

*N. V. CHUKANOV, A. A. MUKHANOVA, R. K. RASTSVETAeva, D. I. BELAKOVSKIY,
S. MÖCKEL, O. V. KARIMOVA, S. N. BRITVIN, S. V. KRIVOVICHEV.*

OXYPHLOGOPITE $K(\text{Mg,Ti,Fe})_3[(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}](\text{O,F})_2$, A NEW MICA GROUP MINERAL

Oxyphlogopite is a new mica-group mineral with the idealized formula $K(\text{Mg,Ti,Fe})_3 \cdot [(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}](\text{O,F})_2$. Holotype material originates from Rothenberg basalt quarry, the Rothenberg Mountain near Mendig, extrusive complex Eifel, Rhieland-Palatinate, Germany. It forms coarse crystals up to $4 \times 4 \times 0.2$ mm in cavities of alkaline basalt. Associated minerals are nepheline, plagioclase, sanidine, augite, diopside and magnetite. Its color is dark brown, streak brown, luster vitreous. $D_{\text{meas}} = 3.06(1)$ g/cm³ (by flotation in heavy liquids), $D_{\text{calc}} = 3.086$ g/cm³. IR spectrum does not contain bands of OH groups. Oxyphlogopite is biaxial (-), $\alpha = 1.625(3)$, $\beta = 1.668(1)$, $\gamma = 1.669(1)$; $2V$ (meas.) = $16(2)^\circ$, $2V$ (calc.) = 17° . Dispersion is strong, $r < v$. Pleochroism is medium, $X > Y > Z$

(brown to dark brown). Chemical composition (electron microprobe, mean of 5 point analyses, H₂O was determined by the Alimarin method, Fe²⁺ : Fe³⁺ by the X-ray emission spectroscopy data, wt %; ranges are given in brackets): Na₂O 0.99 (0.89—1.12), K₂ 7.52 (7.44—7.58), MgO 14.65 (14.48—14.80), CaO 0.27 (0.17—0.51). FeO 4.73, Fe₂O₃ 7.25 (the range for total iron measured as FeO is 11.09—11.38), Al₂O₃ 14.32 (14.06—14.64), Cr₂O₃ 0.60 (0.45—0.69). SiO₂ 34.41 (34.03—34.66), TiO₂ 12.93 (12.69—13.13), F 3.06 (2.59—3.44). H₂O 0.14, —O=F₂ -1.29, total 99/58. The empirical formula is (K_{0.72}Na_{0.14}Ca_{0.02})(Mg_{1.64}Ti_{0.73}Fe_{0.30}²⁺Fe_{0.27}³⁺Cr_{0.04})_{Σ2.98}(Si_{2.59}Al_{1.27}Fe_{0.14}³⁺O₁₀)O_{1.20}F_{0.73}(OH)_{0.07}. The crystal structure was refined on single crystal. Oxyphlogopite is monoclinic, space group *C2/m*; unit-cell parameters are: *a* = 5.3165(1), *b* = 9.2000(2), *c* = 10.0602(2) Å, β = 100.354(2)°. The presence of Ti results in strong distortion of the octahedron *M*(2). The strongest lines of the X-ray powder diffraction pattern [*d*, Å (*I*, %) [*hkl*]] are: 9.91 (32) (001), 4.53 (11) (110), 3.300 (100) (003), 3.090 (12) (112), 1.895 (21) (005), 1.659 (12) (-135), 1.527 (16) (-206, 060). Type specimens of oxyphlogopite are deposited in the Fersman Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, with registration numbers 3884/2 (holotype) and 3884/1 (cotype).

Key words: a new mineral, mica-group, oxyphlogopite, extrusive complex Eifel, Rhiheland-Palatinate, Germany.

овался в результате природного
ва при температуре выше 750 °C

я Хатрурим не только содержат
в отношении возможностей об-
дка бариоферрита, а также обна-
мущественно в метеоритах ми-

Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук.

В. В., Хлестов В. В. Фацции метаморф-

Недра, 1970. 271 с.

ние газов грязевых вулканов как причи-
ких пород формации Хатрурим (район

Ванник Е. Пирометаморфические по-
здки залежей углеводорода (на примере
С. 104—110.

temperature minerals in the so-called «Mot-
102—110.

non-metamorphosed sediments in Israel //

from the «Mottled Zone» complex, Israel //

at 16: Mt. Sdom, with Explanatory Notes //

Meer und im Jordantal. Berlin: Friendlander

d Zone» revisited forty years later // Israel

atrirum formation («Mottled Zone») in the

se of natural combustion and pyrolysis of bi-

atrirum Formation) // Geol. Surv. Israel. Cur-

olumbite-type titanate mineral from the Prai-

р. 1323—1329.

l // Geol. Surv. Israel. Bull. 1977. Vol. 70.

Stanley C. J., Erlank A. J. Hawthornite,

e mineral from the upper mantle // Amer. Mi-

ogy and geography of Arabia Petraea, Palesti-

l bond effects on line intensities in arsenic

410—419.

London: 1928. Vol. 39. P. 445—462.

Ti₂Fe₁₀O₁₉, a new ferromagnetic magnetop-

western Eifel area, Germany // Miner. Petrol.

Zone» (Haturim) metamorphic complex of

C. X-ray analysis of the structural and dyna-

temperature // J. Solid State Chem. 1985. Vol. 56.

em: Goldberg Press, 1931. 108 p.

Stäblien H. Hard ferrites and plastiferrites / Ed. E. P. Wohlfarl. Ferromagnetic Materials. 1982. Vol. 3. P. 441—602.

Townes W. D., Fang J. H., Perrotta A. J. The crystal structure and refinement of ferromagnetic barium ferrite // Z. Kristallogr. 1967. Bd 125. S. 437—449.

Vapnik Ye., Sharygin V. V., Sokol E. V., Shagam R. Paralavas in a combustion metamorphic complex: Hatrirum Basin, Israel // Geol. Soc. Amer. Rev. Engin. Geol. 2007. Vol. XYIII. P. 133—153.

Поступила в редакцию
18 декабря 2009 г.

УДК 549.65 + 552.18 + 552.3

ЗРМО, № 3, 2010 г.
Zapiski RMO, N 3, 2010

© Д. чл. Н. В. ЧУКАНОВ, * А. А. МУХАНОВА, ** д. чл. Р. К. РАСЦВЕТАЕВА, ***

Д. И. БЕЛАКОВСКИЙ, **** Ш. МЁККЕЛЬ, ***** О. В. КАРИМОВА, *****

С. Н. БРИТВИН, ***** д. чл. С. В. КРИВОВИЧЕВ *****

ОКСИФЛОГОПИТ $K(Mg,Ti,Fe)_3[(Si,Al)_4O_{10}](O,F)_2$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ СЛЮД¹

* Институт проблем химической физики РАН, 142432, Московская обл., г. Черноголовка;
e-mail: chukanov@ier.ac.ru

** Институт экспериментальной минералогии РАН, 142432, Московская обл., г. Черноголовка

*** Институт кристаллографии РАН, 117333, Москва, Ленинский пр., 59

**** Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, Москва, В-71, Ленинский пр., 18-2

***** Альфа-Геофюзик, Нойдорферштрассе 18, Готхельффридрихсгрунд,

09629, ФРГ (Alpha-Geophysik, Neudorferstrasse 18, Gotthelffriedrichsgrund, 09629, Germany)

***** Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН
(ИГЕМ РАН), 109017, Москва, Старомонетный пер. 35

***** Санкт-Петербургский государственный университет, геологический факультет,
199034, С.-Петербург; Университетская наб., 7/9

Оксифлогодипит — новый минеральный вид группы слюд с идеализированной формулой $K(Mg,Ti,Fe)_3[(Si,Al)_4O_{10}](O,F)_2$ и эмпирической формулой $(K_{0.72}Na_{0.14}Ca_{0.02})(Mg_{1.64}Ti_{0.73}Fe_{0.30}^{2+}Fe_{0.27}^{3+}Cr_{0.04}^{3+}S_{2.98}(Si_{2.59}Al_{1.27}Fe_{0.14}^{3+}O_{10})O_{1.20}F_{0.73}(OH)_{0.07})$, открытый в щелочном базальте палеовулкана Ротенберг (эффузивный комплекс Айфель) близ г. Мендиг, земля Рейнланд-Пфальц, Германия.

Ключевые слова: новый минерал, группа слюд, оксифлогодипит, эффузивный комплекс Айфель, Рейнланд-Пфальц, Германия.

N. V. CHUKANOV, A. A. MUKHANOVA, R. K. RASTSVETAEVA, D. I. BELAKOVSKIY,
S. MÖCKEL, O. V. KARIMOVA, S. N. BRITVIN, S. V. KRIVOVICHEV.

OXYPHLOGOPITE $K(Mg,Ti,Fe)_3[(Si,Al)_4O_{10}](O,F)_2$, A NEW MICA GROUP MINERAL

Oxyphlogopite is a new mica-group mineral with the idealized formula $K(Mg,Ti,Fe)_3 \cdot [(Si,Al)_4O_{10}](O,F)_2$. Holotype material originates from Rothenberg basalt quarry, the Rothenberg Mountain near Mendig, extrusive complex Eifel, Rhieland-Palatinate, Germany. It forms coarse crystals up to $4 \times 4 \times 0.2$ mm in cavities of alkaline basalt. Associated minerals are nepheline, plagioclase, sanidine, augite, diopside and magnetite. Its color is dark brown, streak brown, luster vitreous. $D_{meas} = 3.06(1)$ g/cm³ (by flotation in heavy liquids), $D_{calc} = 3.086$ g/cm³. IR spectrum does not contain bands of OH groups. Oxyphlogopite is biaxial (-), $\alpha = 1.625(3)$, $\beta = 1.668(1)$, $\gamma = 1.669(1)$; $2V$ (meas.) = $16(2)^\circ$, $2V$ (calc.) = 17° . Dispersion is strong, $r < v$. Pleochroism is medium, $X > Y > Z$

¹ Новый минерал оксифлогодипит и его название одобрены Комиссией по новым минералам и названиям минералов РМО 10 октября 2009 г. и утверждены Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации минералов Международной минералогической ассоциацией 5 ноября 2009 г., IMA № 2009-069.

(brown to dark brown). Chemical composition (electron microprobe, mean of 5 point analyses, H₂O was determined by the Alimarin method, Fe²⁺ : Fe³⁺ by the X-ray emission spectroscopy data, wt %; ranges are given in brackets): Na₂O 0.99 (0.89—1.12), K₂ 7.52 (7.44—7.58), MgO 14.65 (14.48—14.80), CaO 0.27 (0.17—0.51), FeO 4.73, Fe₂O₃ 7.25 (the range for total iron measured as FeO is 11.09—11.38), Al₂O₃ 14.32 (14.06—14.64), Cr₂O₃ 0.60 (0.45—0.69), SiO₂ 34.41 (34.03—34.66), TiO₂ 12.93 (12.69—13.13), F 3.06 (2.59—3.44), H₂O 0.14, —O=F₂ -1.29, total 99/58. The empirical formula is (K_{0.72}Na_{0.14}Ca_{0.02})(Mg_{1.64}Ti_{0.73}Fe_{0.30}Fe_{0.27}Cr_{0.04})Σ_{2.98}(Si_{2.59}Al_{1.27}Fe_{0.14}O₁₀)O_{1.20}F_{0.73}(OH)_{0.07}. The crystal structure was refined on single crystal. Oxyphlogopite is monoclinic, space group C2/m; unit-cell parameters are: *a* = 5.3165(1), *b* = 9.2000(2), *c* = 10.0602(2) Å, β = 100.354(2)°. The presence of Ti results in strong distortion of the octahedron M(2). The strongest lines of the X-ray powder diffraction pattern [*d*, Å (*I*, %) [*hkl*]] are: 9.91 (32) (001), 4.53 (11) (110), 3.300 (100) (003), 3.090 (12) (112), 1.895 (21) (005), 1.659 (12) (-135), 1.527 (16) (-206, 060). Type specimens of oxyphlogopite are deposited in the Fersman Mineralogical Museum of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, with registration numbers 3884/2 (holotype) and 3884/1 (cotype).

Key words: a new mineral, mica-group, oxyphlogopite, extrusive complex Eifel, Rhieland-Palatinate, Germany.

ВВЕДЕНИЕ

Минералы группы слюд характеризуются широким изоморфизмом как в катионных, так и в анионных позициях кристаллической структуры. В частности, расчет формул титаноносных триоктаэдрических слюд, как правило, свидетельствует о наличии дополнительных атомов кислорода, замещающих группы OH в свободных вершинах октаэдрического слоя. Так, для детально изученного флогопита, содержащего около 3 мас. % TiO₂, состав этой позиции (OH)_{1.25}O_{0.65}F_{0.10} (Scordari et al., 2006); для флогопита с 8.97 мас. % TiO₂ — (OH)_{0.93}O_{0.92}F_{0.15} (Prider, 1939); для флогопита с 10.85 мас. % TiO₂ — O_{1.20}(OH)_{0.41}F_{0.39} (Cruciani, Zanazzi, 1994); для триоктаэдрической слюды с 12.57 мас. % TiO₂ (Greenwood, 1998), даже в предположении о том, что все железо в триоктаэдрических позициях двухвалентное, расчет формулы приводит к преобладанию O в свободных вершинах октаэдров: O_{1.04}(OH,F)_{0.96}. Недавно в качестве нового минерального вида был утвержден оксифлогодит Ва(Mg₂Ti)·(Si₂Al₂O₁₀)O₂ — Ва-доминантная триоктаэдрическая оксислюда (Kogarko et al., 2005). В то же время в принятой номенклатуре слюд (Rieder et al., 1998) O-доминантные аналоги минералов ряда флогопит—аннит отсутствуют.

В настоящей работе выполнен комплекс минералогических и кристаллохимических исследований K-доминантной триоктаэдрической магнезиальной оксислюды из палеовулкана Ротенберг (Rothenberg), расположенного в пределах эффузивного комплекса Айфель (Eifel), в 4.5 км к северо-западу от Мендига (земля Рейнланд-Пфальц, Германия).

Минерал получил название оксифлогодит. Эталонные образцы оксифлогодита хранятся в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН (Москва), регистрационные номера 3884/1 (котип) и 3884/2 (голотип).

УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ

Оксифлогодит имеет пневматолитовое происхождение. Он образует кристаллы, нарастающие на стенки крупных (до 10 см) полостей в кавернозном щелочном базальте, а также врастающие в породу вблизи каверн (рис. 1). Щелочной базальт сложен преимущественно плагиоклазом, нефелином и авгитом. Поздний пневматолитовый парагенезис кроме слюды включает в себя также нефелин, плагиоклаз, санидин, диопсид и магнетит, кристаллы которых инкрустируют стенки полостей в базальте.

Несмотря на то что оксифлогодит образовался явно позже вмещающей породы, температуры его кристаллизации были достаточно высокими. Образованию высокотитановых оксислюдов способствует совокупность факторов, в числе которых высокая

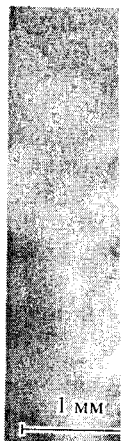


Рис.

Ф

фугитивность кислорода, дегазация, связанные с необходимостью окисления триоктаэдрического слоя при высокой температуре (Kogarko et al., 2006; Чуканов и др., 2006).

Оксифлогодит образует неплотные тонкопластинчатые (размерами от нескольких микрон до десятков микрон) почти черного цвета. Черта окисления весьма совершенная по оксидному слою. Оксифлогодит обладает повышенной гибкостью. Плотность, измеренная на 3.06(1) г/см³, вычисленная по формуле 3.06(1) г/см³. ИК-спектр оксифлогодита отличается от спектров слюд с O—H-валентных колебаний (длина волны 2.9–3.0 мкм). Новый минерал оптически анизотропен: *n*_g = 1.669(1); 2*V*_{изм} = 16(2)°, 2*V*_{изм} = 16(2)°. Дисперсия сильная, *r* < *v*. *X* > *Y* > *Z*.

Для определения валентности железа была измерена интегральная интенсивность оптического спектра Fe. Интенсивность поглощения Fe в минерале. Измерения железа в минерале. Таким образом, содержание Fe_{кр1}, мы получаем анализ содержания железа в минерале. Анализ был обоснован в работе Т. А. Когарко (Kogarko et al., 2005).

Рентгеновские эмиссионные спектры были измерены на сканирующем электронном микроскопе с энергодисперсионным спектрометром (INCA 700) при напряжении 20 кВ, ток поглощенных электронов — LiF. В качестве эталонного минерала использована слюда с высокой степенью окисления Fe соответствующей формулы.

...be, mean of 5 point analyses, H₂O was
 ...ission spectroscopy data, wt %; ranges
 ...7.58), MgO 14.65 (14.48—14.80), CaO
 ...on measured as FeO is 11.09—11.38),
 ...₂ 34.41 (34.03—34.66), TiO₂ 12.93
 ...total 99/58. The empirical formula is
 ... $\text{Fe}_{0.14}^{2+}\text{O}_{10}\text{O}_{1.20}\text{F}_{0.73}(\text{OH})_{0.07}$. The crystal
 ...ic, space group $C2/m$; unit-cell paramete-
 ...3.354(2)°. The presence of Ti results in
 ...X-ray powder diffraction pattern [d , Å
 ...0.3), 3.090 (12) (112), 1.895 (21) (005).
 ...phlogopite are deposited in the Fersman
 ...scow, Russia, with registration numbers

...sive complex Eifel, Rhieland-Palatina-

...им изоморфизмом как в катион-
 ...структуры. В частности, расчет
 ...как правило, свидетельствует о
 ...ающих группы OH в свободных
 ...изученного флогопита, содержа-
 ... $\text{O}_{0.25}\text{O}_{0.65}\text{F}_{0.10}$ (Scordari et al., 2006);
 ... (Prider, 1939); для флогопита с
 ...zi, 1994); для триоктаэдрической
 ...в предположении о том, что все
 ...ое, расчет формулы приводит к
 ...з: $\text{O}_{1.04}(\text{OH},\text{F})_{0.96}$. Недавно в кат-
 ...оксидоштиталит Ba(Mg₂Ti)-
 ...оксислюда (Kogarko et al., 2005).
 ...et al., 1998) O-доминантные ана-

...логических и кристаллохимиче-
 ...ой магнезиальной оксислюда из
 ...го в пределах эффузивного комп-
 ...ендига (земля Рейнланд-Пфальц,

...онные образцы оксифлогопита
 ...ана РАН (Москва), регистраци-

...ия

...ождение. Он образует кристал-
 ...полостей в кавернозном щелоч-
 ...верн (рис. 1). Щелочной базальт
 ...и авгитом. Поздний пневматоли-
 ...также нефелин, плагиоклаз, сани-
 ...устируют стенки полостей в ба-

...вно позже вмещающей породы,
 ...высокими. Образованию высоко-
 ...кторов, в числе которых высокая

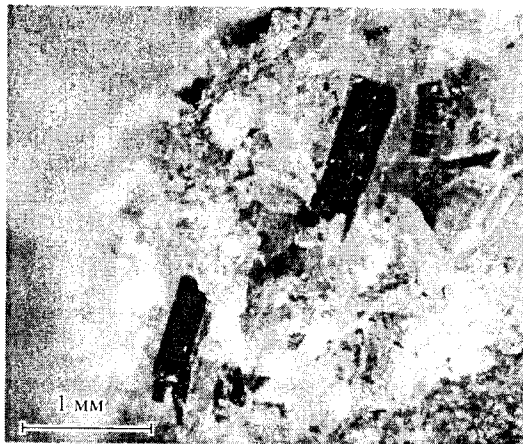


Рис. 1. Кристаллы оксифлогопита.

Fig. 1. Crystals of oxyphlogopite.

фугитивность кислорода, дегазация магмы, а также кристаллохимические факторы, связанные с необходимостью компенсации высокого положительного заряда триоктаэдрического слоя при высоких содержаниях ⁴⁶Ti и ⁵⁴Fe³⁺ (Thibault et al., 1992; Mann et al., 2006; Чуканов и др., 2008).

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Оксифлогопит образует несовершенные призматические (длиной до 1.5 мм), и тонкопластинчатые (размерами до 4 × 4 × 0.2 мм) кристаллы темно-коричневого (до почти черного) цвета. Черта коричневая. Твердость минерал по шкале Мооса 3, спайность весьма совершенная по (001). По сравнению с минералами ряда флогопит—аннит оксифлогопит обладает повышенной хрупкостью, но тонкие спайные пластинки гибкие. Плотность, измеренная методом уравнивания в тяжелых жидкостях, равна 3.06(1) г/см³, вычисленная плотность равна 3.086 г/см³.

ИК-спектр оксифлогопита близок к спектру биотита, но не содержит полос O—H-валентных колебаний (диапазон 3300—3750 см⁻¹ — рис. 2).

Новый минерал оптически двуосный отрицательный, $n_p = 1.625(3)$, $n_m = 1.668(1)$; $n_g = 1.669(1)$; $2V_{\text{изм}} = 16(2)^\circ$, $2V_{\text{выч}} = 17^\circ$. Ось X перпендикулярна плоскости спайности. Дисперсия сильная, $r < v$. Наблюдается плеохроизм в коричневых тонах по схеме $X > Y > Z$.

Для определения валентности железа в оксифлогопите использовали относительную интегральную интенсивность последней линии (Fe_{KB5}) рентгеновского эмиссионного спектра Fe. Интенсивность Fe_{KB5} зависит как от валентности железа, так и от его содержания в минерале. Интенсивность линии Fe_{KB1} зависит только от содержания железа в минерале. Таким образом, нормируя интенсивность Fe_{KB5} на интенсивность Fe_{KB1} , мы получаем аналитический сигнал, зависящий только от формы нахождения железа в минерале. Аналогичный подход к определению валентности мышьяка был обоснован в работе Т. А. Куприяновой и соавторов (2003).

Рентгеновские эмиссионные спектры в области линий Fe_{KB1} и Fe_{KB5} получали на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega II XMU с рентгеновским волновым спектрометром (INCA 700). Условия записи спектров: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток поглощенных электронов на цилиндре Фарадея 200 нА, кристалл-анализатор — LiF. В качестве эталонов использовали сидерит, магнетит и гематит (средняя степень окисления Fe соответственно 2.0, 2.67 и 3.0). Из соответствующей корреля-

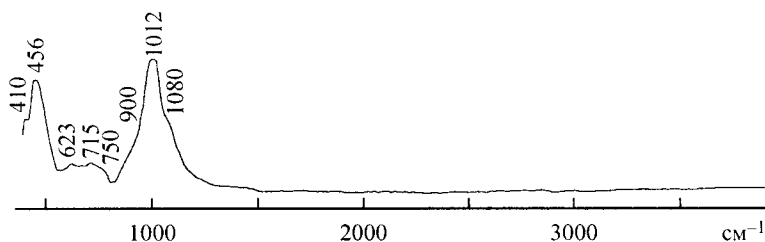


Рис. 2. ИК-спектр оксифлогопита.

Fig. 2. IR spectrum of oxyphlogopite.

ции (рис. 3) определена средняя степень окисления железа в голотипном образце оксифлогопита, равная 2.58. Аналогичная процедура для котипа дает степень окисления около 2.8.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Химический состав оксифлогопита 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 20 кВ и токе поглощенных электронов на Co 0.3 нА. Угол отбора рентгеновского излучения составлял 35°, фокусное расстояние между образцом и детектором 25 мм.

Результаты определения химического состава голотипного образца (мас. %, среднее из 5 локальных анализов, в скобках дан диапазон содержаний; соотношение $Fe^{2+} : Fe^{3+}$ — по данным рентгеновской эмиссионной спектроскопии; вода определена методом Алимарина) следующие: Na_2O 0.99 (0.89—1.12), K_2O 7.52 (7.44—7.58), MgO 14.65 (14.48—14.80), CaO 0.27 (0.17—0.51), FeO 4.73, Fe_2O_3 7.25 (пределы содержаний

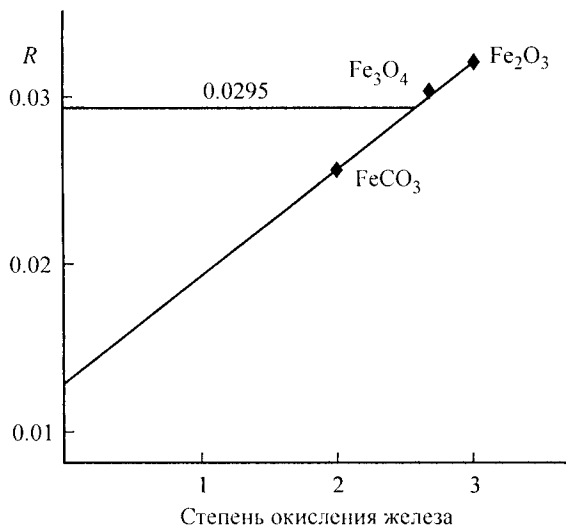


Рис. 3. Зависимость отношения $R = I(Fe_{KB5})/I(Fe_{KB1})$ от степени окисления железа в голотипном образце оксифлогопита.

Горизонтальная линия при $R = 0.0295$ соответствует оксифлогопиту.

Fig. 3. Dependence of the ratio $R = I(Fe_{KB5})/I(Fe_{KB1})$ on the degree of oxidation of iron in the holotype sample of oxyphlogopite. The horizontal line at $R = 0.0295$ corresponds to oxyphlogopite.

общего железа в расчете на FeO (0.45—0.69), SiO_2 34.41 (34.03—34.79), H_2O 0.14, $-O=F_2$ -1.29, сумма 99.87. Co , Ni , не обнаружены. Эмпир. формула: $(K_{0.72}Na_{0.14}Ca_{0.02})(Mg_{1.64}Ti_{0.73}Fe_0^{2+})O_{10}$. Химический состав котипа (все значения в скобках): $Si_{2.68}Al_{1.19}Fe_{0.13}^{3+}O_{10}O_{1.34}F_{0.66}$.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ

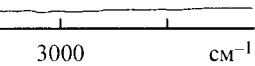
Рентгенограмма порошка голотипа получена на рентгенометре Rigaku D/MAX-2200, на Co K α излучении.

Рентгенограмма котипа получена на дифрактометре Stoe IPDS I на Co K α излучении, при ускоряющем напряжении 20 кВ. Рентгенограммы несколько кристалликов голотипа получены так чтобы их относительная ориентация была известна. Дифракция проводилась с вращением образца по образцу, диаметр 200 мм, время экспозиции 60 мин.

Обе порошкограммы (табл. 1) индексируются по $C2/m$ с уточненными по МНП

Порошковые рентгенограммы
X-ray powder

Голотип		Котип	
$I, \%$	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{выч}, \text{Å}$	$I, \%$
32	9.91	9.90	
2	4.93	4.85	
11	4.53	4.55	
10	4.14	4.16	
8	3.60	3.65	
100	3.30	3.30	
12	3.09	3.11	
8	2.892	2.899	
5	2.673	2.677	
10	2.610	2.611	
10	2.483	2.491	
		2.475	
5	2.421	2.423	



пита.
орпите.

железа в голотипном образце оксифлогопита дает степень окисления

В
дом локального рентгеноспектроскопе. Tescan Vega II XMU с INCAX-sight. Анализ выполнен в режиме 20 кВ и токе поглощенных рентгеновского излучения составлял 35°, фокусное пятно 0,5 мм.

голотипного образца (мас. %, средние значения содержания; соотношение элементов по рентгенофлуоресцентной спектроскопии; вода определена по титрованию: Fe 1.12, K₂ 7.52 (7.44—7.58), MgO 16.64, CaO 0.17, FeO 10.54, Al₂O₃ 13.66, SiO₂ 36.38, TiO₂ 11.14, F 2.86, —O=F₂ —1.20, сумма 99.87. С учетом соотношения Fe²⁺:Fe³⁺=1:4 (по данным рентгеновской эмиссионной спектроскопии) эмпирическая формула котипа оксифлогопита может быть записана в виде: (K_{0.78}Na_{0.20}Ca_{0.01})(Mg_{1.83}Ti_{0.62}Fe_{0.41}Fe_{0.14})_{Σ3.00}·(Si_{2.68}Al_{1.19}Fe_{0.13}O₁₀)O_{1.34}F_{0.66}.

Fe₂O₃

3

железа

ни окисления железа в голотипном образце оксифлогопиту.

of oxidation of iron in the holotype sample corresponds to oxyphlogopite.

общего железа в расчете на FeO — 11.09—11.38), Al₂O₃ 14.32 (14.06—14.64), Cr₂O₃ 0.60 (0.45—0.69). SiO₂ 34.41 (34.03—34.66), TiO₂ 12.93 (12.69—13.13), F 3.06 (2.59—3.44). H₂O 0.14, —O=F₂ —1.29, сумма 99.58. Другие компоненты, в том числе Cl, V, Mn, Zn, Co, Ni, не обнаружены. Эмпирическая формула, рассчитанная на 12 атомов O + F: (K_{0.72}Na_{0.14}Ca_{0.02})(Mg_{1.64}Ti_{0.73}Fe_{0.30}Fe_{0.27}Cr_{0.04})_{Σ2.98}(Si_{2.59}Al_{1.27}Fe_{0.14}O₁₀)O_{1.20}F_{0.73}(OH)_{0.07}. Химический состав котипа (все железо дано в форме FeO): Na₂O 1.42, K₂O 8.26, MgO 16.64, CaO 0.17, FeO 10.54, Al₂O₃ 13.66, SiO₂ 36.38, TiO₂ 11.14, F 2.86, —O=F₂ —1.20, сумма 99.87. С учетом соотношения Fe²⁺:Fe³⁺=1:4 (по данным рентгеновской эмиссионной спектроскопии) эмпирическая формула котипа оксифлогопита может быть записана в виде: (K_{0.78}Na_{0.20}Ca_{0.01})(Mg_{1.83}Ti_{0.62}Fe_{0.41}Fe_{0.14})_{Σ3.00}·(Si_{2.68}Al_{1.19}Fe_{0.13}O₁₀)O_{1.34}F_{0.66}.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

Рентгенограмма порошка голотипного образца оксифлогопита снята на дифрактометре Rigaku D/MAX-2200, на Cu Kα₁-излучении.

Рентгенограмма котипа получена методом Гандольфи с помощью монокристалльного дифрактометра Stoe IPDS II с плоским ПЗС (image plate) детектором на Mo Kα₁-излучении, при ускоряющем напряжении 50 кВ и токе 40 мА. Для получения порошковой рентгенограммы несколько кристалликов оксифлогопита были наклеены на стеклянную нить, так чтобы их относительная ориентировка существенно различалась. Съемка проводилась с вращением образца по двум осям (ω и φ), расстояние образец—детектор 200 мм, время экспозиции 60 мин.

Обе порошковые рентгенограммы (табл. 1) хорошо индицируются в моноклинных ячейках (пр. гр. C2/m) с уточненными по МНК параметрами, равными соответственно: a = 5.338(1)

Таблица 1

Порошковые рентгенографические данные для оксифлогопита
X-ray powder diffraction data for oxyphlogopite

Голотип			Котип			h	k	l
I, %	d _{изм.} , Å	d _{выч.} , Å	I, %	d _{изм.} , Å	d _{выч.} , Å			
32	9.91	9.90	79	9.99	10.03	0	0	1
2	4.93	4.85	3	4.94	5.02	0	0	2
			17	4.58	4.59	0	2	0
11	4.53	4.55			4.55	1	1	0
			7	4.40	4.40	1	1	1
10	4.14	4.16	2	4.19	4.18	0	2	1
			18	3.91	3.93	1	1	1
8	3.60	3.65	46	3.66	3.65	1	1	2
100	3.30	3.30	60	3.36	3.35	0	0	3
12	3.09	3.11	77	3.14	3.15	1	1	2
8	2.892	2.899	28	2.908	2.910	1	1	3
5	2.673	2.677				2	0	1
			100	2.625	2.619	2	0	0
10	2.610	2.611			2.613	1	3	1
					2.619	2	0	0
10	2.483	2.491	11	2.500	2.503	1	3	1
		2.475			2.509	0	0	4
					2.505	2	0	2
5	2.421	2.423	57	2.431	2.427	1	3	2
					2.434	2	0	1

Таблица 1 (продолжение)

Голотип			Котип			h	k	l
I, %	d _{изм.} , Å	d _{выч.} , Å	I, %	d _{изм.} , Å	d _{выч.} , Å			
0.5	2.334	2.335				$\bar{1}$	1	4
2	2.277	2.277	23	2.266	2.275	2	2	0
1	2.246	2.245			2.259	$\bar{1}$	3	2
					2.259	$\bar{2}$	0	3
9	2.162	2.161	55	2.164	2.173	2	0	2
		2.160			2.167	$\bar{1}$	3	3
			3	2.102	2.151	2	2	1
					2.088	0	4	2
21	1.985	1.980	25	1.987	2.007	0	0	5
					1.992	$\bar{1}$	3	3
					1.991	$\bar{2}$	0	4
10	1.980	1.980	8	1.898	1.904	$\bar{1}$	3	4
1	1.892	1.892			1.909	2	0	3
0.5	1.874	1.881			1.893	0	4	3
			1	1.839	1.839	0	2	5
			1	1.826	1.826	$\bar{2}$	2	4
			4	1.742	1.746	$\bar{1}$	3	4
					1.744	$\bar{2}$	0	5
					1.743	1	1	5
					1.734	1	5	0
3	1.747	1.749			1.740	2	2	3
		1.747			1.740	$\bar{3}$	1	1
12	1.659	1.659	39	1.662	1.670	$\bar{1}$	3	5
					1.674	2	0	4
					1.652	$\bar{1}$	1	6
1	1.607	1.611	10	1.615	1.611	$\bar{2}$	4	3
		1.603			1.611	$\bar{1}$	5	2
2	1.576	1.575			1.576	$\bar{3}$	2	3
			8	1.578	1.576	$\bar{1}$	5	3
1	1.573	1.572			1.579	2	4	2
		1.571			1.572	$\bar{1}$	5	3
					1.572	0	2	6
			58	1.533	1.536	$\bar{1}$	3	5
9	1.537	1.537			1.534	$\bar{3}$	3	1
16	1.527	1.528			1.534	$\bar{2}$	0	6
		1.527			1.527	0	6	0
1	1.501		5	1.467				
1	1.483		2	1.419				
1	1.457		4	1.393				
1	1.444							
4	1.416							

Сравнительные характеристики (в

Comparative data for oxyphlogopit

Характеристика	Оксифлогопит
Упрощенная формула	$K(Mg,Ti,Fe)_3 \cdot [(SiAl)_4O_{10}](O,F)_2$
a, Å	5.3165
b, Å	9.2000
c, Å	10.0602
β , °	100.354
Сильные линии порошковой рентгенограммы: d, Å (I, %)	9.91 (32) 4.53 (11) 3.302 (100) 3.09 (12) 1.985 (21) 1.659 (12) 1.527 (16)
Оптические данные:	
α	1.625
β	1.668
γ	1.669
Оптич. знак, 2V	-16
Плотность, г/см ³	3.083 (выч.), 3.06 (изм.)
Источник	Настоящая работа

и 5.317(12) Å, $b = 9.161(2)$ и $9.199(1)$ Å, $\beta = 99.9(1)^\circ$, $V = 484.1(2)$ и $490(2)$ Å³.

Монокристалльные дифракционные данные получены с использованием MoK α -излучения на приборе CCD с использованием $-20 < k < 20$, $-22 < l < 20$ получения анизотропного уточнения состава с помощью программы AREN (Андрианов) и программы DIFABS (Walker, Stuart).

По монокристалльным данным уточнена пространственная группа $C2/m$, параметры ячейки $a = 5.3165(12)$ Å, $b = 9.161(2)$ Å, $c = 10.0602(2)$ Å, $\beta = 100.354(2)^\circ$, $V = 484/05$ Å³.

Характеристики

Characteristics

Позиция	Состав (Z = 2)
M(1)	0.60Mg + 0.40Fe
M(2)	1.0Mg + 0.74Ti + 0.22Fe + 0.04Al
T	2.6Si + 0.33Al + 0.1Fe ³⁺
K	0.7K + 0.3Na

Таблица 1 (продолжение)

	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
	1	1	4
	2	2	0
	1	3	2
	2	0	3
	1	3	3
	2	2	1
	0	4	2
	0	0	5
	1	3	3
	2	0	4
	1	3	4
	2	0	3
	0	4	3
	0	2	5
	2	2	4
	1	3	4
	2	0	5
	1	3	4
	2	0	5
	1	1	5
	1	5	0
	2	2	3
	3	1	1
	1	3	5
	2	0	4
	1	1	6
	2	4	3
	1	5	2
	3	2	3
	1	5	3
	2	4	2
	1	5	3
	0	2	6
	1	3	5
	3	3	1
	2	0	6
	0	6	0

Таблица 2

Сравнительные характеристики оксифлогопита и родственных ему минералов группы слюд
(все моноклинные, $C2/m$, $Z = 2$)

Comparative data for oxyphlogopite and related mica-group minerals (all monoclinic, $C2/m$, $Z = 2$)

Характеристика	Оксифлогопит	Флогопит	Фторфлогопит	Оксикниошталит
Упрощенная формула	$K(Mg, Ti, Fe)_3 \cdot [(SiAl)_4O_{10}](O, F)_2$	$KMg_3(Si_3AlO_{10})(OH)_2$	$KMg_3(Si_3AlO_{10})F_2$	$BaMg_2Ti(Si_2Al_2O_{10})O_2$
<i>a</i> , Å	5.3165	5.31—5.32	5.3094	5.3516
<i>b</i> , Å	9.2000	9.19—9.20	9.1933	9.2817
<i>c</i> , Å	10.0602	10.15—10.30	10.1437	10.0475
β , °	100.354	99.9—100.1	100.062	100.337
Сильные линии порошковой рентгенограммы: <i>d</i> , Å (<i>I</i> , %)	9.91 (32) 4.53 (11) 3.302 (100) 3.09 (12) 1.985 (21) 1.659 (12) 1.527 (16)	9.97 (100) 3.389 (20) 3.348 (100) 2.614 (30) 2.515 (15) 2.430 (15) 2.17 (15) 2.012 (30)	9.99 (80) 3.369 (100) 3.324 (100) 3.121 (80) 2.610 (80) 2.426 (80) 1.663 (8)	3.646 (70) 3.383 (60) 3.130 (70) 2.902 (50) 2.637 (100) 2.435 (50) 2.172 (90) 1.988 (50)
Оптические данные:				
α	1.625	1.53—1.57	1.543	1.708
β	1.668	1.58—1.62	1.568	1.710
γ	1.669	1.58—1.62	1.569	1.719
Оптич. знак, $2V$	-16	-3—-14	-17	+56
Плотность, г/см ³	3.083 (выч.), 3.06 (изм.)	2.79 (выч.), 2.73—2.94 (изм.)	2.83 (выч.)	3.45 (выч.), 3.3 (изм.)
Источник	Настоящая работа	Hazen, Burnham, 1973; Bailey, 1980; Минералы, 1992	Gianfagna et al., 2007	Kogarko et al., 2005

и 5.317(12) Å, $b = 9.161(2)$ и 9.186(17) Å, $c = 10.069(2)$ и 10.185(13) Å; $\beta = 100.53(6)$ и 99.9(1)°, $V = 484.1(2)$ и 490(2) Å³; $Z = 2$.

Монокристалльные дифракционные данные получены на дифрактометре Xcalibur CCD с использованием $Mo_{K\alpha}$ -излучения. В области съемки ($\theta_{max} = 54^\circ$; $-10 < h < 12$, $-20 < k < 20$, $-22 < l < 20$) получено 1642 независимых отражения с $F > 5\sigma(F)$. R -фактор анизотропного уточнения составил 0.047. Уточнение производилось с использованием программы AREN (Андрянов, 1988); для учета поглощения использовалась программа DIFABS (Walker, Stuart, 1983).

По монокристалльным данным оксифлогопит моноклинный, пространственная группа $C2/m$, параметры ячейки: $a = 5.3165(1)$, $b = 9.2000(2)$, $c = 10.0602(2)$ Å, $\beta = 100.354(2)^\circ$, $V = 484/05$ Å³, $Z = 2$. Кристаллическая структура этого минерала

Таблица 3

Характеристики координационных полиэдров
Characteristics of coordination polyhedra

Позиция	Состав ($Z = 2$)	Координационное число	Расстояние катион—анион, Å		
			минимальное	максимальное	среднее
<i>M</i> (1)	0.60Mg + 0.40Fe	6	2.046(1)	2.109(1)	2.088
<i>M</i> (2)	1.0Mg + 0.74Ti + 0.22Fe + 0.04Cr	6	1.939(1)	2.133(1)	2.047
<i>T</i>	2.6Si + 0.33Al + 0.1Fe ³⁺	4	1.6509(9)	1.666(1)	1.655
<i>K</i>	0.7K + 0.3Na	12	2.944(1)	3.295(2)	3.110

ляется оксифлогопитом. По всей видимости, к этому минеральному виду относится большая часть образцов калиевых триоктаэдрических слюд из щелочных базальтов с содержаниями TiO_2 выше 9—10 мас. %, а также более низкотитановые слюды с высокими содержаниями Fe^{3+} в октаэдрических позициях.

Структурное изучение 24 образцов флогопита (Cruciani, Zanazzi, 1994) показало, что высокочarged катионы ($\text{Ti}^{4+}, \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}$) избирательно концентрируются в позиции $M(2)$, что проявляется в размере и искажении $M(2)$ -центрированного октаэдра. Смещение $M(2)$ позиции из геометрического центра этого октаэдра коррелирует с общим содержанием титана в образце и возрастает от практически нулевого значения для низкотитановых слюд до 0.08—0.09 Å для образцов с $\text{Ti}_{0.59-0.65}$. При этом характеристика $M(1)$ -центрированного октаэдра изменяются незначительно.

В оксифлогопите, изученном в настоящей работе, это искажение составляет $(2.133-1.939) : 2 = 0.097 \text{ \AA}$, где 1.939 Å — расстояние между позициями $M(2)$ и X . Укорочение связи $M(2)-X$ обусловлено замещением OH на O позиции X в результате изоморфизма $^{16}\text{R}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow ^{16}\text{Ti}^{4+} + 2\text{O}^{2-}$ (Cruciani, Zanazzi, 1994). Вычисленное с учетом полного состава в $M(1)$ - и $M(2)$ -октаэдрах среднее валентное усилие 1.61 указывает на то, что сродство позиции X к атому O ближе, чем к OH или F. Следовательно, высказывавшееся ранее предположение о том, что катионы Mg, Fe и Ti могут присутствовать одновременно в обеих триоктаэдрических позициях $M(1)$ и $M(2)$ (Brigatti et al., 1991; Brigatti, Poppi, 1993), оказалось неверным. Не подтвердилось и предположение о том, что вхождение титана в триоктаэдрические позиции слюд влечет за собой образование вакансий в октаэдрах по схеме $\text{Ti}^{4+} + \square \leftrightarrow 2\text{R}^{2+}$ (Hazen, Burnham, 1973; Dymek, 1983; Минералы, 1992).

Таким образом, идеализированная формула оксифлогопита может быть записана в виде: $\text{K}(\text{Mg}_2\text{Ti})(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})\text{O}_2$.

Работа выполнена при поддержке Национальной программы «Образовательная среда» в классическом университете (пилотный проект «Молекулярная геохимия и биогеохимия»).

Список литературы

- Андреанов В. И. Развитие системы кристаллографических программ РЕНТГЕН на ЭВМ NORD, SM-4 и ЕС // Кристаллография. 1987. Т. 32. № 1. С. 228—231.
- Коваль П. В., Есвиг В., Сапожников А. Н. Сосуществующие титановые оксибиотиты 3Т и 3М мегакристов в базальтоидах Шаварын-Царама (МНР) // Докл. АН СССР. 1983. Т. 302. № 2. С. 430—433.
- Куприянова Т. А., Филиппов М. Н., Лямина О. И. Исследование влияния химической связи на интегральную интенсивность линий эмиссионного рентгеновского спектра мышьяка // Журнал структурной химии. 2003. Т. 44. № 3. С. 460—471.
- Минералы. Справочник. Т. IV. Вып. 1. М.: Наука, 1992. 598 с.
- Ушакова Е. Н. Биотиты метаморфических пород. М.: Наука, 1971. 346 с.
- Чуканов Н. В., Розенберг К. А., Расцветаева Р. К., Мёккель Ш. Новые данные о высокотитановом биотите. Проблема «воданита» // Новые данные о минералах. 2008. Вып. 43. С. 72—77.
- Bailey S. W. Structures of layer silicates / Eds G. W. Brindley and G. Brown (eds). Crystal Structures of Clay Mineral and their X-ray Identification. London: Mineralogical Society, 1980. P. 1—123.
- Brigatti M. F., Galli E., Poppi L. Effect of Ti substitution in biotite-1M crystal chemistry // Amer. Miner. 1991. Vol. 76. P. 1174—1183.
- Brigatti M. F., Poppi L. Crystal chemistry of Ba-rich trioctahedral micas-1M // Eur. J. Miner. 1993. Vol. 5. P. 857—871.
- Burke E. A mass discreditation of GQN minerals // Canad. Miner. 2006. Vol. 44. P. 1557—1560.
- Cruciani G., Zanazzi P. F. Cation partitioning and substitution mechanisms in 1M phlogopite; a crystal chemical study // Amer. Miner. 1994. Vol. 79. P. 289—301.
- Dymek R. F. Titanium, aluminium and interlayer cation substitutions in biotite from high-grade gneisses, West Greenland // Amer. Miner. 1983. Vol. 68. P. 880—899.
- Freudenberg W. Titanium-biotite (wodanite) from the Katzenbuckel // Mitt. Bad. Geol. Landesanst. 1920. Vol. 8. N 2. P. 319—335.

Gianfagna A., Scordari F., Mazziotti-Tagliani S., Ventruti G., Ottolini L. Fluorophlogopite from Biancavilla (Mt. Etna, Sicily, Italy): crystal structure and crystal chemistry of a new P-dominant analog of phlogopite // *Amer. Miner.* **2007**. Vol. 92. P. 1601—1609.

Greenwood J. C. Barian-titanium micas from Ilha da Trindade, South Atlantic // *Miner. Mag.* **1998**. Vol. 62. N 5. P. 687—695.

Hallimond A. F. On the chemical classification of the mica group. III. The molecular volumes // *Miner. Mag.* **1927**. Vol. 1. N 116. P. 195—204.

Hazen R. M., Burnham C. W. The crystal structures of the one-layer-phlogopite and annite // *Amer. Miner.* **1973**. Vol. 58. P. 889—900.

Ibhi A., Nachit H., El Abia H. Titanium and barium incorporation into the phyllosilicate phases: The example of phlogopite-kinoshitalite solid solution // *J. Phys. IV France*. **2005**. Vol. 123. P. 331—335.

Kogarko L. N., Uvarova Yu. A., Sokolova E., Hawthorne F. C., Ottolini L., Grice J. D. Oxykinoshitalite, a new species of mica from Fernando de Noronha island, Pernambuco, Brazil: Occurrence and crystal structure // *Canad. Miner.* **2005**. Vol. 43. N 5. P. 1501—1510.

Mann U., Marks M., Markl G. Influence of oxygen fugacity on mineral compositions in peralkaline melts: The Katzenbuckel volcano, Southwest Germany // *Lithos*. **2006**. Vol. 91 (1—4). P. 262—285.

Mansker W. L., Ewing R. C., Keil K. Barian-titanian biotites in nephelinites from Oahu, Hawaii // *Amer. Miner.* **1979**. Vol. 64. P. 156—159.

Ohta T., Takeda H., Takéuchi Y. Mica polytypism: Similarities in the crystal structures of coexisting 1M and 2M oxybiotites // *Amer. Miner.* **1982**. Vol. 67. P. 298—310.

Prider R. Some minerals from the leucite-rich rocks of the West Kimberley area, Western Australia // *Miner. Mag.* **1939**. Vol. 25. N 166. P. 373—387.

Rancourt D. G., Mercier P. H. J., Cherniak D. J., Desgreniers S., Kodama H., Robert J.-L., Murad E. Mechanisms and crystal chemistry of oxidation of annite: resolving the hydrogen-loss and vacancy reactions // *Clays and Clay Miner.* **2001**. Vol. 49. N 6. P. 455—491.

Rieder M., Cavazzini G., D'yakonov Yu. S., Frank-Kamenetskii V. A., Gottardi G., Guggenheim S., Koval' P. V., Mueller G., Neiva A. M. R., Radoslovich E. W., Robert J.-L., Sassi F. P., Takeda H., Weiss Z., Woones D. R. Nomenclature of the micas // *Canad. Miner.* **1998**. Vol. 36. N 3. P. 905—912.

Rosenbusch H. *Elemente der Gesteinslehre*, Ed. 3. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagshandlung, **1910**. 566 S.

Scordari F., Ventruti G., Sabato A., Bellatreccia F., Della Ventura G., Pedrazzi G. Ti-rich phlogopite from Mt. Vulture (Potenza, Italy) investigated by a multianalytical approach // *Eur. J. Miner.* **2006**. Vol. 18. P. 379—391.

Shaw C. S. J., Penczak R. S. Barium- and titanium-rich biotite and phlogopite from the Western and Eastern Gabbro, Coldwell alkaline complex, Northwestern Ontario // *Canad. Miner.* **1996**. Vol. 34. P. 967—975.

Thibault Y., Edgar A. D., Lloyd F. E. Experimental investigation of melts from a carbonatized phlogopite lherzolite: Implications for metasomatism in the continental lithospheric mantle // *Amer. Miner.* **1992**. Vol. 77. P. 784—794.

Walker N., Stuart D. An empirical method for correcting diffractometer data for absorption effects // *Acta Cryst. A*. **1983**. Vol. 39. N 2. P. 158—166.

Поступила в редакцию
9 декабря 2009 г.

МИНЕРАЛЫ И

УДК 553.45 (571.56)

© Д. чл. Г. С. АНИ

ТЕЛЛУРИДЫ В ШИРОКИНСКИХ (С

Институт геологии алмаза и благородных металлов
е-п

В статье дается описание обнаружения теллуридов в руде Широкинского месторождения, петциты, а также микропарагенезис теллуридов. Ключевые слова: теллуриды золота, рудно-россыпной узел, Сетте-Дабан

G. S. ANISIMOVA, L. A. KONDI
IN SHIROKSHINSKIY

Article describes the first finding of Shirokinsky ore-placer cluster localities and for the first time in gold ore deposits given for sylvanite (Au 23.65—24.6%, petzite (Au 23.17—25.24%, Ag 42.2% with galenite, as the host-mineral, this finding of gold and silver telluride type mineralization in Sette-Daban ho

Key words: gold and silver tellurides, ores-and-placer cluster, Sette-Daban l

Теллур как индикаторный элемент в появленном прецизионных теллуридов. Результат этих исследований не редких, а второстепенных прямых минералогических подтверждений являются теллуриды (2003). В Южной Якутии теллуриды (петцит) обнаружены А. А. Киреева (торожения Куранах Центральной Якутия С. В. Яблоковой (1975, 1995) золото-теллуридной ассоциации нонметаллические теллуриды Южной Якутии.

Использование электронного микроскопа дало возможность обнаружения Ag — сильванит и петцит, а также парагенезиса руд Широкинского