

УДК 549(447.9)

## СТЕВЕНСИТ ИЗ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА (БАХЧИСАРАЙСКИЙ РАЙОН) - ПЕРВАЯ НАХОДКА В КРЫМУ

Тищенко А. И.<sup>1</sup>, Касаткин А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация

<sup>2</sup>Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, г. Москва, Российская Федерация

E-mail: [TischenkoAlex@rambler.ru](mailto:TischenkoAlex@rambler.ru), [kasatkin@inbox.ru](mailto:kasatkin@inbox.ru)

В статье приведены данные о находке нового для Крыма минерала – стевенсита. Минерал обнаружен в Первомайском карьере (правобережье долины р. Бодрак в окрестностях с. Трудолюбовка Бахчисарайского района). Стевенсит образует белые массивные агрегаты, псевдоморфозы по окениту и ломонтиту, белые плёнки на апофиллите, кальците и других минералах. Минерал диагностирован по химическому составу, рентгенограмме и ИК-спектру.

**Ключевые слова:** Крым, Первомайский карьер, стевенсит.

### ВВЕДЕНИЕ

Минералы группы смектита в Крыму представлены бейделлитом, монтмориллонитом, нонтронитом, сапонитом и «феррисапонитом» [1]. Новым для Крыма минералом группы является магнезиальный смектит – стевенсит, найденный в Первомайском карьере (Бахчисарайский район).

Стевенсит  $(Ca,Na)_xMg_{3-x}(Si_4O_{10})(OH)_2$  назван в 1873 г. в честь Е. А. Стевенса (1795–1868) – основателя Стивенсовского технологического института в Хобокене (шт. Нью-Джерси, США). Стевенсит является продуктом поздней гидротермальной деятельности и известен во многих местонахождениях, особенно приуроченных к ультраосновным и основным магматическим породам. Реже стевенсит проявляется как аутигенный минерал океанических и озерных осадков, единичны его находки в карстовых полостях.

Так, в измененных ультраосновных породах стевенсит отмечен в серпентинитах Kleinheinrichschlag (Австрия), Preda Rossa Valley (Ломбардия, Италия), Шкляры (Польша), в измененных дунитах рудника Creek mine (шт. Северная Каролина, США), в хромитовом руднике Hall mine (пров. Квебек, Канада). По нашим данным, стевенсит развивается по фенокристаллам оливина в щелочно-ультраосновных породах диатремы Случайная (Северо-Припятский район развития позднедевонских трубок взрыва щелочно-ультраосновных пород, Беларусь). Описан стевенсит в измененных ультрамафитах Буруктальского офиолитового массива (Южный Урал, Россия). В Ковдорском массиве (Кольский полуостров) стевенсит образует серые, фарфоровидные агрегаты, замещающие пектолит в щелочных пегматитах флогопитового карьера (по данным сайта <http://www.webmineral.ru>).

Псевдоморфозы стевенсита по пектолиту известны в долеритах Уин-Силла (Шотландия) и основных породах Gimlet quarry (Уэльс). Стевенсит обнаружен в ряде местонахождений в США (штаты Нью-Джерси, Северная Каролина и др.), где

отмечался в базальтах в виде псевдоморфоз по пектолиту и другим минералам. В Австралии находки стевенсита известны на острове Тасмания – в никелевом руднике Lord Brassey mine и базальтах Redra quarry.

Широко распространен стевенсит в волластонитовых скарнах и известково-силикатных роговиках Балканского месторождения (Южный Урал, Россия), где он образует псевдоморфозы по волластониту и ассоциирует с клиноцоизитом, актинолитом, хлоритом. Известен в ряде скарных местонахождений Узбекистана (Кансайское рудное поле и др.). Найден в скарнированных девонских известняках Kőszárhegy quarry (Венгрия) и скарнированных известняках Bargasford quarry (Англия). Известен стевенсит в скарных местонахождениях Швеции и Японии, где является продуктом изменения волластонита и бустамита.

Псевдоморфозы по периклазу и каемки вокруг кристаллов форстерита отмечены в метаморфизованных карбонатных лавах на острове Прочида в Тирренском море (пров. Неаполь, Италия).

Находки стевенсита в рудных месторождениях не многочисленны, минерал обнаружен в марганцеворудном поле Калахари (Капская провинция, ЮАР), медно-порфириновом месторождении Moldova Nouă (Румыния), Ивановском Co-Cu месторождении (Южный Урал, Россия), серебряном месторождении Конгсберг (Норвегия).

Аутигенный осадочный стевенсит обычен в эоценовых отложениях формации Грин-Ривер (США, штаты Вайоминг, Колорадо, Юта), отмечался в плиоцен-плейстоценовых озерных отложениях в пустыне Амаргоза (Южная Невада, США) и оз. Эльтон (Волгоградская обл., Россия).

В пещерах стевенсит отмечен в Carlsbad Caverns (шт. Нью-Мексико, США)

#### **МИНЕРАЛОГИЯ СТЕВЕНСИТА ИЗ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА**

Первомайским карьером вскрыт и частично разработан Первомайский интрузивный массив, который является крупным магматическим образованием среднеюрского (допозднебайосского) первомайско-аюдагского интрузивного комплекса Крыма [2]. Интрузивный массив сложен преимущественно мелкозернистыми биотит-роговообманково-авгитовыми кварцевыми микрогаббро-диоритами. Эндоконтактная зона массива представлена мелкозернистыми порфиридовидными кварцевыми долеритами и кварцевыми микрогаббро-диоритами.

В верхней части интрузива преобладают авгит-биотит-роговообманковые и авгит-роговообманково-биотитовые кварцевые микродиориты со шлирами мелкозернистых биотитовых тоналитов-плагиогранитов и телами внедрения магматических брекчий, сложенных округленными обломками микродиоритов и микрогаббро-диоритов, сцементированных тоналитами-плагиогранитами.

Интрузивные породы пересечены круто- и наклонно залегающими телами бодракского субвулканического комплекса: дайкообразной жерловиной лавовых брекчий оливиновых базальтов, дайками гиперстен-авгитовых и оливиновых

## СТЕВЕНСИТ ИЗ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА (БАХЧИСАРАЙСКИЙ РАЙОН) - ПЕРВАЯ НАХОДКА В КРЫМУ

---

долеритовых порфиритов и долеритов, роговообманковых андезитов (трахиандезитов).

Все магматические породы Первомайского интрузива в той или иной степени изменены в условиях низкоградного метаморфизма пренит-пумпеллиитовой и цеолитовой фаций [2]. В габброидах и более кремнекислых породах повсеместно развиты тонкозернистые агрегаты хлорита, пренита, клиноцоизита, карбонатов, пумпеллиита в ассоциации с вторичным кварцем, альбитом, стильпномеланом, иногда с актинолитом – ферроактинолитом, пиритом, ксонотлитом.

В краевой части линзо-, гнездо-, жило- и трубообразных псевдомиароловых пустот наблюдается развитие пренита (с вкрапленностью пумпеллиита, кварца и альбита), кварц-пренитовых агрегатов. На кварц-пренитовые агрегаты нарастают спутанно-волокнистые агрегаты актинолита – ферроактинолита; волокнистые агрегаты, сферолитовые пучки-«ёжики» окенита и их сростки; кристаллы ломонтита в ассоциации с кальцитом, доломитом (?-анкеритом) и апофиллитом; кристаллы апофиллита и их сростки; мелкие кристаллы бабингтонита. В миаролитовых пустотах известен также датолит в ассоциации с актинолитом – ферроактинолитом, альбитом, хлоритом, кальцитом, апофиллитом. Более поздние минеральные образования представлены крупнокристаллическим ломонтитом; жильным карбонатом с ломонтитом, пиритом, хлоритами (клинохлор, шамозит); в выщелоченных пористых кварц-пренитовых и пренитовых агрегатах наблюдаются кристаллы гмелинита, анальцима, филлипсита, шабазита.

Первые образцы стевенсита были найдены нами в конце 2013 г. В 2015–2016 гг. любителями камня г. Севастополя (Севастопольский музей камня – Руденко И. Е. и др.) был собран представительный минералогический и коллекционный материал, результаты исследования которого изложены в настоящей статье.

В Первомайском карьере, в глыбах взорванной горной массы, были найдены пустоты, в которых минеральные ассоциации подверглись более позднему гидротермальному изменению. Визуально это выразилось в развитии темно-серых и табачно-зеленых пленок и порошковатых агрегатов клинохлора или шамозита на поверхности более ранних минеральных ансамблей; псевдоморфоз сапонита по расщепленным кристаллам ломонтита и анальциму; анальцим, который обычно встречается в виде прозрачных или полупрозрачных бесцветных кристаллов, здесь становится матовым, непрозрачным, приобретает серовато-зеленый до темно-зеленого цвет, на поверхности его кристаллов нередко наблюдаются мелкие кристаллы гмелинита-Na, корки хлоритоподобных минералов темно-зеленого цвета; появлению бархатисто-черных сферолитов и сферолитовых корок «феррисапонита» на поверхности агрегатов окенита, на кристаллах ломонтита и других минералах.

В вышеуказанной ассоциации нами и был обнаружен стевенсит, причем в довольно значительных количествах. По нашим наблюдениям, подтвержденным аналитически, стевенсит образует здесь четыре основные морфологические разновидности.

Первой и наиболее распространенной разновидностью являются плотные фарфоровидные массы снежно-белого цвета, покрывающие более ранние минералы – пренит, ломонтит, кальцит и др. (рис. 1).



Рис. 1. Белый массивный стевенсит на породе

Стевенсит второго типа обычен в виде грязно-белых псевдоморфоз по сферолитовым пучкам окенита и сросткам призматических кристаллов ломонтита с сохранением морфологии последних (рис. 2).



Рис. 2. Псевдоморфозы грязно-белого стевенсита по пучкам окенита

Мелкозернистый порошокатый голубовато-белый стевенсит третьего типа развивается по сильно корродированным граням бесцветных кристаллов апофиллита (рис. 3).

СТЕВЕНСИТ ИЗ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА (БАХЧИСАРАЙСКИЙ РАЙОН) -  
ПЕРВАЯ НАХОДКА В КРЫМУ

---



Рис.3. Белый мелкозернистый стевенсит на сильно корродированных гранях кристалла апофиллита

Наконец, четвертой морфологической разновидностью стевенсита являются тонкие снежно-белые пленки, развивающиеся на поверхности кристаллов апофиллита (рис. 4), кальцита (рис. 4), ломонита, сферолитовых корок пренита. К этому же типу относится стевенсит, нарастающий на более ранние темно-зеленые пленки клинохлора или мелкочешуйчатые корки шамозита.



Рис. 4. Белые пленки стевенсита на кристаллах апофиллита (фото слева) и кальците (фото справа)

Излом фарфоровидных агрегатов стевенсита раковистый, блеск матовый, твердость низкая, около 2. Минерал растворяется в соляной кислоте с выделением порошкового кремнезема.

Стевенсит диагностирован на основании данных анализа химического состава, рентгенограммы и ИК-спектра.

Химический состав минерала изучался на сканирующем электронном микроскопе CamScan-4D с энергодисперсионным спектрометром и системой анализа INCA Energy Oxford при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 5 нА на металлическом кобальте. В качестве эталонов использовались: NaK $\alpha$  – альбит, MgK $\alpha$  – MgF<sub>2</sub>, AlK $\alpha$  – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiK $\alpha$  – кварц, KK $\alpha$  – микроклин, CaK $\alpha$  – волластонит.

Рентгенодифракционные данные получены на монокристалльном дифрактометре Agilent Supernova с детектором Pilatus 200K Dectris, на MoK $\alpha$  – излучении, при ускоряющем напряжении 50 кВ и токе 0.8 мА. Съемка проводилась по методу Гандольфи, расстояние образец – детектор 68 мм, время экспозиции 60 мин.

ИК-спектр поглощения стевенсита получен с помощью Фурье спектрометра ALPNA FTIR фирмы Bruker Optics при разрешающей способности 4 см<sup>-1</sup>. Для этого порошок минерала смешивался с безводным KBr и запрессовывался в таблетку. Аналогичная таблетка чистого бромистого калия использовалась как образец сравнения.

Химический состав стевенсита (мас. %, содержание H<sub>2</sub>O рассчитано по стехиометрии) Na<sub>2</sub>O 0.37, K<sub>2</sub>O 0.07, MgO 29.52, CaO 1.96, SiO<sub>2</sub> 62.53, H<sub>2</sub>O 4.67, сумма 99.12. Он отвечает эмпирической формуле (расчет на 12 атомов O) (Ca<sub>0.13</sub>Na<sub>0.05</sub>K<sub>0.01</sub>)Mg<sub>2.82</sub>Si<sub>4.01</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>.

Главные линии порошкограммы крымского стевенсита (*d*, Å(*I*)): 11.94(100), 4.96(12), 4.49(91), 3.19(32), 2.54(62), 2.28(24), 1.72(14), 1.52(42), 1.31(20), 1.26(8) практически полностью соответствуют рентгенограмме изученного стевенсита из Нью-Джерси, США [3].

На ИК-спектре стевенсита Первомайского карьера наблюдаются полосы (см<sup>-1</sup>) 448 (деформационные колебания Si – O), 669 (вибрационные колебания OH), 1000 (валентные колебания Si – O), 1647 (деформационные колебания H<sub>2</sub>O), 3464 и 3677 (валентные колебания OH), характерные для стевенсита [4].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление минеральных ассоциаций в миаролитовых пустотах в магматических породах Первомайского интрузива связывается с процессами ретроградного метаморфизма пренит-пумпеллиитовой и цеолитовой фаций [2]. Минеральные ассоциации и состав минералов метаморфитов пренит-пумпеллиитовой фации указывают на их возникновение при температуре порядка 300<sup>0</sup>С и давлении около 2 кбар.

Развитие магнезиально-железистых смектитов (сапонит, «феррисапонит», стевенсит) и хлоритов (клинохлор, шамозит) по более ранним минеральным ассоциациям в псевдомиаролитовых пустотах дает повод предполагать локальное проявление на заключительных стадиях

## СТЕВЕНСИТ ИЗ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА (БАХЧИСАРАЙСКИЙ РАЙОН) - ПЕРВАЯ НАХОДКА В КРЫМУ

становления минеральных ассоциаций Первомайского интрузива магнезиально-железистого метасоматоза при высокой активности кремнезема, и, вероятно, более низких температурах. Источником железа и магния могли служить как породообразующие минералы магматических пород, так и железо- и магнийсодержащие минералы псевдомиаролитовых пустот – амфиболы ряда актинолит – ферроактинолит, минералы группы пумпеллиита и другие.

*Авторы выражают признательность Фабрицио Нестоле (Университет Падуи, г. Падуя, Италия) за рентгеновскую съемку стевенсита, Н. В. Чуканову (Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка, Московская обл.) – за получение его ИК-спектра, а В. А. Никифорову («Русские минералы», г. Москва) – за фотографирование образцов.*

### Список литературы

1. Тищенко А. И. Минералы Крыма. Симферополь: Бизнес-Информ, 2015. 304 с.
2. Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма (стратиграфия кайнозоя, магматические, метаморфические и метасоматические образования). М.: МГУ, 1989. 160 с.
3. Faust G. T., Murata K. J., Millot G. A restudy of stevensite and allied minerals // American Mineralogist. 1959. Vol. 44. pp. 343–370.
4. Минералы. Справочник. Том IV. Вып. 2. Слоистые силикаты (смектиты, хлориты, смешаннослойные). Слоистые силикаты со сложными тетраэдрическими радикалами). М.: Наука, 1992. 663 с.

## STEVENSITE FROM PERVOMAISKY QUARRY (BAKHCHISARAY DISTRICT) - FIRST FIND IN THE CRINEA

*Tishchenko A. I.<sup>1</sup>, Kasatkin A. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol., Russian Federation

<sup>2</sup> Fersman Mineralogical Museum Russian Academy of Science, Moscow, Russian Federation

E-mail: [TishchenkoAlex@rambler.ru](mailto:TishchenkoAlex@rambler.ru), [kasatkin@inbox.ru](mailto:kasatkin@inbox.ru)

Pervomaisky quarry is located at the right side of the Bodrak River valley at the northern slope of the Large Kermen Mountain, 3 km East of Trudolyubovka village, Bakhchisarai district (about 22 km SSW of Simferopol), Crimea peninsula, Russian Federation.

The Pervomaisky quarry exposed and partially excavated the Pervomaisky pluton, one of the larger bodies of the Dogger (before Late Bajocian) Pervomaisky–Ayu-Dag intrusive complex in the Crimea. The Pervomaisky isometric pluton with its gentle roof is spatially related to the near-latitudinal fault separating lithologies of the Late Triassic Tavrisheskaya Series and Early Jurassic Eski-Orda Series. The pluton intrudes terrigenous rocks of the Early Jurassic Eski-Orda Series causing the formation of hornfels after the latter and it is overlain by the Valanginian-early Hauterivian carbonate-terrigenous sediments. The pluton is dominated by dark greenish grey fine-grained biotite-hornblende-augite-quartz microgabbrodiorite. All magmatic rocks of the Pervomaisky

pluton are low-grade prehnite-pumpellyite and zeolite facies metamorphosed to some extent

Fifty mineral species were found in the magmatic rocks, prehnite-pumpellyite and zeolite facies metamorphic rocks, cavities, and hydrothermal veins of the Pervomaisky quarry. Stevensite forms chalky-white masses, pseudomorphs after okenite and lomontite crystals and thin films on the surface of apophyllite and calcite crystals and other minerals. The mineral was identified by microprobe analysis, X-ray diffraction and infra-red spectroscopy. Chemical composition (microprobe analysis, wt.%, H<sub>2</sub>O calculated by stoichiometry): Na<sub>2</sub>O 0.37, K<sub>2</sub>O 0.07, MgO 29.52, CaO 1.96, SiO<sub>2</sub> 62.53, H<sub>2</sub>O 4.67, total 99.12. The empirical formula (calculated on the basis of 12O apfu) is (Ca<sub>0.13</sub>Na<sub>0.05</sub>K<sub>0.01</sub>)Mg<sub>2.82</sub>Si<sub>4.01</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>.

**Keywords:** Crimea, Pervomaisky quarry, stevensite.

#### References

1. Tishchenko A. I. Mineraly Kryma (Minerals of the Crimea). Simferopol: Business-Inform (Publ.), 2015. 304 p. (in Russian).
2. Geologicheskoye stroenie Kachinskogo podnitiya Gornogo Kryma. Stratygraphya kainozoya, magmaticheskyye, metamorphicheskyye i metasomaticheskyya porody. Geology of the Kacha uplift in the Mountain Crimea. Stratigraphy of Cenozoic, magmatic, metamorphic, and metasomatic rocks. Moscow: Moscow State University (Publ.), 1989. 160 p. (in Russian)
3. Faust G. T., Murata K. J. Millot G. A restudy of stevensite and allied minerals // American Mineralogist. 1959. Vol. 44. pp. 343–370. (in English).
4. Mineraly: Spravochnik. Minerals: Handbooks. Vol. IV. Pt. 2. Phyllosilicates. Moscow: Nauka (Publ.), 1992. 663 p. (in Russian).