

УДК 549.522+552.322.2 (470.5)

А. В. Волошин, Я. А. Пахомовский, Д. Л. Рогачев,
Т. Н. Надежина, Д. Ю. Пуцаровский, А. Ю. Бахчисарайцев**Клинобехоит — новая природная модификация $\text{Be}(\text{OH})_2$ из десилицированных пегматитов ***

Обнаружен в зонах гидротермального изменения десилицированных пегматитов Урала (Мурзинский р-н) в ассоциации с бавенитом, битнитом, филлипситом, апальцитом и альбитом. Образует лучистые сферолиты пластинчатых кристаллов размером до 1 мм. Бесцветный прозрачный. Спайность совершенная по (100), несовершенная по (010) и (001). Твердость 2—3. Измеренная плотность 1,93 г/см³. Двуспый, отрицательный, дисперсия сильная, $r < v$, $2V = 80^\circ$, $n_p = 1,539$, $n_m = 1,544$, $n_g = 1,548$. На основе лазерного и кулонометрического методов анализа, ИК-спектроскопии и расшифровки кристаллической структуры минерала установлена его химическая формула в виде $\text{Be}(\text{OH})_2$. Моноклинный, пространственная группа $P2_1$, $a = 1,1020$, $b = 0,4746$, $c = 0,8646$ нм, $\beta = 98,94^\circ$, $V = 0,447$ нм³, $Z = 12$. Название дано по аналогии с бехоитом по химическому составу и моноклинной симметрии.

Новая природная модификация $\text{Be}(\text{OH})_2$ обнаружена в зонах гидротермального изменения десилицированных пегматитов Урала (Мурзинский район) в ассоциации с бавенитом, битнитом, филлипситом, апальцитом и альбитом и первоначально диагностирована нами как бехоит [2]. Минерал образует лучистые агрегаты пластинчатых кристаллов белого цвета с характерным перламутровым блеском (рис. 1) и размером до 1 мм. Пластинки индивидов имеют клиновидную форму.

Образование минерала связано с изменением ранних бериллиевых минералов (возможно, берилла и бавенита) в гидротермальных условиях. Лучистые агрегаты минерала располагаются на пластинчатых кристаллах бавенита вместе с цезийсодержащим апальцитом, а некоторые — и на апальците.

Минерал в тонких пластинках прозрачный, блеск стеклянный с перламутровым оттенком. Флюоресценцией не обладает. Твердость 2—3. Хрупкий. Спайность совершенная по (100), несовершенная по (010) и (001). Плотность, измеренная в разбавленной жидкости Клеричи, — 1,93 (3), вычисленная на объем элементарной ячейки при идеальном составе, — 1,92 (2) г/см³. При нагревании на кривой нагревания в области 200—280 °С минерал проявляет один резкий эндотермический максимум при 240 °С, связанный с интенсивным выделением воды. Это отвечает данным работы [3] для $\text{Be}(\text{OH})_2$, где сообщается, что при атмосферном давлении гидроксид бериллия начинает разлагаться при 230 °С.

ИК-спектр минерала очень сложен по строению, содержит значительное количество полос поглощения (рис. 2) и по общему виду свойственен гидроксидам, в составе которых отсутствует вода в молекулярной форме. Аналога среди природных соединений ИК-спектр минерала не имеет. При анализе литературных источников по ИК-спектроскопии синтетических гидроксидов выявлена полная аналогия ИК-спектра минерала с таковым для альфа-модификации $\text{Be}(\text{OH})_2$.

Первые данные по ИК-спектроскопии $\text{Be}(\text{OH})_2$ приведены в работах [14, 16], где указывается на наличие в них водородных связей, как и в других гидроксидах, приводимых для сравнения. И. Дж. Биром и др. [7] выполнено специальное исследование ИК-спектров разных модификаций $\text{Be}(\text{OH})_2$, из которого следует резкое различие по спектрам α - и β - $\text{Be}(\text{OH})_2$, а также подтверждена их индивидуальность. Общий

* Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 15 марта 1988 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 23 августа 1988 г.

вид ИК-спектра бета-модификации приведен в сводной работе [11] по данным Г. П. Ставицкой и др. [5], но приведен и специально записанный спектр этой модификации при температуре жидкого азота (рис. 2, 2). ИК-спектр бета-модификации идентичен спектру бехонита [10]. Наши ИК-спектроскопические исследования бехонита из карбонатитов Квебека (Канада), из образца коллекции Горного музея Ленинград-

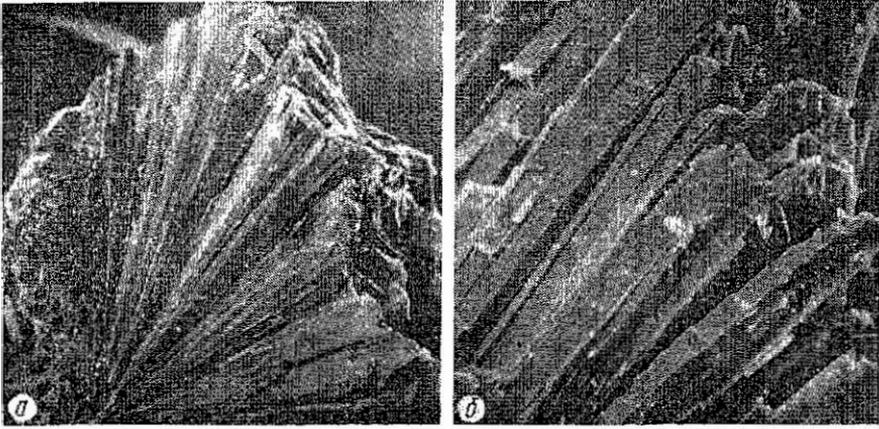


Рис. 1. Характер выделений клинобехонита. РЭМ фото, ув.: а — 50, б — 250.

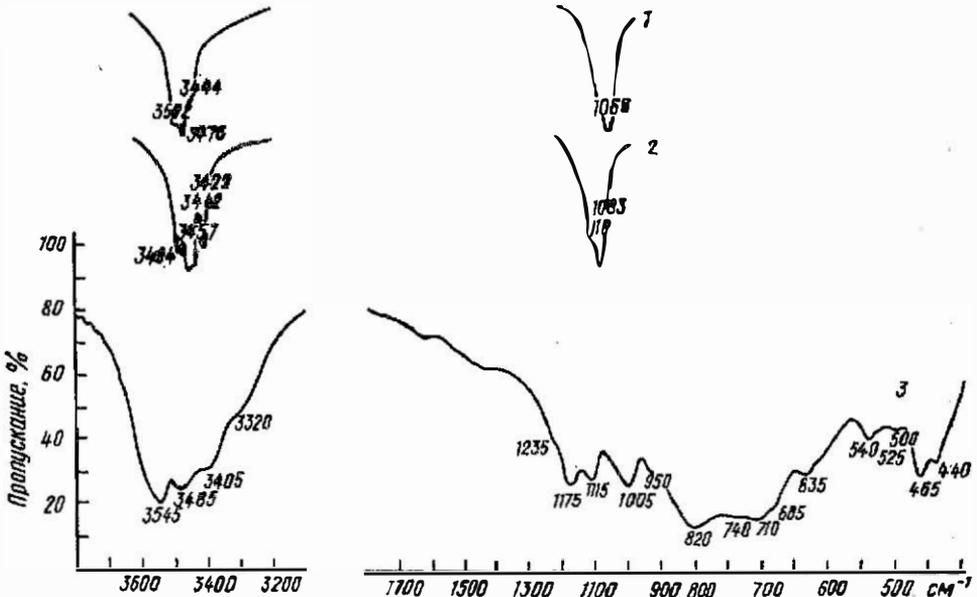


Рис. 2. ИК-спектры β -Be(OH)₂ (1 — комнатная температура, 2 — температура жидкого азота, по данным работы [11]) и клинобехонита (3).

ского горного института в ассоциации с сидеритом (обр. 1699/1), полностью подтвердили идентичность бехонита с β -Be(OH)₂ по ИК-спектру и рентгенометрическим данным. Сравнительные данные по ИК-спектроскопии гидроксидов бериллия приведены в табл. 1.

По оптическим данным минерал близок к бехониту. Минерал двусный, отрицательный, $n_g=1,539$ (1), $n_m=1,544$ (1), $n_g=1,548$ (1), $2V_{\text{лам}}=80^\circ$, $2V_{\text{выт}}=83^\circ$. Сильная дисперсия оптических осей. Оптическая ориентировка $Y=b$, $X \approx c$, $Z: a \approx 9^\circ$ (в тупом углу). Плеохроизм отсутствует.

Химический анализ минерала из-за малого количества вещества не проводился. По данным микронзондового анализа препаратов минерала в нем не обнаружены эле-

менты с атомным номером больше 11, отсутствуют бор и углерод. Лазерный спектральный микроанализ показал только крайне высокое содержание бериллия (на уровне 55 ± 5 мас. % BeO), другие элементы также не установлены. Минерал растворяется в соляной кислоте. По данным кулонометрического анализа, в минерале содержится 41,0 мас. % воды (среднее из шести измерений). Таким образом, можно заключить, что состав минерала определяется тремя основными элементами: бериллием, водородом и кислородом, класс соединений — гидроксиды, но формула его может иметь необычный вид в связи со сложными особенностями, выраженными на ИК-спектре и неоднозначностью образования в химических реакциях модификаций $\text{Be}(\text{OH})_2$, а также самопроизвольностью их переходов.

Впервые гидроксиды бериллия получены в виде трех модификаций: аморфной, метастабильной и стабильной [12]. Для двух последних получены рентгенограммы порошка, существенно различающиеся между собой. В последующих работах [17] подтверждается существование этих трех модификаций и ясная кристалличность двух: метастабильной и стабильной, впоследствии названными α и β . С. В. Блешинский и др. [1] отмечают преобразование альфа-модификации в стабильную бета-модификацию при взаимодействии со щелочами и самопроизвольно. Об этом говорится и в ряде последующих работ по химии гидроксида бериллия [3, 4, 6, 13]. Общие закономерности существования и преобразования трех модификаций $\text{Be}(\text{OH})_2$ могут быть сформулированы следующим образом:

1) аморфная модификация в течение нескольких часов самопроизвольно переходит в метастабильную (альфа), в течение месяца в свою очередь переходящую в стабильную (бета);

2) образование трех модификаций зависит от концентрации и времени взаимодействия твердой и жидкой фаз.

Первые сведения о рентгенометрических данных α - $\text{Be}(\text{OH})_2$ и β - $\text{Be}(\text{OH})_2$ приведены в работе [12] и в картотеке ASTM без указания принадлежности к модификации соответственно в карточках 3—324 и 3—295. По-видимому, из-за слабой раскристаллизованности количество линий в приведенных рентгенограммах очень небольшое, но сами рентгенограммы четко различаются между собой. Позднее [20] решена кристаллическая структура бета-модификации как постройки каркасного типа из тетраэдров BeO_4 , изоструктурой одной из многочисленных модификаций гидроксида цинка — ϵ - $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Кристаллическая структура β - $\text{Be}(\text{OH})_2$ решена в ромбической сингонии. В работе [15] без данных структурного исследования приведены параметры тетрагональной ячейки α - $\text{Be}(\text{OH})_2$ ($a=1,084$, $c=0,784$ нм, $Z=25$), а в работе [8] — данные дифрактометрического изучения трех модификаций (аморфной, метастабильной и стабильной), в результате чего видно, что у стабильной (бета) модификации высокая степень кристалличности, а аморфная характеризуется диффузной картиной. Метастабильная (альфа) модификация занимает промежуточное место и по общему виду принципиально отличается от дифрактограммы стабильной (бета) модификации. Приводимая

Таблица 1. Частоты поглощения в ИК-спектрах гидроксидов бериллия, см^{-1}

Клино-бехонт	α - $\text{Be}(\text{OH})_2$ [7]	β - $\text{Be}(\text{OH})_2$		Бехонт [10]	Клино-бехонт	α - $\text{Be}(\text{OH})_2$ [7]	β - $\text{Be}(\text{OH})_2$		Бехонт [10]
		[11]	[7]				[11]	[7]	
3545	3550		3550	3546	950	945			
3485	{ 3510	3502	3505	3509		920		925	
	{ 3490							875	877
	3470	3476	3485	3472	820	840	825		
3405	{ 3450	3441	3450		740				
	{ 3405			3401	710				
	3370				685				
3320	3315				635				
1235	1215				540				
1175	1175				525				
1115	{ 1105				500				
	{ 1090	1066	1070	1075	465				
1005	1015				440				

в работе [8] рентгенограмма порошка α - $\text{Be}(\text{OH})_2$ хорошо согласуется с порошкограммой, впервые приведенной для этой модификации в работе [12]. Благодаря проведенному уточнению параметров тетрагональной ячейки авторами цитируемых работ получены следующие результаты: $a=1,080\pm 0,01$, $c=0,780\pm 0,01$ нм при $Z=25$, расчетная плотность 1,960 существенно отличается от ранее приводимых значений 1,945 и

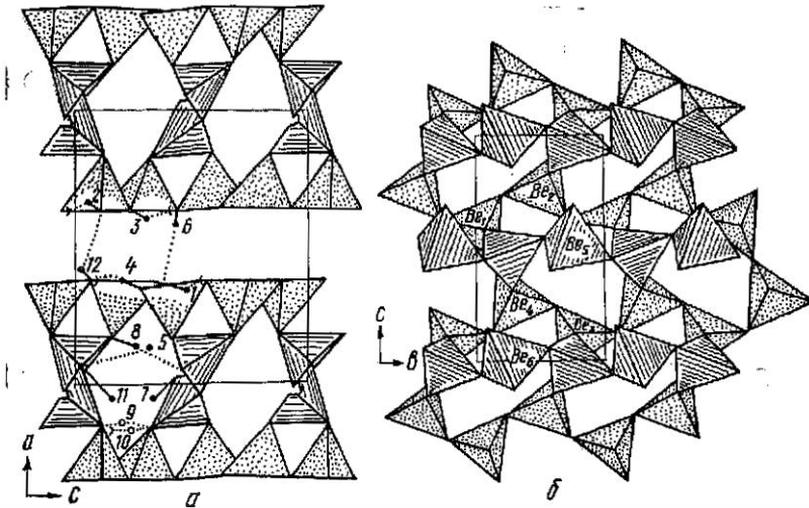


Рис. 3. Проекция кристаллической структуры клинобеохита: а — на плоскость (010); б — на плоскость (100) двух слоев $[\text{BeO}_4]$.

1,920 г/см³. Наконец, в работе [18] приведены новые данные по индцированию α - $\text{Be}(\text{OH})_2$ в тетрагональной ячейке, но также без структурного анализа.

Из проведенного нами рентгенометрического исследования изучаемого минерала следует близость данных последнего к приводимым данным по α - $\text{Be}(\text{OH})_2$, но неудовлетворительное индцирование рентгенограммы в тетрагональной сингонии с указанными параметрами обусловило необходимость монокристалльного исследования. При исследовании монокристалла выявлена его моноклинная симметрия с возможными пространственными группами $P2/m$, $P2$, Pm , $P2_1/m$, $P2_1$ и параметрами элементарной ячейки $a=1,11$, $b=0,476$, $c=0,886$ нм, $\beta=98,5^\circ$.

Однако отсутствие полного химического анализа минерала, самопроизвольность перехода различных модификаций $\text{Be}(\text{OH})_2$, метастабильность альфа-модификации обусловили необходимость прецедентного структурного исследования минерала и установления формулы его таким образом. Эта задача решена на кафедре кристаллографии геологического факультета МГУ.

Рентгенографический материал — 597 ненулевых рефлексов ($\max \sin \theta/\lambda = 0,704 \text{ нм}^{-1}$) — получен с монокристалла клиновидной формы максимального размера $0,3 \times 0,1$ мм на автоматическом дифрактометре $\overline{P1}$ Ситтекс 28: θ -методом со скоростью сканирования 4—24 град/мин (Mo-излучение, графитовый монохроматор). Параметры моноклинной ячейки минерала определены по рентгенограмме вращения, развертке слоевых линий $h0l$ и уточнены на том же дифрактометре: $a=1,1020$ (8), $b=0,4746$ (6), $c=0,8646$ (9) нм, $\beta=98,94$ (8)°. Пространственная группа $P2_1$, $Z=12$. Пересчет интенсивностей в $|F_{hkl}|$ и последующие расчеты структурной модели выполнены на специализированной вычислительной системе E-XTL «Синтекс».

Закономерность расположения атомов в структуре найдена на основе автоматической интерпретации функции межатомных векторов с использованием пакета программ «Фрагмент» и уточнена МНК в изотропном приближении до $R_{hkl}=13\%$. Дальнейшее уточнение структуры проведено по системе программ AREN. В связи с резко выраженной слоистостью минерала на первом этапе уточнялись анизотропные коэффициенты приведения набора $|F_{hkl}|$ к абсолютной шкале, а затем тепловые и позиционные параметры. При этом R_{hkl} снизился до 9,2%, а параметры эллипсоида вращения коэффициентов приведения оказались равными $K_{11}=1,105$, $K_{22}=1,030$, $K_{33}=0,789$,

$K_{12} = 0,010$, $BK_{13} = 0,127$, $K_{23} = -0,038$. После анизотропного уточнения модели ($R_{hkl} = 7,4\%$) серия разностных синтезов, рассчитанных с учетом поправки на обреш ряда, выявила все 12 атомов водорода. Уточнение их позиционных параметров при заданных $B = 1,5$ снизило R_{hkl} до $6,4\%$, а повторное анизотропное уточнение МНК всех атомов, кроме атомов водорода, привело к окончательному $R_{hkl} = 5,8\%$.

Как и большинство бериллиевых соединений, характеризующихся неизменной приверженностью бериллия к четверной координации, в изученной структуре все его атомы размещаются в довольно правильных тетраэдрах со средними расстояниями $Be-O$ $0,163-0,165$ нм. Структуру образуют объемные тетраэдрические трехслойные пакеты, перпендикулярные к $[100]$, соединенные между собой H -связями (рис. 3). В пакетах можно выделить два обращенных навстречу друг другу полярных слоя из вытянутых шестерных колец (рис. 3, б). В слоях вдоль оси y тянутся две кристаллографически независимые цепочки с периодом в два тетраэдра, в образовании которых участвуют атомы Be_{1-4} и Be_{3-4} . Внутри пакета две сетки объединяются параллельными $[010]$ изолированными цепочками из Be_{5-6} тетраэдров, период которых также равен 2. Первый тип цепочек характерен для кремниевых тетраэдрических мотивов в слоистых силикатах (талк, слюды), второй — для фторбериллатов (например, $RbBeF_3$) и бехонита $[20]$.

Найденные в изученной структуре трехслойные пакеты представляют собой новый тип тетраэдрических радикалов, не встреченный даже в силикатных структурах, отличающихся большим разнообразием мотивов из тетраэдров $[SiO_4]$. Конституция тетраэдрических пакетов в минерале соответствует составу $Be(OH)_2$ и позволяет сопоставлять эту структуру с таковой зузманиита, синтетическими $Na_2Si_3O_7$ и $NaPrSi_6O_{14}$, содержащими объемные трехэтажные слои из кремний-кислородных тетраэдров.

Из результатов анализа системы водородных связей следует, что H -атомы в структуре новой природной модификации $Be(OH)_2$ функционально различны. Объединение пакетов в трехслойную постройку осуществляется протонами H_6 и H_{12} , располагающимися в межпакетном пространстве и образующими близкие к обычным водородные связи. Средние значения расстояний и углов с участием донорных (D) и акцепторных (A) атомов кислорода составляют: $D-A = 0,283$, $H-A = 0,23$ нм, $\angle DNA = 143^\circ$. Также близки к нормальным H -связи с участием H_5 и H_8 , укрепляющие контакты между соседними, параллельными $[010]$, цепочками центрального яруса: средние $D-A = 0,312$, $H-A = 0,22$ нм, $\angle DNA = 162^\circ$. Четыре H_1-H_4 находятся внутри сеток, укрепляя связь между тетраэдрами в шестерных кольцах. Образующиеся при этом H -связи достаточно слабые с удлиненным средним расстоянием $H-A = 0,24$ и более обычными $D-A = 0,307$ нм, $\angle DNA = 142^\circ$. Средние значения $D-H$ для всех H -связей — $0,08$ нм. Остальные протоны не участвуют в формировании обычных водородных связей. Атомы H_7 и H_{11} совместно с O_{10} и O_{11} соответственно образуют OH -группы со средними расстояниями $O-H = 0,13$ нм. Атомы H_9 и H_{10} , по-видимому, статистически распределяют свои усилия между атомом O_8 и двумя атомами O_{12} , трансляционными вдоль $[010]$, находясь примерно на одинаковом от них расстоянии: средние $H-O_8 = 0,14$ и $H-O_{12} = 0,15$ нм, $\angle OH = 155^\circ$. Разнообразие типов H -связей выделяет изученный минерал среди структур с водородными связями и объясняет сложный вид ИК-спектра.

Структура новой природной модификации $Be(OH)_2$ дополняет различные морфотропные ряды. В морфотропном ряду BeX_2 с уменьшением порядкового номера X -аниона прослеживается последовательное уменьшение степени конденсации Be -тетраэдров. При этом в структурах BeX_2 , где $X = I, Br, Cl, (CH_3)$ (аналогах SiS_2), тетраэдры объединяются по ребрам, в то время как в BeF_2 (аналогах кварца, кристобалита и коэзита и бехонита) связанные по вершинам тетраэдры образуют каркас, а в изученной форме $Be(OH)_2$ — трехслойные пакеты. В морфотропном ряду BeX , где X представлен элементами VI группы, при уменьшении порядкового номера X прослеживается переход от структурного типа сфалерита ($X = Po, Te, Se$) к структурному типу вюрцита ($X = O$ в бромеллите), а далее к структуре бехонита и новой моноклинной форме $Be(OH)_2$ — клинобехонита, в котором дезинтеграции тетраэдрического каркаса способствует присутствие атомов H с высокими значениями электроотрицательности, ослабляющих связи $Be-O$ в трехатомных связях $Be-O-H$.

В структурах гидроксидов $M(OH)_2$ с уменьшенным порядковым номером M^{+2} -катиона отмечается переход от каркаса из одношапочных тригональных призм в $Sr(OH)_2$

Таблица 2. Межплоскостные расстояния клинобекоита, нм

Клинобекоит			α-Be(OH) [7]		α-Be(OH) [12]		Клинобекоит			α-Be(OH) [7]		α-Be(OH) [12]	
<i>l</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i> _{изм}	<i>d</i> _{выч}	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
					<i>ω</i> 1,078			1	0,1881	0,1890	204		
					<i>π</i> 0,783					0,1876	503		
1	0,625	0,626	101					1	0,1865	0,1871	511		
8	0,543	0,544	200	<i>m</i> 0,544						0,1862	322		
1	0,496	0,495	201					1	0,1823	0,1823	404		
3	0,424	0,427	002	<i>ω</i> 0,422						0,1823	023		
		0,420	102					6	0,1808	0,1814	600	<i>ω</i> 0,1814	40 0,181
3	0,414	0,414	011	<i>ω</i> 0,411				4	0,1785	0,1788	421	<i>ω</i> 0,1787	
6	0,398	0,398	111	<i>m</i> 0,395						0,1783	223		
7	0,376	0,378	111	<i>s</i> 0,377				1	0,1766	0,1769	123		
		0,378	102	<i>s</i> 0,373				2	0,1748	0,1745	513		
9	0,361	0,363	300	<i>s</i> 0,365	100	0,368				0,1745	322		
		0,358	210					3	0,1702	0,1702	414		
1	0,342	0,343	211					1	0,1661	0,1660	612		
7	0,316	0,317	301	<i>s</i> 0,315	60	0,315				0,1659	504		
		0,315	112					2	0,1604	0,1604	520	<i>υω</i> 0,1603	
1	0,313	0,313	202					3	0,1553	0,1555	700	<i>υω</i> 0,1555	
1	0,302	0,301	302					2	0,1522	0,1520	324		
2	0,2940	0,2957	112	<i>ω</i> 0,291	20	0,297		2	0,1482	0,1482	415	<i>ω</i> 0,1484	
3	0,2880	0,2883	310							0,1481	132		
10	0,2714	0,2722	400	<i>ω</i> 0,272	80	0,270		1	0,1452	0,1451	621		
		0,2712	401							0,1451	232		
3	0,2602	0,2614	212					5	0,1439	0,1441	106	<i>υω</i> 0,1443	20 0,145
3	0,2539	0,2539	312							0,1441	620		
1	0,2469	0,2476	402					1	0,1419	0,1420	622		
6	0,2436	0,2441	013	<i>m</i> 0,245						0,1418	504		
		0,2431	303					1	0,1400	0,1401	306		40 0,139
4	0,2366	0,2373	020	<i>s</i> 0,237	80	0,235				0,1400	332		
		0,2361	410							0,1399	713		
1	0,2336	0,2347	213	<i>s</i> 0,233				3	0,1382	0,1383	033	<i>ω</i> 0,1384	
		0,2319	120					1	0,1362	0,1363	016		
7	0,2306	0,2317	113							0,1362	800		
1	0,2244	0,2257	121							0,1361	704		
1	0,2193	0,2195	412					1	0,1332	0,1333	432		
		0,2193	501					1	0,1313	0,1312	721		
5	0,2164	0,2164	313	<i>m</i> 0,217	60	0,217				0,1312	801		
2	0,2136	0,2135	004					2	0,1298	0,1299	416		
2	0,2069	0,2074	022	<i>ω</i> 0,207				1	0,1273	0,1272	432		
		0,2066	166							0,1272	433		
1	0,1992	0,1991	511					3	0,1263	0,1264	234		
		0,1989	222							0,1262	813		
3	0,1977	0,1980	304							0,1262	721		
		0,1979	510					3	0,1259	0,1260	306		
		0,1972	321							0,1258	532		
2	0,1961	0,1966	114	<i>ω</i> 0,1953	60	0,196		2	0,1235				
		0,1957	412					2	0,1208				
3	0,1946	0,1947	014					4	0,1194				
4	0,1902	0,1901	512										

Условия съемки: камера РКУ 114,6 мм, Fe-излучение, внутренний стандарт — NaCl.

к слоям из октаэдров в $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и $\text{Mg}(\text{OH})_2$, а далее к трехслойным тетраэдрическим пакетам в клинобехоите — $\text{Be}(\text{OH})_2$ — и к каркасу из тетраэдров $[\text{BeO}_4]$ в бехоите.

Рентгенометрические данные по клинобехоиту проиндцированы в моноклинной сингонии с полученными в результате структурного исследования параметрами ячейки и приведены в табл. 2. Значения hkl откорректированы с данными по значениям, полученным при монокристалльном исследовании минерала. При сравнении данных по клинобехоиту и синтетической $\alpha\text{-Be}(\text{OH})_2$ выявлена их идентичность.

Индивидуальность минерала видна из приводимой сравнительной таблицы структурных и оптических характеристик гидроксидов бериллия (табл. 3).

Таблица 3. Структурные и оптические характеристики гидроксидов бериллия

Характеристика	Клинобехоит	$\alpha\text{-Be}(\text{OH})_2$ [7]	$\beta\text{-Be}(\text{OH})_2$ [20]	Бехоит [10]
Сингония	Мон.	Тетр.	Ромб.	Ромб.
Простр. гр.	$P2_1$?	$P2_12_12_1$	$P2_12_12_1$
a , нм	1,1020	1,080	0,4611	0,464
b	0,4746		0,7025	0,705
c	0,8646	0,780	0,4526	0,455
β°	98,94			
V , нм ³	0,447	0,9098	0,1466	0,1488
Z	12	25	4	4
Плотность, г/см ³ , измеренная	1,93	1,945	1,924	1,92
вычисленная	1,92	1,960	1,950	1,92
n_p	1,539			1,533
n_m	1,544			1,544
n_g	1,548			1,548
$2V_{изм}^0$	80			82
$2V_{выч}^0$	83			61,8

Название минерала клинобехоит (clinobehoite) дано по химическому составу известного минерала — бехоита (behoite) и моноклинной симметрии — клино (clino).

Образец с минералом находится в Минералогическом музее им А. Е. Ферсмана АН СССР.

До настоящего времени известна только одна описанная в литературе находка бехоита [9, 10]. Гидроксиды бериллия отмечались в бериллийсодержащих туфах [19]. Нами, как указывалось, изучался бехоит из карбонатитов Квебека (Канада); бериллиевая минерализация установлена нами и в карбонатитах Кольского п-ова. По данным Е. И. Нефедова, гидроксиды бериллия обнаружены им в скарнондах Питкяранты (Карелия) в нескольких образцах в ассоциации с гельвингом, бромеллитом, гамбергитом, флюоритом, кальцитом и апатитом. Минерал однозначно не диагностирован, но по данным оптики он ближе к клинобехоиту, чем к бехоиту. Все это свидетельствует о более широком развитии оксидных форм бериллия в поздних гидротермальных образованиях и, несмотря на отмечаемую при синтезе метастабильность модификации $\alpha\text{-Be}(\text{OH})_2$, в природных условиях в качестве клинобехоита она возможна в достаточно стабильной форме.

1. Блешинский С. В., Абрамова В. Ф., Дружинин И. Г. и др. Химия бериллия.— Фрунзе: Изд-во АН Киргизск. ССР, 1955.—201 с.
2. Волошкин А. В., Пахомовский Я. А., Рогачев Д. Л. и др. Гидролиз бериллия — новый кальций-бериллиевый силикат из десилицированных легматитов // Минерал. журн.— 1986.—8, № 4.— С. 85—90.
3. Дарвин Дж., Вагдери Дж. Бериллий.— М.: Иностран. лит., 1962.—324 с.
4. Коваленко П. Н., Гейдерович О. И. Определение рН начала осаждения и произведения активности гидроокиси бериллия // Журн. неорганич. химии.— 1959.—4, вып. 9.— С. 1974—1978.
5. Ставицкая Г. П., Рыскин Я. И., Кольцов А. И. и др. Исследование характера гидратации эпидимита посредством ИК-спектра поглощения и протонного магнитного резонанса // Журн. структур. химии.— 1967.—8, № 2.— С. 233—238.

6. Эверест Д. Химия бериллия.— М.: Химия, 1968.—224 с.
7. Bear I. J., Lukaszewski G. M., Turnbull A. G. The infrared spectra of the solid phases in the system $\text{BeO} - \text{H}_2\text{O}$ // Austr. J. Chem.—1965.—18, N 9.—P. 1317—1330.
8. Bear I. J., Turnbull A. G. The heats of formation of beryllium compounds. I. Beryllium hydroxides // J. Phys. Chem.—1965.—65, N 9.—P. 2228—2233.
9. Ehlmann A. J., Walper J. L., Williams J. A new Baringer Hill—type rare—earth pegmatites from Central mineral region, Texas // Econ. Geol.—1964.—59, N 7.—P. 1348—1360.
10. Ehlmann A. J., Mitchell R. S. Behoite, beta — $\text{Be}(\text{OH})_2$ from the Rode Rouch pegmatite Llano County, Texas // Amer. Miner.—1970.—55, N 1/2.—P. 1—9.
11. The infrared spectra of minerals / Ed. V. C. Farmer.— London: 1974.—539 p.
12. Fricke R., Humme H. Über die beiden formen des kristallinen beryllium hydroxydes und system $\text{BeO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ // Z. Anorg. und Allg. Chem.—1929.—178, H. 4.—S. 400—410.
13. Gilbert R. A., Garret A. B. The equilibria of the metastable crystalline beryllium hydroxide in hydroclinic acid, perclinic acid and sodium hydroxide solutions at 25° // J. Amer. Chem. Soc.—1956.—78, N 21.—P. 5501—5505.
14. Glemser O., Hartert W. Untersuchungen über die wasserstoffbrückenbindung in kristallisierten hydrogen // Z. Anorg. und Allg. Chem.—1956.—283, H. 1—6.—S. 111—122.
15. Guillemaut A., Lecocq A. Transformations allotropiques des differentes formes cristallines de l'hydroxyde de beryllium // Compt. Rend.—1963.—257, N 6.—S. 1260—1262.
16. Hartert W., Glemser O. Zur lage des wasserstoffs im gitter kristalliner hydroxyde // Naturwiss.—1953.—40, H. 6.—S. 199—200.
17. Havestadt L., Fricke R. Über das dielektische verhalten von oxyhydraten // Z. Anorg. und Allg. Chem.—1930.—188.—S. 357—395.
18. Mercer R. A., Miller R. P. The preparation and properties of some hydroxyl compounds of beryllium // J. Inorg. Nucl. Chem.—1966.—28.—P. 61—76.
19. Montoya J. W., Baur G. S., Wilson S. R. Mineralogical investigation of beryllium-bearing tuff, Hineycomb Hills, Juab County, Utah // U. S. Bur. Mines Rept. Invest.—1964.—6408.—P. 1—11.
20. Seitz A., Rosler U., Schubert K. Kristallstruktur von beta — $\text{Be}(\text{OH})_2$ // Z. Anorg. und Allg. Chem.—1950.—261.—S. 94—105.

Геол. ин-т Кол. науч. центра АН СССР, Апатиты
 Ин-т химии и технологии ред. элементов
 и минерал. сырья Кол. науч. центра, Апатиты
 Моск. ун-т

Поступила 25.10.88

SUMMARY. Clinobehoite is found in desiliconized pegmatites of the Murzinka region, the Ural Mountains, in association with bavenite, bityite, phillipsite, albite and analcime. It forms spherulitic aggregates (up to 1 mm) of lamellar crystals through the hydrothermal alteration of the earlier formed beryllium minerals. Colourless, transparent. Cleavage: {100} perfect, {010} and {001} imperfect. Hardness is 2-3. Density (means.)—1.93 g/cm³. Biaxial, negative. Strong dispersion, $r < v$, $2V = 80^\circ$, $n_p = 1.539$, $n_m = 1.544$, $n_g = 1.548$. Proceeding from the laser microanalysis, coulometric method, IR-spectroscopy and interpretation of the crystal structure of the mineral its formula is determined as $\text{Be}(\text{OH})_2$. Monoclinic, space group $P2_1$, $a = 1.1020$, $b = 0.4746$, $c = 0.8646$ nm, $\beta = 98.94^\circ$, $V = 0.447$ nm³, $Z = 12$. It is designated on the analogy with the chemical composition and monoclinic symmetry of behoite.