

С. Н. Никандров, В. А. Попов, И. В. Пеков

**КОРОБИЦЫНИТ И НЕНАДКЕВИЧИТ
В РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ГИДРОТЕРМАЛИТАХ
ВИШНЕВЫХ ГОР (УРАЛ, РОССИЯ)**

S. N. Nikandrov, V. A. Popov, I. V. Pekov

**KOROBITSYNYTE AND NENADKEVICHITE IN THE RARE-METAL
HYDROTHERMALITES
OF THE VISHNEVY MOUNTAINS (THE URALS, RUSSIA)**

Late rare-metal mineralisation of the Vishnevyy Mountains (the Urals) involving more than 20 minerals is described. The majority of them was defined with accuracy to mineral species. Korobitsynite $\text{Na}_{3-x}(\text{Ti},\text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH},\text{O})_2 \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$ and nenadkevichite $\text{Na}_{3-x}(\text{Nb},\text{Ti})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH},\text{O})_2 \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$ were studied more detail. Both of them were established first in the Urals; korobitsynite is the second finding in the world. Crystals of these minerals were described, information on chemical composition (microprobe analysis), XR-diffraction data (e.g. parameters of unit cell), optical constants are given. Crystals with continuous changing of chemical composition from korobitsynite (core part) to nenadkevichite (periphery part) were marked.

В 1990 г. на глубоких горизонтах шахты «Капитальная» Вишневогорского РУ (п. Вишневогорск, Челябинская обл.) обследована серия минерализованных трещин, и из них был отобран материал для изучения. Участок их расположения вскрыт на горизонте «минус 95 метр» (глубина от поверхности более 350 метров) штреком «Южный».

Трещины приурочены к контактовой зоне Центрального щелочного массива в его апикальной части на северном замыкании. Вмещающие породы представлены неоднородными миаскитами и пироксеновыми сиенитами (зона эндо- и экзоконтакта). Неоднородность их выражена полосчатостью, связанной с различным содержанием темноцветных минералов — биотита (или аннита) и пироксена (эгирина), ширина полос от первых сантиметров до первых десятков сантиметров. Ориентировка полос в целом согласна с положением кровли Центрального щелочного

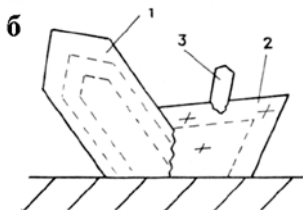
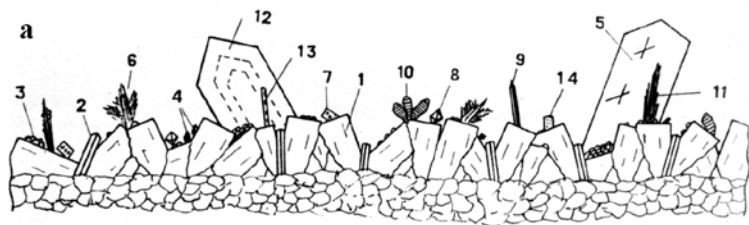


Рис. 1. Характер взаимоотношения минералов в редкометалльных гидротермалитах.

а — строение стенки полости, содержащей позднюю редкометалльную минерализацию (1 — микроклин, 2 — альбит, 3 — хлорит, 4 — рутил, 5 — кальцит, 6 — стронцианит, 7 — анкерит, 8 — анкилит, 9 — эгирин, 10 — доннейт,

11 — бурбанкит, 12 — кварц, 13 — амфибол, 14 — ненадквечит);

б — взаимоотношения кристаллов кварца, анкерита и ненадквечита, характеризующие последовательность их выделения (1 — кварц, 2 — анкерит, 3 — ненадквечит); внутри анкерита выделена ядерная часть, синхронная с кварцем, ненадквечит синхронен с внешней частью анкерита, нараставшей на кварц

массива, полого погружающейся на этом участке на север под углом 30—35 градусов.

Минерализованные трещины представляют собой щелевидные полости шириной от долей до 2—3 сантиметров, протяженностью первые метры. Падение трещин крутое на юг, близкое к перпендикулярному относительно полосчатости, простирание субширотное. Стенки трещин покрыты друзовым агрегатом мелких кристаллов разных минералов, в нижних частях на выклинивании или сужениях внутри полостей находится рыхлый зернистый материал с обломками кристаллов (опад со стенок, образовавшийся в результате буровзрывных работ при проходке выработки). Для исследований отбирались как сколы со стенок трещин с фрагментами друзового агрегата, так и рыхлый материал из полостей.

Строение друзовых агрегатов минерализованных полостей и характер взаимоотношений минералов в них представлен на рис. 1. Всего в полостях установлено более 20 минералов, но их набор в полостях из миаскитов и фенитов несколько отличается: часть присутствует в обоих типах, а часть — в каком-либо одном (табл. 1). Набор минералов, их морфология и характер пространственных и временных взаимоотношений в полостях, расположенных в миаскитах, практически идентичен описанным ранее

Минералы, присутствующие в трещинных полостях

Минералы	Вмещающие породы		Минералы	Вмещающие породы	
	миаскит	фенит		миаскит	фенит
Альбит	+	+	Анкилит	+	?
Кварц	–	+	Бурбанкит	+	+
Микроклин	+	+	Доломит	?	+
Мусковит	+	?	Доннейит	+	+
Натролит	+	–	Кальцит	+	+
Хлорит	+	+	Сидерит	?	+
Циркон	–	+	Стронцианит	+	+
Эгирин	–	+	Апатит	+	–
Амфибол	–	+	Барит	–	+
Коробицынит	–	+	Рутил	+	+
Ненадкевичит	–	+	Пирит	–	+
Франконит	+	?	Сфалерит	–	+

Примечания: + — минерал подтвержден инструментальной диагностикой; ? — присутствует похожий минерал, но инструментально не подтвержден; – — минерал не установлен.

[5, 6, 7, 8]. Именно на материале описанных ранее полостей проведено изучение редкоземельных карбонатов [9].

В полостях, расположенных в фенитах, набор минералов несколько отличается, но морфология и характер взаимоотношений тех же минералов, что и в полостях среди миаскитов, в целом такие же. В этих полостях установлены ненадкевичит и коробицынит — новые минералы для Вишневых гор и Урала. Они изучены детально. Описание других минералов ограничено диагностикой с применением рентгеновских методов, выполненных в лаборатории рентгеноструктурного анализа ИМин УрО РАН, для некоторых минералов методом лазерного микроспектрального анализа определялся качественный состав (ЛМА, аналитик В. О. Поляков), часть минералов изучена гониометрически.

Краткое описание минералов из полостей в фенитах.

Альбит — бесцветные прозрачные уплощенные кристаллы, находятся в друзовых корочках вместе с микроклином, размеры — первые мм. В огранении присутствуют входящие углы — вероятно это двойники по карлсбадскому закону (такие двойники установлены у альбита из полостей в миаскитах). Рентгенограмма соответствует эталонной [3].

Амфибол — в виде длинных призматических и игольчатых кристаллов в полостях нарастает на полевошпатовый агрегат

и консервируется дымчатым крупнозернистым кварцем. Индивиды имеют темный зеленовато-синий цвет, отрицательное удлинение, n_g 1.649, n_p 1.640, cN_p 26° , N_p — синеvато-зеленый, N_m — яркий сине-зеленый, N_g — синий. По оптическим свойствам ближе всего соответствует щелочному амфиболу серии экерманит-арфведсонит (более точное определение без данных по составу некорректно). Внутри индивидов темного амфибола отмечены небольшие участки бесцветного амфибола с положительным удлинением: cN_g 18° , n_m 1.615, который по оптическим свойствам ближе к серии тремолита. По форме развития участков «тремолита» в щелочном амфиболе можно предположить о синтаксии этих минералов. Относительный возраст щелочного амфибола фиксирует время завершения отложения минералов фенитовой формации и начало формирования грейзеновых парагенезисов (дымчатый кварц, мусковит, сфалерит, натролит).

Кварц — образует две генерации: ранняя — короткостолбчатые кристаллы размером до 1.5 см, бесцветный, слегка дымчатый; поздняя — изометричные индивиды, мелкозернистый, бесцветный.

Микроклин — друзовой корочкой покрывает стенки трещин, размеры кристаллов — первые миллиметры, форма близка к изометричной, слегка уплощены по b , из-за сильной замутненности — белые. В некоторых полостях поздние зоны кристаллов микроклина прозрачные, бесцветные.

Мусковит — отмечен в некоторых друзовых корочках, имеет скорлуповатое строение (сферокристаллы типа «барботов глаз»), светлый, слабо окрашен в буроватые тона.

Хлорит — образует сфероидные выделения и мелкочешуйчатые скопления округлой формы размером до 0.5—1 мм. Цвет с поверхности — черный, в сколе ясный темно-зеленый. Детально не изучался, к хлориту отнесен условно.

Циркон — отмечен в основании микроклиновых друз в виде кристаллов характерной гиацинтовой огранки светло-желтого цвета. Рентгенограмма соответствует эталонной.

Эгирин — в виде удлиненных кристаллов размером 0.5—5 мм располагается на друзовых корочках, кристаллизовался совместно с калишпатом (микроклином) и альбитом-олигоклазом, позднее — с альбитом. Кристаллы имеют цветовую зональность: ранние (ядерные) зоны темно-зеленые, n_p 1.754; поздние зоны и острая головка — почти бесцветные, слабо голубовато-зеленоватые, n_p 1.758; удлинение отрицательное, погасание прямое. В огранении кристаллов сильно развита призма

{110} и мелкие грани {100}, {010}, {310}, {461}, $\{\bar{1}11\}$; пинакоид {001} виден лишь как зона роста в ядерной части кристаллов.

Состав центральной зеленой части (мас. %): $\text{SiO}_2 = 51.690$; $\text{TiO}_2 = 0.359$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.543$; $\text{FeO} = 28.288$; $\text{CaO} = 2.570$; $\text{MgO} = 1.231$; $\text{MnO} = 0.215$; $\text{Na}_2\text{O} = 12.53$; сумма = 98.430 (микронзонд JXA 733, аналитик В. Ю. Карпенко). Пересчитывается на формулу (по балансу заряда все железо отнесено к Fe^{3+}): $(\text{Na}_{.91}\text{Ca}_{.10})_{1.01}(\text{Fe}^{3+}_{.92}\text{Mg}_{.07}\text{Mn}_{.01})_{1.00}(\text{Si}_{1.95}\text{A}_{.02}\text{Ti}_{.01})_{1.98}\text{O}_{6.00}$, суммарный катионный заряд +11.93. Т.е., это практически чистый эгирин. Необычность данного эгирина в том, что по составу он близок к предельно натриевому и имеет практически бесцветную головку при максимальной железистости и почти полном отсутствии Ca, Mg, Mn.

Анкилит-(Ce), $\text{SrCe}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})\cdot\text{H}_2\text{O}$ — отмечен на микроклиновых друзьях в виде редких мелких кристаллов. Детально не изучался, к анкилиту отнесен условно по сходству с таковым из полостей в миаскитах, где он установлен однозначно.

Бурбанкит, $(\text{Na,Ca})_3(\text{Sr,Ba,Ce})_3(\text{CO}_3)_5$ — образует столбчатые кристаллы и слабобрасходящиеся пучки игольчатых индивидов длиной первые мм, цвет светло-желтый, в пучках имеет шелковистый отлив. Рентгенограмма соответствует эталонной [1], по данным LMA в составе присутствуют Na, Ca, Sr; Y и La — мало. Оптические константы: $n_o 1.626$, $n_e 1.620$, $\Delta 0.006$.

Доломит — образует крупные ромбоэдри размером до 5 мм, кристаллы замутнены (форфоровидные), грани искривленные. Рентгенограмма ближе всего согласуется с таковым [1], на основании этого условно отнесен к доломиту.

Доннейит-(Y), $\text{Sr}_3\text{NaCaY}(\text{CO}_3)_6\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — образует мелкие (от долей до 1—1.5 мм) кристаллы на микроклиновых друзьях. Облик — бочковидный с характерной поперечной штриховкой на боковых поверхностях, цвет желтый. Мелкие кристаллы прозрачны, внутренняя часть более крупных иногда замутнена, фарфоровидна и слабо окрашена в буровато-розоватый цвет. Рентгенограммы прозрачного и фарфоровидного доннейита сходны и соответствуют эталонной [11]. LMA обнаруживает в составе Na, Y, Sr, Ca.

Кальцит — образует две формы выделений (две генерации). Первая — сравнительно крупные, до 5 мм, короткостолбчатые кристаллы призматического облика, цвет желтый, рентгенограмма соответствует кальциту, LMA обнаруживает в составе Ca и очень слабо проявлен Sr. Вторая — более мелкие бесцветные кристаллики таблитчатого облика, габитусными формами являет-

сы пинакоид и узкий поясok острого скаленoэдра. Детально не изучался.

Сидерит — отмечен на микроклиновых друзах в виде правильных слегка замутненных ромбoэдров, окрашенных в слабый, но ясный желтовато-розоватый цвет. Рентгенограмма ближе всего согласуется с сидеритом [1]. По данным ЛМА в составе присутствуют Fe, меньше Mn, мало Mg.

Стронцианит — образует сфероидные выделения с бугристой поверхностью (сферокристаллы), прозрачные, слабо окрашенные в желтоватый цвет, а также призматические розоватые кристаллы, удлинённые по [100], и тройники по {110} (рис. 2). Рентгенограмма соответствует эталонной [1]. По данным ЛМА в составе присутствуют Sr и мало Ca.

Барит — найдены единичные мелкие кристаллы размером до 1.5 мм, прозрачные, окрашены в ясный желтый цвет, обладают богатой огранкой, грани зеркальные. Рентгенограмма соответствует бариту.

Рутил — мелкие кристаллы размером до 1—1.5 мм, редко крупнее, габитус столбчатый. Цвет черный, при большом увели-

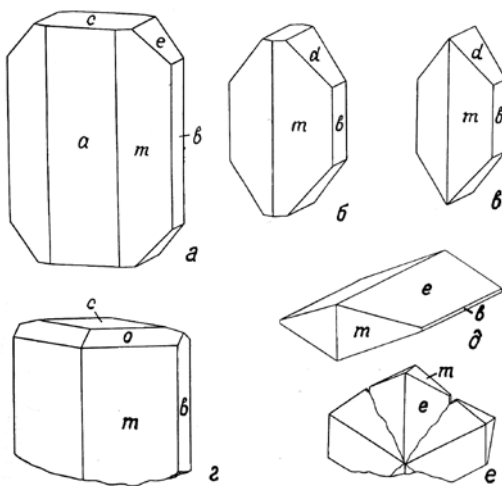


Рис. 2. Формы кристаллов ненадкевичита (а — г) и стронцианита (д—е):

а — ранние кристаллы, б—в — поздние кристаллы (коллекция С. Н. Никандрова), г — кристалл по чертежу Т. А. Яковлевской (Хибинпахкчорр) [4] в новой установке (формы см. в табл. 2), д—е — кристалл и тройник стронцианита (коллекция А. А. Канонерова), формы: $b\{010\}$, $e\{011\}$, $m\{110\}$

чении фиксируются темно-красные внутренние рефлексy. Грани совершенные, зеркальные. Рентгенограмма соответствует эталонной [3]. Состав (мас. %): TiO_2 92.19, FeO 3.32, Nb_2O_5 4.88, Ta_2O_5 0.05 (микросонд JXA 733, аналитик Е. И. Чурин).

Франконит, $\text{Na}_2\text{Nb}_4\text{O}_{11} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ — встречаются очень мелкие выделения. Материал из полостей в фенитах детально не изучался, к франкониту отнесен по оптическим свойствам ($n_m \approx 1.80$) и по сходству с таковым из полостей в миаскитах (в виде шелковистых снежно-белых корочек), где он диагностирован однозначно.

Пирит — образует крупные, до 1 см, кубические кристаллы. Детально не изучался, визуальная диагностика не вызывает сомнений.

Сфалерит — отмечен в единичных кристаллах размером до 2 мм, цвет темно-красный, почти черный, форма кристаллов тетраэдрическая. Рентгенограмма соответствует сфалериту, по данным LMA в составе присутствует только Zn и S.

Коробицынит и ненадкевичит, $\text{Na}_{3-x}(\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}, \text{O} \cdot 3-4\text{H}_2\text{O})$ и $\text{Na}_{3-x}(\text{Nb}, \text{Ti})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}, \text{O}) \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$ — часто образуют единые кристаллы величиной 0.2—14 мм с непрерывным изменением состава от одного минерала к другому (рис. 2). В разных полостях их форма и парагенезисы несколько варьируют. Набор простых форм, установленных на кристаллах приведен в табл. 2. Ранние кристаллы коробицынита имеют крупные грани $a\{100\}$ и $c\{001\}$, белый цвет (замутнены) и блочное строение (иногда тонкое расщепление). На поздних кристаллах (они более мелкие и представлены преимущественно ненадкевичитом) этих граней нет, они прозрачны, бесцветны и совершенны.

Таблица 2

Сферические координаты граней кристаллов ненадкевичита-коробицынита

Грани	φ°	ρ°	Грани	φ°	ρ°
$a\{100\}$	90	90	$n\{052\}$	0	52.8
$b\{010\}$	0	90	$d\{094\}$	0	50.1
$c\{001\}$	—	0	$r\{111\}^*$	62.3	48.6
$m\{110\}$	62.3	90	$o\{112\}^{**}$	62.3	29.5
$e\{021\}$	0	45.2			

Примечания: * — грань не наблюдалась, данные вычислены; ** — грань отмечена Т. А. Яковлевской при другой установке кристаллов [4]. На ранних кристаллах грани $a\{100\}$ сильно исштрихованы параллельно $[001]$. Штриховка появилась вследствие смены форм: на поздних кристаллах грань $a\{100\}$ отсутствует, она выродилась и заменилась призмой $m\{110\}$.

Таблица 3

**Химический состав ряда минералов ненадквечит-коробицынит
из Вишневых гор (Урал, Россия)
по данным электронно-зондового микроанализа (масс. %)**

Точка анализа	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	Nb ₂ O ₅	Сумма	Nb/Ti(ат.)
1	6.33	0.16	42.61	14.96	21.81	85.87	0.88
2	9.64	0.17	41.45	10.49	28.36	90.11	1.63
3	14.71	0.29	37.21	4.14	34.60	90.95	5.09
4	9.27	0.24	38.89	3.97	38.25	90.62	5.74
5	9.26	0.24	38.73	3.44	38.06	89.73	7.42
6	9.98	0.23	38.02	3.67	37.71	89.61	6.17
7	12.61	0.19	37.95	4.80	34.42	89.97	4.32
8	7.06	0.14	41.70	14.10	22.56	85.56	0.90
9	7.82	0.15	42.14	15.00	21.34	86.45	0.79
10	6.21	0.13	43.08	15.14	21.67	86.23	0.80
11	7.92	0.10	40.64	10.93	26.80	86.39	1.37
12	7.18	0.26	38.41	4.13	37.76	87.74	5.18
13	11.66	0.20	37.75	3.79	36.72	90.12	5.45

Примечания: Содержания Ca, Sr, Ba, Mg, Mn, Fe, Zn, Al, Zr — ниже пределов обнаружения (0.00—0.1%).

1—7 — ранние обломочные блочные кристаллы; 8—13 — поздние совершенные кристаллы.

На микронзонде исследованы крупные ранние блочные кристаллы в сечении (001) — анализы 1—7 (табл. 3) и выросшие на них мелкие прозрачные кристаллики — анализы 8—13 (табл. 3). Эмпирические кристаллохимические формулы свидетельствуют, что ядерная часть кристаллов соответствует коробицыниту, а периферическая — ненадквечиту (номера формул соответствуют табл. 3):

1. $(\text{Na}_{1.16}\text{K}_{.02})_{1.18}(\text{Ti}_{1.06}\text{Nb}_{.93})_{1.99}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}_{1.93}\text{O}_{.07})_2 \cdot 3.49\text{H}_2\text{O}$
2. $(\text{Na}_{1.80}\text{K}_{.02})_{1.82}(\text{Nb}_{1.34}\text{Ti}_{.76})_{2.00}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}_{1.06}\text{O}_{.94})_2 \cdot 2.71\text{H}_2\text{O}$
3. $(\text{Na}_{3.07}\text{K}_{.04})_{3.11}(\text{Nb}_{1.68}\text{Ti}_{.33})_{2.01}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{O}_{2.41} \cdot 3.25\text{H}_2\text{O}$
4. $(\text{Na}_{1.85}\text{K}_{.03})_{1.88}(\text{Nb}_{1.78}\text{Ti}_{.31})_{2.09}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{O}_{0.01} \cdot 3.22\text{H}_2\text{O}$
5. $(\text{Na}_{1.85}\text{K}_{.03})_{1.88}(\text{Nb}_{1.78}\text{Ti}_{.24})_{2.02}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}_{1.74}\text{O}_{.26})_2 \cdot 3.40\text{H}_2\text{O}$
6. $(\text{Na}_{2.04}\text{K}_{.03})_{2.07}(\text{Nb}_{1.79}\text{Ti}_{.29})_{2.08}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{O}_{2.09} \cdot 3.66\text{H}_2\text{O}$
7. $(\text{Na}_{2.58}\text{K}_{.03})_{2.61}(\text{Nb}_{1.64}\text{Ti}_{.38})_{2.02}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{O}_{2.16} \cdot 3.53\text{H}_2\text{O}$
8. $(\text{Na}_{1.31}\text{K}_{.01})_{1.32}(\text{Ti}_{1.05}\text{Nb}_{.94})_{1.99}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}_{1.78}\text{O}_{.22})_2 \cdot 3.72\text{H}_2\text{O}$

9. $(\text{Na}_{1.44}\text{K}_{.02})_{1.46}(\text{Ti}_{1.12}\text{Nb}_{.88})_{2.00}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}_{1.66}\text{O}_{.34})_2 \cdot 3.47\text{H}_2\text{O}$
10. $(\text{Na}_{1.12}\text{K}_{.01})_{1.13}(\text{Ti}_{1.10}\text{Nb}_{.88})_{1.98}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})_{1.93} \cdot 3.49\text{H}_2\text{O}$
11. $(\text{Na}_{1.58}\text{K}_{.01})_{1.59}(\text{Nb}_{1.15}\text{Ti}_{.84})_{1.99}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}_{1.30}\text{O}_{.70})_2 \cdot 4.03\text{H}_2\text{O}$
12. $(\text{Na}_{1.45}\text{K}_{.03})_{1.48}(\text{Nb}_{1.71}\text{Ti}_{.33})_{2.04}[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH}_{1.35}\text{O}_{.65})_2 \cdot 3.94\text{H}_2\text{O}$
13. $(\text{Na}_{2.39}\text{K}_{.03})_{2.42}(\text{Nb}_{1.69}\text{Ti}_{.31})_{2.00}[\text{Si}_4\text{O}_{12}]\text{O}_{2.5} \cdot 3.49\text{H}_2\text{O}$

Расчет формул произведен на $[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{X}_{2\pm n})$, где X = O, OH. Формульные коэффициенты: при (OH) и O вычислены по стехиометрии, при H₂O (молек.) — по дефициту суммы анализа.

Рентгенометрические данные (табл. 4) получены только для ненадквечитовой периферической части. Они не отличаются от известных в литературе [10] и подтверждают ромбическую

Таблица 4

Результаты расчета рентгенограммы и параметры элементарной ячейки ненадквечита, Вишневые горы

d, Å	I, %	hkl	d, Å	I, %	hkl
7.09	86	020	2.079	12	242
6.55	95	110	1.990	3	260
5.03	49	021	1.972	8	062
4.82	9	111	1.950	2	173, 322
3.98	13	130	1.862	4	332
3.58	6	002, 210	1.854	5	350
3.272	100	201, 220	1.842	9	400, 233
3.180	56	041	1.783	7	004
3.138	15	112	1.771	4	080
2.977	8	221	1.739	9	262
2.904	4	230	1.676	6	181, 063
2.691	4	231	1.668	4	431
2.655	17	150	1.601	3	214, 280
2.559	22	240, 202	1.594	7	441, 422, 04
2.515	20	042	1.485	2	4
2.364	17	060	1.457	6	154
2.329	6	320			282
Параметры ромбической ячейки: a = 7.419(3) Å, b = 14.259(5) Å, c = 7.242(3) Å, V = 766(1) Å ³					

Примечание: Условия съемки: дифрактометр ДРОН УМ-1, СоК_α-излучение, Fe-фильтр

симметрию mmm этой группы минералов. Кристаллы оптически двусосны, положительны, N_p = b, N_m = c, N_g = a. Показатели пре-

ломления варьируют в пределах n_p 1.645—1.648, n_g 1.762—1.779. Твердость по Моосу около 5. Спайность не выявлена.

Относительный возраст ненадкевичита-коробицынита определен на основании следующих наблюдений. Во всех случаях его кристаллы нарастают на альбит, калишпат, эгирин, циркон, ильменорутил, ранний дымчатый кварц. А на кристаллы ненадкевичита, в свою очередь, нарастают пирит, кальцит, бесцветный короткопризматический мелкозернистый кварц (поздний). В некоторых образцах отчетливо заметно обрастание бурбанкита ненадкевичитом. В одном случае отмечено, что ненадкевичит вралтал лишь в последние зоны роста анкерита, росшего частично одновременно с дымчатым кварцем. Бурбанкит обрастается дымчатым крупнозернистым кварцем и анкеритом, а также более поздними кальцитом, пиритом, хлоритом.

Таким образом, время образования ненадкевичита-коробицынита фиксируется поздними зонами роста анкерита, выросшего частично одновременно с дымчатым кварцем, который, в свою очередь, вырос после полевых шпатов, эгирина и щелочно-го амфибола. После ненадкевичита продолжалась кристаллизация многих минералов — кальцита, стронцианита, пирита, хлорита, франконита, позднего кварца и других.

Находка ненадкевичита и коробицынита является первой на Урале, коробицынита — второй в мире, а совмещение их в одном кристалле установлено впервые. Первое упоминание об уральском ненадкевичите в минералогической литературе [2] основано именно на этой находке. Ненадкевичит — второй после франконита ниобиевый минерал, относящийся к поздней гидротермальной минерализации в Вишневых горах, возникшей после высокотемпературной минерализации с пирохлором. Ниобиевая минерализация здесь развивалась в последовательности пирохлор → ненадкевичит → франконит. Продолжалась и гидротермальная кристаллизация минералов с редкими землями, стронцием и барием (анкилит, бурбанкит, доннейит, стронцианит, барит).

Литература

1. *Васильев Е. К., Васильева Н. П.* Рентгенографический определитель карбонатов. Новосибирск: Наука, 1980. 143 с.
2. *Кобяшев Ю. С., Макагонов Е. П., Никандров С. Н.* Минералы Вишневых и Потаниных гор. Миасс: Ильменский гос. заповедник УрО РАН, 1998. 77 с.
3. *Михеев В. И.* Рентгенометрический определитель минералов. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 868 с.

4. Ненадкевичит // Минералы: Справочник. Т. III. Вып. 2. М.: Наука. 1981. С. 64—68.

5. *Никандров С. Н.* Новый тип акцессорной редкометальной минерализации в Вишневогорском щелочном комплексе // Геология, минералогия и полезные ископаемые Южного Урала: тез. докл. школы-семинара молодых геологов, г. Миасс — октябрь 1987 г. Свердловск: УрО АН СССР, 1987. С. 45—49.

6. *Никандров С. Н.* Поздняя акцессорная редкометальная минерализация в Вишневогорском щелочном комплексе // Новые данные по минералогии Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. С. 60—71.

7. *Никандров С. Н.* Франконитовая минерализация Вишневых гор и ее практическое значение // Нетрадиционная редкометальная минерализация на Урале и ее диагностика. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. С. 18—23.

8. *Никандров С. Н.* Франконит — первая находка в СССР // Доклады Академии Наук СССР. 1989. Т. 305. № 3. С. 700—703.

9. *Пеков И. В., Куликова И. М., Никандров С. Н.* О составе редкоземельных карбонатов из гидротермалитов Вишневогорского щелочного комплекса // Уральская летняя минералогическая школа-96 (материалы). Екатеринбург: Уральская государственная горно-геологическая академия, 1996. С. 137—141.

10. *Пеков И. В., Чуканов Н. В., Хомяков А. П., Расцветаева Р. К., Кучериненко Я. В., Неделько В. В.* Коробицынит $\text{Na}_{3-x}(\text{Ti}, \text{Nb})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH}, \text{O})_2 \cdot 3-4\text{H}_2\text{O}]$ — новый минерал из Ловозерского массива, Кольский полуостров // Записки ВМО. 1999. № 3. С. 72—79.

11. *Chao G. Y., Mainwaring P. R., Baker J.* Donnayite, $\text{Na,Ca,Sr}_3\text{Y}(\text{CO}_3)_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, a new mineral from Mont St-Hilaire, Quebec // The Canadian Mineralogist. 1978. Vol. 16. № 3. P. 335—340.