

К.Н. ЕГОРОВ, З.Ф. УЩАПОВСКАЯ, А.А. КАШАЕВ,
Г.В. БОГДАНОВ, Ю.И. СИЗЫХ

ЗЕМКОРИТ – НОВЫЙ КАРБОНАТ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ*

(Представлено академиком Н.А. Логачевым 20 II 1987)

В кимберлите трубки "Удачная" (Далдынское кимберлитовое поле, Якутия) обнаружен новый карбонат $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ названный земкоритом (zemkorite) (изучался в Институте земной коры СО АН СССР), близкий по составу к известному карбонату ньерериту, но отличающийся от последнего структурой.

Земкорит встречается на глубине 400–450 м в кимберлите восточного тела сдвоенной трубки "Удачная". Кимберлит, содержащий исследуемый минерал, совершенно не затронут процессом серпентинизации и описан в литературе как аналог неизмененного кимберлита [2]. Совместно с земкоритом часто наблюдаются проявления шортита и реже галита. Новый минерал обычно выполняет тонкие трещинки в породе, развивается по контакту мелких ксенолитов, фенокристаллов с основной массой породы (рис. 1) и очень редко образует веерообразные агрегатные скопления размером 3–4 мм (рис. 2). В отдельных участках кимберлита земкорит слагает интерстициальные выделения, пойкилитически включающие мелкие зерна основной массы породы. Керновые образцы кимберлита, содержащие шортит, земкорит и длительное время находившиеся на открытом воздухе, легко превращались в рыхлую тонко-мелкозернистую массу под действием атмосферных осадков.

Земкорит – бесцветный, водяно-прозрачный минерал. Блеск стеклянный до перламутрового. Хрупкий. Ограниченные кристаллы не встречены. Твердость по шкале

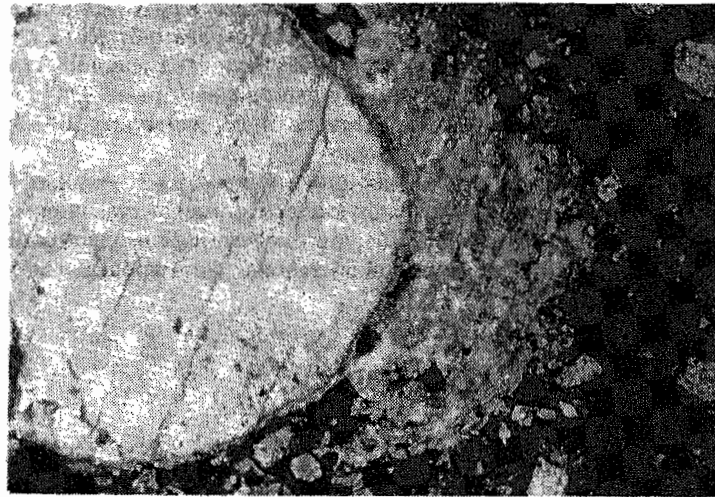


Рис. 1. Земкорит (в центре) развивается по контакту между крупным включением оливины и основной массой кимберлита. 20X, без анал. Репрод. 3/4

* Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 14 ноября 1985 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 28 августа 1986 г.

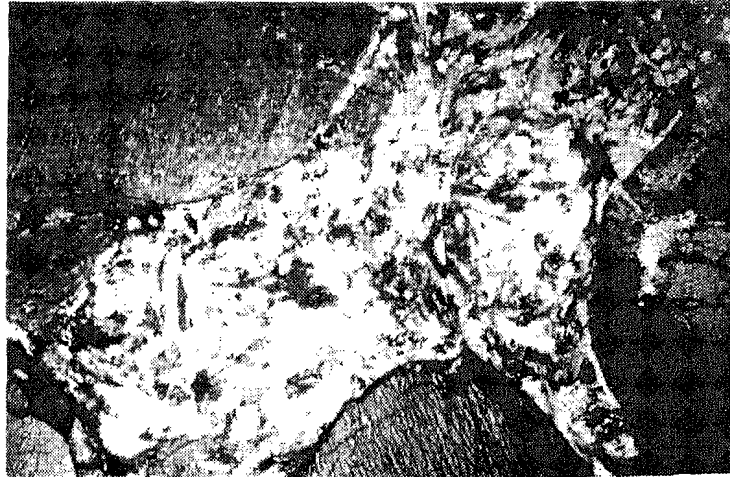


Рис. 2. Верообразные скопления земкорита между крупными вкрапленниками оливина. 9X, николи +. Репрод 2/3

Мооса 2,0. Минерал хорошо растворяется в теплой воде. Земкорит образует зерна таблитчатой формы размером 0,1–0,5 мм, с совершенной спайностью по пластинчатости (рис. 3). Двойникования у исследуемого минерала не отмечалось. Плотность, определенная гидростатическим взвешиванием в тяжелой жидкости, $2,46 \pm 0,02$, вычисленная $2,47 \text{ г/см}^3$. Минерал оптически одноосный, отрицательный. Показатели преломления измерены в иммерсии: $N_o = 1,535$, $N_e = 1,513 \pm 0,001$.

Таблица 1

Химический анализ земкорита и ньерерита [7]

Компонент	Земкорит			Ньерерит
	зерно 1	зерно 2	среднее	
Na ₂ O	25,61	25,83	25,72	23,94
Al ₂ O ₃	0,05	0,05	0,05	0,00
K ₂ O	6,60	6,21	6,40	7,90
CaO	28,29	28,50	28,39	24,47
MgO	0,00	0,00	0,00	0,12
SiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,07
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,59
SrO	0,00	0,00	0,00	2,20
CO ₂			39,20	38,10
SO ₃	Не опр.	Не опр.		1,50
P ₂ O ₅	"	"		0,36
F	"	"		0,51
Cl	"	"		0,26
H ₂ O ⁺	"	"		0,26
Сумма			99,76	100,28

Таблица 2

Расчет рентгенограммы земкорита

Земкорит				Ньерерит			Земкорит			
I	d _{изм}	d _{выч}	hkl	I	d	hkl	I	d _{изм}	d _{выч}	hkl
9	6,36	6,36	002	о.с.	6,377	002	10	2,52	2,51	220
—	—	—	—	о.о.сл.	5,769	802*	—	—	—	—
10	4,36	4,36	200	о.с.	4,385	110	—	—	—	—
4	4,13	4,12	201	о.сл.	4,165	021	2	2,43	{ 2,44; 2,42	{ 105; 130
1	3,95	3,95	112	—	—	—	2	2,34	2,34	222
3	3,80	3,81	103	—	—	—	—	—	—	—
3	3,59	3,59	202	о.сл.	3,608	112	7	2,18	2,18	400
—	—	—	—	о.сл.	3,471	{ 1-8, 1,3*, 822*	4	2,14	2,15	401
1	3,26	3,29	210	о.сл.	3,261	1+8,1,1* · 4	4	2,12	2,12	006
6	3,18	{ 3,18; 3,19	{ 004; 211	ср.с.	3,181	004	—	—	—	—
4	3,08	—	n/i	о.о.сл.	3,090	804*	—	—	—	—
10	3,04	3,04	203	о.о.с.	3,046	{ 113, 023	10	2,06	{ 2,06; 2,06	{ 402; 106
2	2,98	2,99	104	о.о.сл.	2,983	823*	1	2,03	2,01	215
1	2,92	{ 2,92; 2,90	{ 212; 030	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	о.о.сл.	2,735	1-8,3,1* · 2	2	1,954	1,954	116
1	2,68	2,69	114	—	—	—	—	—	—	—
2	2,61	2,60	213	—	—	—	3	1,938	1,938	403
4	2,57	2,57	204	с.	2,582	{ 114; 024	4	1,907	1,907	232

Примечания. Условия съемки: FeK-излучение, РКУ-114,6 мм, диаметр образца 0,3 мм; звездочкой отмечены — "не-брегговские" отражения; $\delta = 0,383$ [7]; с. — сильная, о.с. — очень

Данные о химическом составе нового минерала приведены в табл. 1. Из-за крайне малого количества материала был использован метод рентгеноспектрального микроанализа, дополненный определением углекислоты химическим методом из микронавески. Микронзондовый анализ минерала выполнен на электронно-зондовом приборе "МАР-2". Изучен состав двух зерен. Анализ проводился при следующих условиях: напряжение 25 кВ, ток зонда 60 нА, аналитические линии K_{α} . Исследуемый минерал под действием электронного зонда разрушался, и следы разрушения фиксировались визуально. Поэтому анализ минерала проводился при расфокусированном пучке до 10–15 мкм и постоянном перемещении образца. Для расчета концентраций использовались усредненные значения интенсивностей, измеренные не менее чем в 4 точках каждого зерна. Колебания значений интенсивности не превышали 3–5 отн.%. Пересчет интенсивностей на концентрации выполнен с помощью ЭВМ "БЭСМ-6" с учетом поправок на поглощение [8], атомный номер [6] и флуоресценцию [3]. Химический состав был повторно определен на микроанализаторе "Camebax" с энергодисперсионной приставкой "Линк-860/500" при напряжении 20 кВ, токе 1 нА, по стандартной программе фирмы "Camebax" (ИЭМ АН СССР, аналитик И.М. Рома-

Ньерерит			Земкорит				Ньерерит		
<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выг}	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>
о.с.	2,536	130	—	—	—	—	о.о.сл.	1,858	1 + δ, 3,4
сл.	2,523	200	4	1,817	1,821	412	с.	1,812	044
сл.	2,491	131	—	—	—	—	с.	1,805	224
—	—	—	8	1,797	1,797	404	—	—	—
о.сл.	2,349	{ 132; 1-δ, 1,5*	—	—	—	—	о.о.сл.	1,765	—
о.о.сл.	2,327	1+δ, 1,4* 4	4	1,692	1,692	234	—	—	—
с.	2,199	{ 040; 115	1	1,677	1,677	207	сл.	1,680	—
ср.с.	2,161	221	—	—	—	—	о.сл.	1,647	—
с.	2,122	006	2	1,634	1,632	414	—	—	—
ср.	2,097	δ06*	2	1,621	1,621	226	сл.	1,627	—
с.	2,081	042	4	1,593	1,594	242	о.о.сл.	1,600	—
о.с.	2,071	222	—	—	—	—	о.о.сл.	1,547	—
о.сл.	2,001	2-δ, 2,4*	—	—	—	—	о.о.сл.	1,524	—
о.сл.	1,989	134	—	—	—	—	о.сл.ш.	1,471	—
с.	1,956	043	3	1,462	—	—	—	—	—
сл.	1,951	223	3	1,454	—	—	о.сл.ш.	1,458	—
о.о.сл.	1,933	δ43*	2	1,416	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	о.о.сл.	1,401	—

сильная, о.о.с. — очень очень сильная, ср. с. — среднесильная, сл. — слабая, о.сл. — очень слабая, о.о.сл. — очень очень слабая, ср. — средняя, о.сл.ш. — очень слабая широкая.

ненко). Сопоставление химических анализов земкорита, полученных в том и другом случаях, показало хорошую сходимость результатов.

По данным химического анализа рассчитана эмпирическая формула минерала: $(\text{Na}_{1,80}\text{K}_{0,29})\text{Ca}_{1,10}(\text{CO}_3)_{1,93}$. Идеализированная формула $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$.

Рентгенографическое исследование порошковых образцов земкорита проводилось в камере РКУ-114,6 мм. Значения межплоскостных расстояний, величины интенсивностей и *hkl* приведены в табл. 2. Монокристаллы изучались методами Лауэ, качания, КФОР, прецессионным. По монокристалльным данным минерал относится к гексагональной сингонии Лауэ — класса *6m/mmm*. Параметры элементарной ячейки земкорита, определенные из монокристалльных рентгенограмм и уточненные по порошкограмме: $a = 10,06(2)$, $c = 12,72(1)$ Å, $V = 1114,8$ Å³, $Z = 8$. Уточнение параметров проводилось по линиям 002, 004, 006, 200, 220, 400, 401, 402 и 116. Наблюдающиеся систематические погасания рефлексов типа *hkl* с $l = 2n + 1$ свидетельствуют о принадлежности минерала к пространственной группе $D_{6h}^4 = P6_3/mmc$, $C_{6v}^2 = P3_2tc$ или $D_{3h}^4 = P\bar{6}2c$. Рентгенограммы монокристаллов характеризуют наличие в структуре явно выраженных псевдопериодов $a/2$, $c/2$.

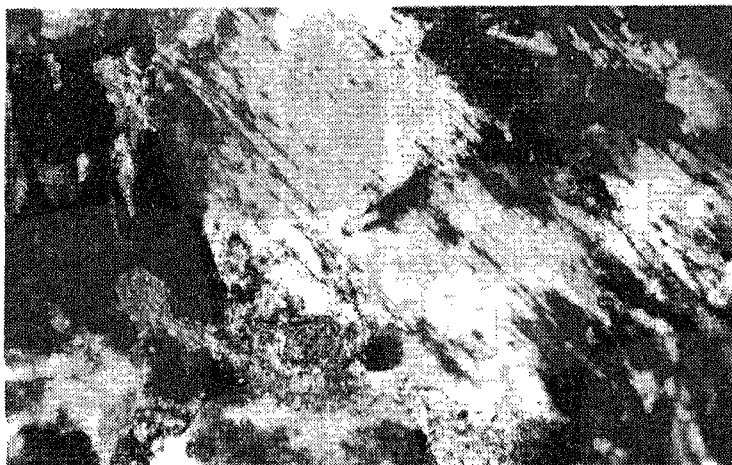


Рис. 3. Пластинчатый кристалл земкорита с неровными краями. Хорошо видна совершенная спайность. 60X, без анал. Репрод. 2/3

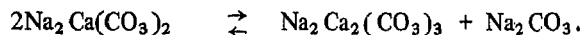
На рентгенограммах колебания наблюдаются несколько слабых диффузных отражений. На прецессионных рентгенограммах эти отражения располагаются попарно симметрично вблизи рефлексов 104 и 106 вдоль оси a^* и не могут быть проиндексированы в целочисленных значениях, hkl .

Как видно из табл. 2, по рентгенометрическим данным земкорит близок ньерериту — ромбическому минералу с параметрами $a = 5,044$, $b = 8,804$, $c = 12,743$ Å и пространственной группой $C_{2v}^{12} = Cmc2_1$ [7]. Близость структур минералов подтверждается и наличием псевдопериода $a/2$ и дополнительными отражениями — полосами на рентгенограммах ньерерита. Но у земкорита на порошковой рентгенограмме не наблюдаются "не-бразговские" отражения, хотя одна линия не индексируется в приведенных выше параметрах. При попытке проиндексировать рентгенограмму земкорита, используя ромбическую ячейку и параметры ньерерита, значительное количество линий, которых, кстати, нет у ньерерита, не проиндексировалось согласно указанной пространственной группе.

Приведенные параметры нового минерала близки параметрам ячейки $a = 10,1$, $c = 12,74$ Å продукта нагревания ньерерита в температурном режиме 292–340 °С, описанного в [7] как "синтетический ньерерит". Судя по краткому описанию, последний имеет гексагональную сингонию и дифракционный класс $R\bar{6}_3mc$. Возможно, земкорит является природным аналогом высокотемпературной модификации ньерерита, стабилизированной за счет вхождения крупного по сравнению с Na катиона K.

Упомянутый в литературе [4] минерал натрофайрчилдит, близкий по составу к земкориту и ньерериту, явно отличается от них по порошковым данным.

Среди натровых карбонатов в кимберлитах известны только две находки шортита $Na_2Ca_2(CO_3)_3$ — в слюистой кимберлитовой дайке Онтарио, Канада [9], и кимберлитовой трубке "Удачная-Восточная", Якутия [1], но А.Р. Купер и И. Гиттинс [5] предполагали возможность нахождения в кимберлитах ньерерита $Na_2Ca(CO_3)_2$, который мог распадаться по схеме



Наша находка земкорита подтверждает предположение А.Р. Купера и И. Гиттинса о возможном присутствии в кимберлитах натрового карбоната состава $Na_2Ca(CO_3)_2$. Более того, по трещинкам земкорита часто развивается шортит в виде мелко-, тонкокристаллических агрегатов. В отдельных случаях наблюдаются реликты

земкорита в криптокристаллических, порошкообразных скоплениях шортита белого цвета.

Земкорит является постмагматическим минералом, образующимся в процессе преобразования кимберлита наложенными высокоминерализованными натровыми растворами. Обнаружение ассоциации натровых карбонатов в кимберлитах, для которых повышенные концентрации натрия аномальны, свидетельствует об активном взаимодействии кимберлитов трубки "Удачная" с захороненными рассолами из нижнекембрийских вмещающих пород. Эталонные образцы земкорита переданы на хранение в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана АН СССР (Москва).

Институт земной коры
Сибирского отделения Академии наук СССР, Иркутск

Поступило
11 III 1987

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов В.П., Маршинцев В.К., Новоселов Ю.М. — Бюл. НТИ ЯФ СО АН СССР. Якутск, 1981, с. 19–22.
2. Маршинцев В.К., Мигалкин К.Н., Николаев Н.С., Барашков Ю.П. — ДАН, 1976, т. 231, № 4, с. 961–964.
3. Рид С. Электронно-зондовый анализ. М.: Мир, 1979. 423 с.
4. Капустин Ю.Л. Минералогия карбонатитов. М.: Наука, 1971. 288 с.
5. Cooper A.R., Gittins J. — J. Geol., 1974, vol. 82, № 5, p. 667–669.
6. Love G., Cox M.G., Scott V.D. — J. Phys. Ser. D, 1978, vol. 11, № 1, p. 541–563.
7. McKie D., Frankis E.J. — Z. Kristallogr., 1977, Bd. 145, № 1, S. 73–95.
8. Philibert J.A. In: X-ray optics and X-ray microanalysis. N.Y.: Acad. Press, 1963, p. 354–379.
9. Watkinson D.H., Chao Y. — J. Geol., 1973, vol. 81, № 2, p. 229–233.

УДК 549 (03) : 543.541.058

МИНЕРАЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР В.И. РЕВНИЦЕВ,
Г.И. ДОЛИВО-ДОБРОВОЛЬСКАЯ, П.С. ВЛАДИМИРОВ
ДЕФЕКТОЕМКОСТЬ СТРУКТУРЫ МИНЕРАЛОВ

Дефекты структуры во многом определяют физические характеристики и прикладное использование полупроводниковых, оптических, магнитных кристаллов. За последние годы обнаружилось, что дефекты в минералах также имеют исключительно важное значение, поскольку определяют основные технологические параметры: скорость и направленность процессов обогащения [1, 2]. Неясными остаются вопросы: какие виды дефектов обеспечивают наибольшую реакционную активность, какова их стабильность, не выявлена зависимость длительности периода активации от плотности и конкретного вида дефектов. Недостаточно изучены и пока не систематизированы аномальные свойства, приобретаемые минералами в состоянии ОМЧ (обломочных малых частиц) [3].

Считается, что реакционная способность механически активированных руд существенно повышается и как следствие повышается извлечение полезных компонентов [4]. Однако безусловная полезность механической активации для всех без исключения видов минерального сырья представляется спорной, поскольку направленность (и скорость) активированных процессов может оказаться нежелательной, приводящей не к полезным, а к вредным последствиям.

Обломочный материал, возникающий при обычном дроблении и измельчении минералов, характеризуется высоким значением избыточной внутренней энергии и без механической активации. Минералы в состоянии ОМЧ обладают свойствами, отличными от привычных свойств массивных образцов, причем степень аномальности