УДК 549.65 (430.123)

Д.чл. Н.В. ЧУКАНОВ, д. чл. Р.К. РАСЦВЕТАЕВА**, С.М. АКСЕНОВ**,*
*д. чл. И.В. ПЕКОВ***, С.Н. БРИТВИН****, д. чл. Д.И. БЕЛАКОВСКИЙ*****,*
*В. ШЮЛЛЕР******, Б. ТЕРНЕС********

ГЮНТЕРБЛАССИТ $(K,Ca)_{3-x}Fe[(Si,Al)_{13}O_{25}(OH,O)_4]\cdot 7H_2O$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ, ПЕРВЫЙ ФИЛЛОСИЛИКАТ С ТРОЙНЫМ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИМ СЛОЕМ[1]

N.V. CHUKANOV, R.K. RASTSVETAEVA, S.M. AKSENOV, I.V. PEKOV, S.N. BRITVIN,
D.I. BELAKOVSKIY, W. SCHÜLLER, B. TERNES

GÜNTERBLASSITE, $(K,Ca)_{3-x}Fe[(Si,Al)_{13}O_{25}(OH,O)_4]\cdot 7H_2O$, A NEW MINERAL, THE FIRST PHYLLOSILICATE WITH TRIPLE TETRAHEDRAL LAYER

**Институт проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., г. Черноголовка*
***Институт кристаллографии РАН, 117333, Москва, Ленинский пр., 59*
****Московский университет, Геологический факультет, 119899 Москва, Воробьевы горы*
*****Санкт-Петербургский государственный университет, геологический факультет, 199034, С.-Петербург, Университетская наб., 7/9*
******Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, Москва, В-71, Ленинский пр., 18-2*
*******Im Straussenpesch 22, 53518 Adenau, Germany*
********Bahnhofstrasse 45, 56727 Mayen, Germany*

Введение

Топологическое разнообразие слоев из тетраэдров, в первую очередь чисто кремнекислородных и алюмокремнекислородных, в структурах природных силикатов велико (Минералы, 1992) и продолжает расширяться. Так, недавно были решены кристаллические структуры трех водных щелочно-кальциевых силикатов, объединенных в семейство маунтинита: это собственно маунтинит $KNa_2Ca_2[Si_8O_{19}(OH)]\cdot 6H_2O$ (Zubkova et al., 2009) и оказавшиеся родственными ему новые минералы шлыковит $KCa[Si_4O_9(OH)]\cdot 3H_2O$ и криптофиллит $K_2Ca[Si_4O_{10}]\cdot 5H_2O$ (Пеков и др., 2010а; Zubkova et al., 2010). В кремнекислородном слое $[Si_8Ø_{20}]$ (где Ø = O, OH) у этих минералов можно выделить 8- и 4-членные тетраэдрические кольца, близкие к таковым в апофиллите, но с иной ориентировкой тетраэдров. Индивидуальной особенностью минералов семейства маунтинита является положение свободной (т.е. неподеленной с другими тетраэдрами) вершины одного из Si-тетраэдров четырёхчленного кольца, противоположное направлению остальных трёх вершин относительно плоскости слоя. При этом у шлыковита и криптофиллита все четырёхчленные кольца ориентированы в слое одинаково (слой шлыковитового типа), тогда как у маунтинита слой состоит из чередующихся цепочек таких колец, развернутых друг относительно друга на 180º (Zubkova et al., 2010).

---

[1] Новый минерал гюнтерблассит и его название утверждены Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации минералов Международной минералогической ассоциации 2 июня 2011 г, IMA No. 2011-032.

Два шлыковитовых слоя, связываясь через общие вершины тетраэдров, могут образовывать специфический двойной слой, который можно также назвать двухслойным тетраэдрическим пакетом или модулем: $[Si_8Ø_{19}]$, где Ø = O, OH. Он известен в структурах родезита $K_{1-x}Na_{x+2y}Ca_{2-y}[Si_8O_{18}(OH)]\cdot(6-z)H_2O$, макдональдита $BaCa_4[Si_8O_{18}(OH)]_2\cdot10H_2O$, сейдита-(Ce) $Na_4(Ce,Sr)_2Ti[Si_8O_{18}(OH)](O,OH,F)_5\cdot5H_2O$ и монтереджианита-(Y) $KNa_2Y[Si_8O_{19}]\cdot5H_2O$. Аналогичные по строению, но уже не чисто силикатные, а алюмосиликатные двойные слои присутствуют в дельхайелите $K_4Na_2Ca_2[Si_7AlO_{19}]F_2Cl$, фивегите $K_4Ca_2[Si_7AlO_{17}(O_{2-x}OH_x)][(H_2O)_{2-x}OH_x]Cl$ и гидродельхайелите $KCa_2[Si_7AlO_{17}(OH)_2](H_2O)_{6-x}$ (Ferraris, Gula, 2005; Пеков и др., 2009, 2010b). Все эти минералы, а также родственные им синтетические соединения объединены в мero-плезиотипную серию родезита, в которой выделяется алюмосиликатная ветвь – семейство дельхайелита (Cadoni, Ferraris, 2009; Pekov et al., 2011).

Описываемый в настоящей статье новый минеральный вид является первым филлосиликатом с **тройным** тетраэдрическим слоем (трёхслойным тетраэдрическим пакетом, или модулем). Минерал получил название гюнтерблассит (günterblassite) в честь Гюнтера Бласса (Günter Blass) (р. 1943) – известного немецкого минералога-любителя, специалиста в области рентгеноспектрального и рентгенодифракционного методов диагностики, выполнившего большое количество анализов минералов (преимущественно из региона Айфеля), соавтора открытия ряда новых минеральных видов – паттерсонита, алланпрингита, шеферита, лукранита, хехтсбергита, ферриалланита-(La), перрьерита-(La) и виндхукита.

Эталонный образец гюнтерблассита хранится в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана РАН (Москва), регистрационный номер 4107/1.

Условия нахождения

Образцы с гюнтербласситом собраны нами в 2010 году в действующем базальтовом карьере на горе Ротер Копф (Rother Kopf) [община Рот, близ города Герольштайн (Gerolstein) земля Рейнланд-Пфальц, Германия]. Новый минерал обнаружен в составе поздней ассоциации, включающей нефелин, лейцит, авгит, флогопит, акерманит, магнетит, перовскит, бариевые минералы группы лампрофиллита, гётценит, фторапатит; после них кристаллизовались низкотемпературные гидротермальные фазы – шабазит-K, шабазит-Ca, филлипсит-Ca и кальцит. Кристаллы всех этих минералов нарастают на стенки миароловых полостей в щелочном базальте.

Морфология и физические свойства

Гюнтерблассит образует уплощенные – от тонкопластинчатых до таблитчатых – кристаллы размерами до 0.2 × 1 × 1.5 мм (рис. 1) и их субпараллельные или веерообразные сростки до 3 мм в поперечнике. Наиболее характерны простые по огранке кристаллы в виде прямоугольных пластинок или табличек, образованные только гранями трех пинакоидов: {001} (главная габитусная форма), {010}, {100} (боковые грани). Реже к ним добавляются грани ромбической призмы {110}, а иногда грани дипирамид поясов {*h*0*l*} и/или {0*kl*}, обычно неровные, выпуклые, что затрудняет их измерение и индицирование. Обычны закономерные (эпитаксические или, чаще, синтаксические) срастания нового минерала с нефелином и членами группы лампрофиллита (рис. 2). Грани {001} гюнтерблассита параллельны (копланарны) граням {100}, а иногда {001} нефелина и {001} – лампрофиллитоподобных минералов. Часто наблюдается незакономерное взаимопрорастание нового минерала и нефелина или же лейцита.

Гюнтерблассит чаще всего бесцветный, водяно-прозрачный; иногда его кристаллы белые, бледно-жёлтые или коричневатые. Черта белая. Минерал хрупкий, его твёрдость по шкале Мооса составляет 4, спайность весьма совершенная по (001) и менее совершенная по (100) и (010). Вычисленная плотность равна 2.17 г/см^3, измеренная методом уравновешивания в тяжёлых жидкостях – 2.18(1) г/см^3.

Плохая разрешенность полос ИК-спектра гюнтерблассита (рис. 3) отражает разупорядоченность катионов в его структуре (см. ниже). Положения (см$^{-1}$) и отнесения полос ИК-спектра следующие (s – сильная полоса, sh – плечо): 3610sh, 3400s, 3230sh (O-H-валентные колебания), 1650 (деформационные колебания молекул H_2O), 1175sh, 1037s, 900sh (Si-O-валентные колебания), 780sh, 704, 630sh, 596 (деформационные колебания O-Si-O), 442s, 380sh (комбинация деформационных колебаний Si-O-Si и валентных колебаний полиэдров MO_7, где M = Fe^{2+}, Ca, Mg).

Полосы B- и C-содержащих групп (диапазон 1200-1500 см$^{-1}$) в ИК-спектре гюнтерблассита отсутствуют.

Новый минерал оптически двуосный положительный, n_p = 1.488(2), n_m = 1.490(2), n_g = 1.493(2); $2V_{изм}$ = 80(5)°, $2V_{выч}$ = 79°. Дисперсия оптических осей не наблюдается. Оптическая ориентировка: $Z = c$; оси оптической индикатрисы перпендикулярны плоскостям спайности.

Химический состав

Химический состав гюнтерблассита изучен методом локального рентгеноспектрального анализа на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega II XMU с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром INCAx-sight. Анализ выполнен при ускоряющем

напряжении на вольфрамовом катоде 15.7 кВ и токе поглощенных электронов на Co 0.5 нА. Угол отбора рентгеновского излучения составлял 35°, расстояние между образцом и детектором – 25 мм.

Содержание H_2O определено газово-хроматографическим анализом продуктов прокаливания при 1400°C с использованием элементного анализатора Vario Micro cube.

Результаты определения химического состава приведены в табл. 1. Эмпирическая формула гюнтерблассита, рассчитанная на $(Si,Al)_{13}(O,OH)_{29}$ (согласно структурным данным): $Na_{0.15}K_{1.24}Ba_{0.30}Ca_{0.72}Mg_{0.16}Fe^{2+}_{0.48}[Si_{9.91}Al_{3.09}O_{25.25}(OH)_{3.75}]\cdot 7.29H_2O$.
Идеализированная формула: $(K,Ca)_{3-x}Fe[(Si,Al)_{13}O_{25}(OH,O)_4]\cdot 7H_2O$.

Рентгенографические данные и кристаллическая структура

Рентгенограмма порошка гюнтерблассита (таблица 2) получена методом Гандольфи с помощью монокристального дифрактометра Stoe IPDS II с плоским детектором захвата сигнала (image plate detector), на Mo*K*α-излучении, при ускоряющем напряжении 45 кВ и токе 30 мА. Съёмка проводилась с вращением образца по двум осям (ω и φ), расстояние образец-детектор 200 мм, время экспозиции 60 мин.

Порошкограмма гюнтерблассита хорошо индицируются в ромбической ячейке с уточнёнными по МНК параметрами: a = 6.522(8), b = 6.972(8), c = 37.21(4) Å; V = 1692(6) Å^3.

Монокристальные дифракционные данные получены на дифрактометре Xcalibur Oxford Diffraction с использованием MoKα излучения. Параметры ромбической (пространственная группа $Pnm2_1$) ячейки по монокристальным данным составили a = 6.528(1), b = 6.970(1), c = 37.216(5) Å; V = 1693.3(4) Å^3, Z = 2.

Кристаллическая структура нового минерала решена с использованием 2706 независимых отражений с $|F| > 3\sigma(F)$, R = 0.049. Подробные данные о структуре гюнтерблассита приведены в статье (Расцветаева и др., в печати), здесь же лишь кратко охарактеризуем ее.

В основе структуры нового минерала лежит трехслойный пакет (модуль) состава $[T_{13}O_{25}(OH,O)_4]$, где T = Si, Al (рис. 4), состоящий из трех кремнекислородных слоев, объединенных вершинами Si-тетраэдров, и пронизанный цеолитными каналами в направлениях [010] и [100]. Атомы Si и Al распределены в пакете неупорядоченно. Внешние слои шлыковитового типа $[T_4O_9(O,OH)]$ отличаются от среднего $[T_5O_{11}]$, в котором присутствует дополнительный тетраэдр SiO_4.

В отличие от минералов семейств маунтинита и дельхайелита, у которых между тетраэдрическими слоями (пакетами) «зажаты» колонки реберно-связанных Ca-центрированных октаэдров с полной заселенностью (Cadoni, Ferraris, 2009; Pekov et al.,

2011), в структуре гюнтерблассита катионы со средними силовыми характеристиками (Fe, Mg, Ca) образуют изолированные семивершинники $(Fe,Ca,Mg)[O_2(OH)_2(H_2O)_3]$ (с расстояниями катион–кислород от 2.380 до 2.726 Å), которые «сшивают» тетраэдрические пакеты с образованием оригинального гетерополиэдрического каркаса (рис. 5). Ионы калия, бария, натрия и (частично) кальция, а также координирующие их молекулы воды располагаются в межпакетном пространстве и в каналах трёхслойного пакета. Внекаркасные позиции имеют неполную заселённость.

Обсуждение

Гюнтерблассит является не только представителем нового структурного типа, но и вообще первым минералом с трехслойным тетраэдрическим кремнекислородным пакетом. Его обнаружение намечает специфический полисоматический ряд, связывающий слоистые силикаты и алюмосиликаты с каркасными. Степень конденсации тетраэдрического (Si,Al)O-мотива последовательно растет от однослойных силикатов семейства маунтинита через двухслойные силикаты и алюмосиликаты серии родезита к трехслойному алюмосиликату гюнтербласситу (табл. 3). Можно предположить, что дальнейшее «наращивание слойности» в пределе приведет к формированию трехмерного каркаса, подобного тем, что известны у фельдшпатоидов, скаполитов и цеолитов.

Некоторые минералы, находящиеся в ассоциации с гюнтербласситом, в разной степени подверглись посткристаллизационным изменениям. Так, кристаллы акерманита и гётценита частично, а иногда и полностью замещены здесь водными рентгеноаморфными силикатами. Принимая во внимание особенности кристаллической структуры гюнтерблассита (неупорядоченность распределения крупных катионов, существенную вакансионность их позиций, высокое содержание воды), а также аналогию с трансформационным эволюционным рядом дельхайелит – фивегит – гидродельхайелит (Пеков и др., 2010b), можно предположить, что гюнтерблассит является трансформационным минеральным видом, образовавшимся в результате гидратации и выщелачивания значительной части щелочных катионов, кальция и, возможно, галогенов из гипотетического первичного безводного катион-насыщенного минерала с сохранением исходного трёхслойного алюмосиликатного пакета. Существование у гюнтерблассита четко наблюдаемых индукционных поверхностей совместного роста с нефелином и лейцитом не оставляет сомнения, что его предполагаемая безводная протофаза кристаллизовалась одновременно с этими минералами. Скорее всего, ее преобразование в гюнтерблассит произошло на низкотемпературной гидротермальной стадии, одновременно с кристаллизацией обильных

здесь цеолитов. Присутствие в гюнтерблассите значительного количества бария может быть результатом посткристаллизационных ионообменных процессов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 11-05-12001-офи-м-2011, 11-05-00407-а и 11-05-91331-ННИО_а).

Список литературы

Минералы. Справочник под ред. Ф.В. Чухрова. Т. IV. Вып. 2. М.: «Наука», **1992**. 661 с.

Пеков И.В., Зубкова Н.В., Чуканов Н.В., Шарыгин В.В., Пущаровский Д.Ю. Кристаллохимия дельхайелита и гидродельхайелита // Докл. РАН. **2009**. Т. 428. № 4. С. 519-525.

Пеков И.В., Зубкова Н.В., Филинчук Я.Е., Чуканов Н.В., Задов А.Е., Пущаровский Д.Ю., Гобечия Е.Р. Шлыковит $KCa[Si_4O_9(OH)]\cdot 3H_2O$ и криптофиллит $K_2Ca[Si_4O_{10}]\cdot 5H_2O$ – новые минералы из Хибинского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) // ЗРМО. **2010a**. Т. 139. Вып. 1. С. 37-50.

Пеков И.В., Зубкова Н.В., Чуканов Н.В., Задов А.Е., Пущаровский Д.Ю. Фивегит $K_4Ca_2[AlSi_7O_{17}(O_{2-x}OH_x)][(H_2O)_{2-x}OH_x]Cl$ – новый минерал из Хибинского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) // ЗРМО. **2010b**. Т. 139. С. 47-62.

Расцветаева Р.К., Аксенов С.М., Чуканов Н.В. Кристаллическая структура гюнтерблассита – нового минерала с микропористым гетерополиэдрическим каркасом на основе трехслойного пакета $[Si_{13}O_{29}]$ // Доклады РАН, в печати.

Cadoni M., Ferraris G. Two new members of the rhodesite mero-plesiotype series close to delhayelite and hydrodelhayelite: synthesis and crystal structure // Eur. J. Miner. **2009**. Vol. 21. P. 485-493.

Ferraris G., Gula A. Polysomatic aspects of microporous minerals – heterophyllosilicates, palysepioles and rhodesite-related structures // Reviews in Mineralogy and Geochemistry. **2005**. Vol. 57. P. 69-104.

Hesse K.-F., Liebau F., Merlino S. Crystal structure of rhodesite, $HK_{1-x}Na_{x+2y}Ca_{2-y}\{1B,3,2^2_\infty\}[Si_8O_{19}]\cdot(6-z)H_2O$, from three localities and its relation to other silicates with dreier double layers // Zeitschrift für Kristallographie. **1992**. Vol. 199. P. 25-48.

Pekov I.V., Zubkova N.V., Chukanov N.V., Turchkova A.G., Filinchuk Ya.E., Pushcharovsky D.Yu. Delhayelite and mountainite mineral families: crystal chermical relationship, microporous character and genetic features // Minerals as Advanced Materials II (ed. S.V. Krivovichev). Berlin, Springer Verlag. **2011**. P. 213-219.

Zubkova N.V., Pekov I.V., Pushcharovsky D.Yu., Chukanov N.V. The crystal structure and refined formula of mountainite, $KNa_2Ca_2[Si_8O_{19}(OH)]\cdot 6H_2O$ // Zeit. Krist. **2009**. Vol. 224. P. 389-396.

Zubkova N.V., Filinchuk Ya.E., Pekov I.V., Pushcharovsky D.Yu., Gobechiya E.R. Crystal structures of shlykovite and cryptophyllite: comparative crystal chemistry of phyllosilicate minerals of the mountainite family // Eur. J. Miner. **2010**. Vol. 22(4). P. 547-555.

Подписи к рисункам

Рис. 1. Сросток кристаллов гюнтерблассита. Фотография Ф. Круйена.

Fig. 1. Aggregate of günterblassite crystals. Photo: F. Kruijen.

Рис. 2. Срастание гюнтерблассита с минералом группы лампрофиллита. Ширина поля 3 мм. Фотография Ф. Бетца.

Fig. 2. Intergrowth of günterblassite with a lamprophyllite-group mineral. Width of view 3 mm. Photo: V. Betz.

Рис. 3. ИК-спектр гюнтерблассита

Fig. 3. IR spectrum of günterblassite

Рис. 4. Трёхслойный тетраэдрический слой гюнтерблассита.

Fig. 4. Triple tetrahedral layer of günterblassite.

Рис. 5. Строение межпакетной части гюнтерблассита. В свободных (не поделённых с тетраэдрами) вершинах Fe-полиэдра находятся молекулы H_2O.

Fig. 5. The structure of interlayer part of günterblassite. H_2O molecules occupy free (non-shared with tetrahedra) vertices of Fe-polyhedra.

Таблица 1. Химический состав гюнтерблассита (средний, по 7 локальным анализам)
Table 1. Chemical composition of günterblassite (mean over 7 point analyses)

Компонент	Содержание, мас.%	Пределы содержаний	Эталон
Na_2O	0.40	0.14-0.67	Альбит
K_2O	5.18	4.28-5.91	Микроклин
MgO	0.58	0.42-0.81	Диопсид
CaO	3.58	2.99-3.89	Волластонит
BaO	4.07	3.55-5.08	BaF_2
FeO	3.06	2.43-3.85	Fe_2O_3
Al_2O_3	13.98	13.60-14.26	Al_2O_3
SiO_2	52.94	52.20-54.23	SiO_2
H_2O	15.2		
Сумма	98.99		

Примечание: F, P, S, Cl, Ti, Cr, Mn и Sr не обнаружены.

Таблица 2. Порошковые рентгенографические данные для гюнтербласситa
Table 2. X-ray powder diffraction data for günterblassite

$I_{изм}$	$d_{изм}$	$I_{выч}^{*}$	$d_{выч}^{*}$	*h k l*
13	9.30	15	9.304	004
45	6.885	46	6.851	011
100	6.523	95	6.528	100
67	6.263	37, 64	6.430, 6.203	101, 006
13	5.843	3	5.777	103
4	5.388	19	5.344	104
23	5.116	23	5.088	015
42	4.789	27, 18	4.908, 4.765	105, 110
33	4.508	19	4.497	106
13	4.215	21	4.227	017
14	4.070	3	4.122	107
15	4.021	3	4.013	115
7	3.763	7, 29	3.779, 3.722	116, 0.0.10
15	3.550	19, 7	3.556, 3.548	019, 117
8	3.488	12	3.485	020
49	3.244	13, 28, 26, 12	3.264, 3.252, 3.233, 3.215	024, 201, 1.0.10, 202
91	3.062	22, 11, 73, 17, 14, 16	3.080, 3.074, 3.064, 3.044, 3.038, 3.033	204, 120, 121, 0.1.11, 026, 122
66	2.996	56, 11, 15	3.004, 2.989, 2.984	1.0.11, 205, 123
63	2.955	5, 28, 19, 7, 45	2.956, 2.947, 2.933, 2.919, 2.919	210, 211, 1.1.10, 212, 124
51	2.853	18, 7, 91, 13	2.889, 2.875, 2.842, 2.817	206, 213, 125, 214
60	2.763	100, 39, 19	2.759, 2.755, 2.747	1.1.11, 126, 215
18	2.676	19	2.668	216
7	2.599	5	2.599	1.1.12
8	2.193	21, 9, 4	2.191, 2.189, 2.183	1.0.16, 130, 1.2.12
5	2.070	5, 3, 1, 2	2.077, 2.074, 2.068, 2.064	310, 311, 0.0.18, 229
4	2.013	5, 5, 3, 4	2.027, 2.026, 2.014, 2.006	314, 039, 307, 2.2.10
3	1.950	8, 23, 3	1.970, 1.948, 1.935	316, 2.2.11, 0.2.16
5	1.892	11, 2, 3, 4, 3	1.900, 1.897, 1.894, 1.893, 1.889	2.1.15, 1.1.18, 2.0.16, 230, 2.2.12
7	1.848	12	1.846	320
5	1.811	4, 1, 8	1.814, 1.812, 1.810	3.1.10, 1.1.19, 236
2	1.776	1, 2	1.781, 1.759	3.0.12, 2.1.17
5	1.745	1, 3, 31, 1	1.747, 1.744, 1.743, 1.739	2.0.18, 327, 040, 1.3.13
6	1.692	5, 12, 1	1.696, 1.692, 1.690	0.3.15, 0.0.22, 1.3.14
6	1.662	11, 2	1.664, 1.661	2.2.16, 1.1.21
5	1.593	3, 2, 4, 2, 5	1.594, 1.594, 1.594, 1.593, 1.592	1.1.22, 405, 1.3.16, 0.3.17, 1.2.20
6	1.544	7	1.543	3.0.17
3	1.532	2	1.532	242
4	1.516	5	1.517	244

Примечание: * Рассчитано из структурных данных.
Для вычисленной порошкограммы приведены отражения с интенсивностями ≥1.

Таблица 3. Сравнительные характеристики гюнтерблассита и некоторых родственных ему филлосиликатов.

Table 3. Comparative data for günterblassite and some related phyllosillicates.

Минерал	Шлыковит	Родезит	Гюнтерблассит
Формула	$K_2Ca_2[Si_8O_{18}(OH)_2]\cdot 6H_2O$	$HK_{1-x}Na_{x+2y}Ca_{2-y}[Si_8O_{19}]\cdot(6-z)H_2O$	$(K,Ca,Ba,Na,\square)_3Fe[(Si,Al)_{13}O_{25}(OH,O)_4]\cdot 7H_2O$
Сингония, пр. гр.	Моноклинная $P2_1/c$	Ромбическая $Pmam$	Ромбическая $Pnm2_1$
Параметры ячейки			
a, Å	6.490	7.01 – 7.06	6.528
b, Å	6.997	6.54 – 6.59	6.970
c, Å	26.714	23.4 – 23.8*	37.216
β,°	94.60	90	90
V, Å^3	1209	1082 – 1098	1693.3
Z	2	2	2
Количество слоёв в тетраэдрическом модуле	1	2	3
Сильные линии порошкограммы: *d*, Å – *I*, %	13.33 – 100 6.67 – 76 6.47 – 55 3.469 – 45 3.068 – 57 3.042 – 45 2.945 – 62 2.912 – 90	6.55 – 100 6.30 – 32 5.90 – 34 5.032 – 28 4.386 – 47 2.864 – 25 2.762 – 23	6.885 – 45 6.523 – 100 6.263 – 67 4.789 – 42 3.244 – 49 3.062 – 91 2.996 – 66 2.955 – 63 2.853 – 51 2.763 – 60
Плотность, г/см^3	2.205 (выч.)	2.27 – 2.36	2.18
Оптические данные			
n_p	1.500	1.501 – 1.504	1.488
n_m	1.509	1.505 – 1.508	1.490
n_g	1.515	1.513 – 1.518	1.493
Оптич. знак, 2V	(-) 60°	(+) 57–68° (выч.)	(+) 80°
Источники	Пеков и др., 2010а; Zubkova et al., 2010	Hesse *et al.*, 1992; Минералы, 1992	Настоящая работа

*Элементарная ячейка родезита дана в установке, при которой тетраэдрические слои компланарны с плоскостью *ab*, как для других минералов в этой таблице.

Н.В. ЧУКАНОВ, Р.К. РАСЦВЕТАЕВА, С.М. АКСЕНОВ, И.В. ПЕКОВ, С.Н. БРИТВИН, Д.И. БЕЛАКОВСКИЙ, В. ШЮЛЛЕР, Б. ТЕРНЕС

ГЮНТЕРБЛАССИТ $(K,Ca)_{3-x}Fe[(Si,Al)_{13}O_{25}(OH,O)_4]\cdot 7H_2O$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ, ПЕРВЫЙ ФИЛЛОСИЛИКАТ С ТРОЙНЫМ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИМ СЛОЕМ

Реферат (в ЗРМО)

Новый минерал гюнтерблассит найден базальтовом карьере на горе Ротер Копф близ города Герольштайн (Рейнланд-Пфальц, Германия) в составе поздней ассоциации, включающей нефелин, лейцит, авгит, флогопит, акерманит, магнетит, перовскит, минерал группы лампрофиллита, гётценит, фторапатит, шабазит-K, шабазит-Ca, филлипсит-Ca и кальцит. Гюнтерблассит образует бесцветные пластинчатые кристаллы размерами до 0.2 × 1 × 1.5 мм и их сростки. Минерал хрупкий, его твёрдость по шкале Мооса составляет 4, спайность весьма совершенная по (001) и менее совершенная по (100) и (010). $D_{выч}$ = 2.17 г/см^3, $D_{изм}$ = 2.18(1) г/см^3. Дан ИК-спектр. Новый минерал оптически двуосный положительный, n_p = 1.488(2), n_m = 1.490(2), n_g = 1.493(2); $2V_{изм}$ = 80(5)°. Химический состав (микрозонд, среднее из 7 локальных анализов, H_2O – по данным газовой хроматографии, мас.%): Na_2O 0.40, K_2O 5.18, MgO 0.58, CaO 3.58, BaO 4.08, FeO 3.06, Al_2O_3 13.98, SiO_2 52.94, H_2O 15.2, сумма 98.99. Эмпирическая формула: $Na_{0.15}K_{1.24}Ba_{0.30}Ca_{0.72}Mg_{0.16}Fe^{2+}_{0.48}[Si_{9.91}Al_{3.09}O_{25.25}(OH)_{3.75}]\cdot 7.29H_2O$.

Кристаллическая структура изучена на монокристалле, R = 0.049. Гюнтерблассит ромбический, пространственная группа $Pnm2_1$, параметры элементарной ячейки: a = 6.528(1), b = 6.970(1), c = 37.216(5) Å; V = 1693.3(4) Å^3, Z = 2. Гюнтерблассит является представителем нового структурного типа. В основе его структуры лежит трехслойный модуль состава $[Si_{13}O_{25}(OH,O)_4]$. Сильные линии рентгенограммы порошка [d, Å (I, %)]: 6.523 (100), 6.263 (67), 3.244 (49), 3.062 (91), 2.996 (66), 2.955 (63), 2.763 (60). Минерал назван в честь немецкого минералога-любителя Гюнтера Бласса (р. 1943) – специалиста в области рентгеноспектрального и рентгенодифракционного методов диагностики. Эталонный образец гюнтерблассита хранится в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана РАН (Москва), регистрационный номер 4107/1.

В статье 5 рисунков, 3 таблицы и список литературы из 11 наименований.

Ключевые слова: гюнтерблассит, новый минерал, филлосиликаты, Ротер Копф, Айфель, щелочной базальт.

N.V. Chukanov, R.K. Rastsvetaeva, S.M. Aksenov, I.V. Pekov, S.N. Britvin, D.I. Belakovskiy, W. Schüller, B. Ternes

GÜNTERBLASSITE, $(K,Ca)_{3-x}Fe[(Si,Al)_{13}O_{25}(OH,O)_4]\cdot 7H_2O$, A NEW MINERAL, THE FIRST PHYLLOSILICATE WITH TRIPLE TETRAHEDRAL LAYER

Abstract

A new mineral günterblassite was found in the basalt quarry at Mount Rother Kopf, near the town Gerolstein, Eifel Mountains, Germany. It occurs in the late association including nepheline, leucite, augite, phlogopite, magnetite, perovskite, götzenite, lamprophyllite-group minerals, chabazite-K, chabazite-Ca, phillipsite-K and calcite. Flattened colourless crystals of günterblassite up to 0.2 × 1 × 1.5 mm and their aggregates occur in miarolitic cavities in alkaline basalt. The new mineral is brittle, with Mohs hardness of 4. Cleavage is perfect on (001) and distinct on (100) and (010). D_{calc} = 2.17 g/cm^3, D_{meas} = 2.18(1) g/cm^3. IR spectrum is given. Günterblassite is biaxial (+), α = 1.488(2), β = 1.490(2), γ = 1.493(2), $2V_{meas}$ = 80(5)°. Chemical composition (electron microprobe, mean of 7 point analyses, H_2O determined by gas chromatography wt. %) is: Na_2O 0.40, K_2O 5.18, MgO 0.58, CaO 3.58, BaO 4.08, FeO 3.06, Al_2O_3 13.98, SiO_2 52.94, H_2O 15.2, total 98.99. The empirical formula is: $Na_{0.15}K_{1.24}Ba_{0.30}Ca_{0.72}Mg_{0.16}Fe^{2+}_{0.48}[Si_{9.91}Al_{3.09}O_{25.25}(OH)_{3.75}]\cdot 7.29H_2O$. The crystal structure was studied on single crystal, R = 0.049. Günterblassite is orthorhombic, space group $Pnm2_1$; unit-cell parameters are: a = 6.528(1), b = 6.970(1), c = 37.216(5) Å; V = 1693.3(4) Å^3, Z = 2. Günterblassite represents a new structure type. The most important specific feature of its structure is a block consisting of three single tetrahedral layers connected via common vertices. Thus the new mineral can be considered as an intermediate between phyllosilicates and tectosilicates. The strongest lines of the X-ray powder difraction pattern [d, Å (I, %)] are: 6.523 (100), 6.263 (67), 3.244 (49), 3.062 (91), 2.996 (66), 2.955 (63), 2.763 (60). The mineral was named for in honour of Günter Blass (b. 1943), an amateur German mineralogist and a specialist in electron microprobe and X-ray diffraction analyses. Type specimens are deposited in the Fersman Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences, Moscow, with registration number 4107/1.

Key words: günterblassite, new mineral, phyllosilicate, Rother Kopf, Eifel, alkaline basalt.