по геол. и охране недр, 1957. 867 с.
- Новгородова М. И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. 268 с.
- Новгородова М. И., Юсупов Р. Г., Дмитриева М. Т. и др. Первая находка зюссита на Земле. — ДАН СССР, 1983, т. 271, № 6, с. 1480—1483.
- Осипов М. А. Иоцит из интрузивных пород Рудного Алтая. — ДАН СССР, 1962, т. 146, № 6, с. 1404—1407.
- ASTM. X-ray powder data file. Philadelphia, 1966. 252 p.
- French B. M., Eugster H. P. Experimental control of oxygen fugacities by graphite—gas equilibriums. — J. geophys. Res., 1965, vol. 70, N 6, p. 1529—1539.
- Kell K., Berkley J. L., Fuchs J. H. Suessite, Fe₃Si, a new mineral in the North Haig ureilite. — Meteoritica, 1980, vol. 15, N 4, p. 312—313.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) АН СССР, Москва. Поступила в редакцию 21 декабря 1983 г.

УДК 549.32/33

Д. члены Н. С. РУДАШЕВСКИЙ, А. Г. МОЧАЛОВ, Н. В. ТРУБКИН,
А. И. ГОРШКОВ, Ю. П. МЕНЬШИКОВ, Н. И. ШУМСКАЯ

КОНДЁРИТ $\text{Cu}_3\text{Pb}(\text{Rh}, \text{Pt}, \text{Ir})_8\text{S}_{16}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

В акцессорной платиновой минерализации Кондёрского щелочно-ультраосновного массива на Алданском щите (Рожков и др., 1962) обнаружен новый сульфид сложного химического состава, отвечающего эмпирической формуле $\text{Cu}_3\text{Pb}(\text{Rh}, \text{Pt}, \text{Ir})_8\text{S}_{16}$, где $\text{Rh} > \text{Pt}, \text{Ir}$. По физическим свойствам этот минерал близок к маланиту $\text{Cu}(\text{Pt}, \text{Ir}, \text{Rh})_2\text{S}_4$, а также к не названным $\text{Cu}(\text{Rh}, \text{Ir}, \text{Pt})_2\text{S}_4$ ($\text{Rh} > \text{Ir}, \text{Pt}$) и $\text{Cu}(\text{Ir}, \text{Pt}, \text{Rh})_2\text{S}_4$ ($\text{Ir} > \text{Pt}, \text{Rh}$) со шпинелеподобной кубической структурой ($a_0 \sim 9.9 \text{ \AA}$). Геометрический анализ картин микродифракции определил гексагональную сингонию минерала, параметры элементарной ячейки (Å): $a = 7.02 \pm 0.02$ и $c = 16.48 \pm 0.02$, пространственная группа одна из следующих: $R6/m$, $R6$, $R6/mmm$, $R622$, $R62m$. Минерал назван по месту находки — кондёрит (kondörit).

Н а х о ж д е н и е. Кондёрит обнаружен в виде включений в зерне Fe-Pt твердого раствора (табл. 1, ан. 1, 2) размером $2 \times 1 \times 1$ мм. В нем развита тонкая (1—3 мкм) решетка (под углом 90°) эрликманита (табл. 1, ан. 3). Включения кондёрита приурочены к трещинам тех же направлений, нарастают на эрликманит, размер мономинеральных участков его не более 30×100 мкм (рис. 1). Некоторые включения имеют состав свинецсодержащего маланита (табл. 1, ан. 4). В зерне Fe-Pt твердого раствора

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 27 февраля 1983 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 31 октября 1983 г.