

**А.И. Тищенко, Е.И. Тимохина****К минералогии карстовых полостей Предгорного Крыма:
монтмориллонит в гротах Качи-Кальона**

Тищенко А.И., Тимохина Е.И. К минералогии карстовых полостей Предгорного Крыма: монтмориллонит в гротах Качи-Кальона // Спелеология и карстология - № 10. – Симферополь. – 2013. С. 52-57.

Резюме: В статье описывается находка монтмориллонита в смеси с гипсом и, предположительно, галитом, в гроте Белоголовых Сипов, заложенном в толще верхнедатских известняков, в верхней части куэстового обрыва Внутренней Гряды в массиве Качи-Кальон. Минерализация развита в виде небольших участков на поверхности стен, пола и свода грота, несущих тафони и каверны разных размеров. Образование монтмориллонита здесь может быть результатом взаимодействия восходящих щелочных водных (карстообразующих) растворов с, возможно, пелитовой составляющей известняков. Источником магния могли быть доломитизированные разности известняков. Для гипсу предполагается эвапоритовый генезис.

Ключевые слова: минералогия пещер, монтмориллонит, Предгорный Крым, гипогенный спелеогенез.

Тищенко О.І., Тимохіна Е.І. До мінералогії карстових порожнин Передгірного Криму: монтморілоніт у гротах Качі-Кальона // Спелеологія і карстологія - № 10. – Сімферополь. – 2013. С. 52-57.

Резюме: У статті описується знахідка монтморілоніту в суміші з гіпсом і, імовірно, галітом, в гроті Білоголових Сипів, закладеному в товщі верхнедатських вапняків, у верхній частині куестового обриву Внутрішнього пасма в масиві Качи-Кальон. Мінералізація розвинена у вигляді невеликих ділянок на поверхні стін, підлоги і склепіння грота, несучих тафони і каверни різних розмірів. Утворення монтморілоніту тут може бути результатом взаємодії висхідних лужних водних (карстоутворюючих) розчинів з, можливо, пелітовою складовою вапняків. Джерелом магнію могли бути доломітизовані відмінності вапняків. Для гіпсу припускається евапоритове походження.

Ключові слова: мінералогія печер, монтморілоніт, Передгірний Крим, гіпогенний спелеогенез.

Tishchenko A.I., Tymokhina E.I. On mineralogy of karst cavities of the Crimean Piedmont: montmorillonite in grottoes of Kachi-Kaljon // Speleology and Karstology - № 10. – Simferopol. – 2013. P. 52-57.

Abstract: This paper describes the finding of montmorillonite mixed with gypsum and, presumably, halite, in the grotto of Belogolovykh Sipov that occurs in the Upper Danian limestones at the top of the cuesta cliff of the Inner Ridge, in the Kachi-Kalon massif. The mineralization is developed by patches on the surface of the walls, floor and roof, bearing tafoni and pockets of different sizes. The formation of montmorillonite can be the result of the interaction of alkaline aqueous (karst-forming) solutions with perhaps a pelitic component of limestone. The source of magnesium could be the dolomitic varieties of the limestones. For gypsum, evaporite genesis is supposed.

Key words: cave mineralogy, montmorillonite, Crimean Piedmont, hypogene speleogenesis.

ВВЕДЕНИЕ

Своеобразные или «экзотические» формы рельефа – ниши и гроты, кавернозные, сотово-ячеистые и прочие скульптурные и структурные формы имеют широкое развитие в обрывах эоценовых и палеоценовых известняков Внутренней гряды Предгорного Крыма и являются специфической характеристикой региона. Их генезис является дискуссионным. Недостаточная обоснованность

общепризнанных взглядов и доказательная база этих форм рельефа как реликтовых проявлений гипогенного спелеогенеза нашли свое отражение в последние годы в ряде статей и крупных монографий (Климчук и др., 2013).

В нишах и гротах Внутренней гряды Предгорного Крыма известны находки ряда минералов. Наиболее часто упоминается калиевая селитра и гипс, находки других минералов - натриевая селитра, нитромагnezит, трона, единичны.

Калиевая селитра впервые в Крыму упомянута на стенках искусственных пещер (крипт) Инкермана и других мест окрестностей Севастополя (Паллас, 1795, Кондараки, 1875), где даже производилась ее кустарная добыча для изготовления пороха (Озерский, 1854). Калиевая селитра в виде мучнистых налетов, поликристаллически-зернистых агрегатов,

© А.И. Тищенко¹, Е.И. Тимохина^{2*},

¹Крымское отделение Украинского государственного геологоразведочного института

²Украинский Институт спелеологии и карстологии МОН Украины и НАН Украины при ТНУ им. В.И. Вернадского

* Корреспондующий автор. E-mail: timokhina@speleoukraine.net

одно- и многослойных корок, редко – несовершенных кристаллов и волосовидных агрегатов с длиной волокон до нескольких сантиметров известна на потолке и стенках природных ниш, гротов и искусственных пещер Чуфут-Кале, Мангуп-Кале и других пещерных городов Крыма (Двойченко, 1914; Попов, 1938; Супрычев, Шутов, 1966). Считается, что появление заметных скоплений калиевой селитры на южных склонах куэстовой гряды Горного Крыма является минералогическим показателем интенсивности хозяйственной деятельности человека и инсоляционных процессов.

Натриевая селитра и нитромагнетит установлены в виде незначительной примеси в агрегатах калиевой селитры горы Бакла (Ферсман, 1959; Петрунь, Белокрыс, 1969; Тищенко, 2002).

Гипс, по личному сообщению Ю.А. Полканова (доктор геол.-минералог. наук, Крымское отделение УкрГГРИ), в виде порошковатых выцветов, мелкокристаллических корок, сростков несовершенных кристаллов найден на потолках необитаемых крипт пещерных городов Тепе-Кермен и Качи-Кальон; предполагается инсоляционный генезис минерала.

Трона в ассоциации с кальцитом обнаружена нами в 2004 г. в составе порошковатых выцветов снежно-белого цвета на поверхности скальных обнажений нуммулитовых известняков среднего эоцена на юго-западном склоне горы Таш-Джарган (окрестности сел Левадки и Чистенькое, к юго-западу от Симферополя); предполагается её инсоляционный генезис.

На наш взгляд, представляет определенный интерес и находка монтмориллонита в гротах, сформированных в органогенно-обломочных известняках дата (нижний палеоцен) массива Качи-Кальон. Образование самих гротов связывается с гипогенным спелеогенезом, экспонированные формы которого ныне перерабатываются процессами выветривания и антропогенной деятельностью (Климчук и др., 2013).

Монтмориллонит $(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ является одним из самых распространенных слоистых силикатов с тетраэдрическими катионами, лежащими в каждой сетке на одном уровне. Монтмориллонит является важнейшим минералом многих морских и континентальных осадочных пород (глины, мергели, эвапориты и др.), почв (выщелоченные и среднегумусные чернозёмы и каштановые почвы, образующиеся на изверженных горных породах), продуктов выветривания алюмосиликатов основных изверженных пород в условиях щелочной среды (коры выветривания диабазов, базальтов, габбро, перидотитов) и др. (Минералы..., 1992).

Образование монтмориллонита может происходить в результате гидротермального изменения пород, подводного преобразования вулканических пеплов, туфов, осадочных отложений, раскристаллизации коллоидно-дисперсных продуктов выветривания. Для его возникновения особенно благоприятны низкие и средние температуры, щелочная (минимальное значение pH для его образования составляет 7,5) или нейтральная среда, богатая основаниями, особенно магнием, при отсутствии заметных количеств калия.

МОНТМОРИЛЛОНИТ В КРЫМУ

В некоторых геологических образования Крыма монтмориллонит является весьма распространенным минералом и указывается очень многими авторами. Ниже приводится краткая сводка находок монтмориллонита в Крыму с указанием литературных источников (выборочно).

Как эпимагматический минерал монтмориллонит отмечен в трассах г. Святой на Карадаге (Макаров, Супрычев, 1963 и др.), где минерал развивается в результате гидротермального изменения вулканического стекла и литокластов в туфобрекчиях палеолипаритов. В породах таврической серии Горного Крыма он устанавливается рентгенометрически в незначительных количествах (Карпова, 1960). Он найден в пелитовой составляющей верхнеюрских известняков Горного Крыма (Задорожная, 1971), отмечен как второстепенный минерал бокситов Басман-Керменского проявления и карбонатных глин титона, перекрывающих титонские известняки района бокситопроявления (Добровольская, Сапронова, 1966).

Монтмориллонит обычен в составе глинистых апт-альбских, глинисто-карбонатных сантон-кампанских, маастрихтских и карбонатных сеноман-туронских пород Юго-Западного Крыма (Алексеев и др., 1997; Григорчук и др., 1997; Джайакришнан и др., 1995 и др.). По данным рентгенофазового анализа, его содержание в тонкодисперсной фракции глин составляет от 5% (глины апта гор Сельбухра и Белая) до 100% (в кировых глинах сантона - кампана оврага Аксу-Дере).

В глинах эоцена (Вознесенский и др., 1997 и др.) содержание монтмориллонита в глинистой фракции составляет от 5% (глины инкерманского яруса окрест. с. Скалистое) до 73% (глины бахчисарайской свиты г. Сувлу-Кая)

В неогеновых отложениях, как преобладающий аутигенный минерал, монтмориллонит отмечен в глинах майкопской серии, мэотиса, понта и киммерия, в гальках глин из железных руд и сопочных брекчий Керченского п-ова (Грязевой вулканизм..., 1971). В самих сопочных брекчиях монтмориллонит развит незначительно, иногда его содержание достигает 10%. Здесь является, вероятно, аллотигенным минералом, унаследованным от майкопских глин.

Известен монтмориллонит в сарматских отложениях Крыма. Так, он установлен в окрестностях Севастополя, мыса Фиолент и в окрестностях с. Некрасовка (бывш. Голюмбей; Мурзаев, 1931 и др.), на мысе Тарханкут (Обручев, 1921 и др.). Устанавливается рентгенографически в составе сарматских доломитов и трепельных глин Керченского п-ова (Седлецкий, 1971).

Монтмориллонит отмечен в железорудных отложениях киммерия Керченского п-ова – в составе тонкодисперсной фракции железных руд (Минералогия железорудной формации..., 1960 и др.); в составе над-, меж- и подрудных киммерийских бентонитовых глин (Гусев и др., 1969 и др.). Здесь минерал представлен железистой разновидностью – $(\text{Al}_{1,33}\text{Fe}^{2+}_{0,79}\text{Mg}_{0,23})\text{OH}_{2,00}[\text{Si}_{3,24}\text{Al}_{0,76}\text{O}_{10}] \cdot 7,55\text{H}_2\text{O}$.

Монтмориллонит преобладает в составе отложений таврской свиты Альминской впадины

(Лебедев, Сизова, 1966). Он преобладает в составе дисперсной части плейстоценовых лёссово-почвенных образований Керченского п-ова (Передерий, 1984). Монтмориллонит составляет 1-15% глинистой фракции делювиальных глин четвертичного покрова Юго-Западного Крыма (Вознесенский и др., 1997). Отмечен в коре выветривания вулканических пород окрестностей мыса Феолент (Полканов, Добровольская, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Описываемый образец с монтмориллонитом взят в гроте Белоголовых Сипов, заложенном в толще верхнедатских известняков, в верхней части куэстового обрыва в массиве Качи-Кальон (рис. 1 А). Значительная относительная высота входа (20 м от кромки обрыва и около 60 м от подножия массива) сделали грот недоступным для древнего человека.

Грот представляет собой вскрытую процессами отступания обрыва уплощенную камеру значительных размеров (поперечный размер до 20 м, высота до 7 м) с наклонным полом. Особенности внутренней морфологии грота, представленные сферическим потолочным куполом и мелкой кавернозностью, а также наличие петрографически измененной пристеночной зоны и тафониоподобных образований, характерны

для карстовых полостей гипогенного происхождения Внутренней гряды (Климчук и др., 2013). Как показано в упомянутой работе, такие камеры обрамляют крупные карстовые каналы-«рифты», проводившие восходящий поток флюидов от глубоких частей разреза, а при раскрытии карстовых рифтов геоморфологическими процессами экспонируются в виде гротов в стенках обрывов. Грот имеет уклон пола в 30-40° в сторону обрыва, что относит его к категории наклонных камер, образованных по боковым наклонным трещинам, оперяющим линейные зоны тектонических нарушений, по которым осуществлялось гипогенное закарстование, а впоследствии - формирование обрывов на фронте куэсты.

Почти по всей поверхности стен, пола и свода грота развиты тафони и каверны разных размеров, в настоящее время разрушаемые процессами выветривания. На этих поверхностях зафиксированы отдельные небольшие участки с налетом розового цвета (рис. 2).

Для минералогического изучения был предоставлен образец 2-BS-Kachi (рис. 3) – фрагмент (3,5x2,0x1,5 см) светло-серого мелкозернистого органогенно-обломочного известняка с обильной

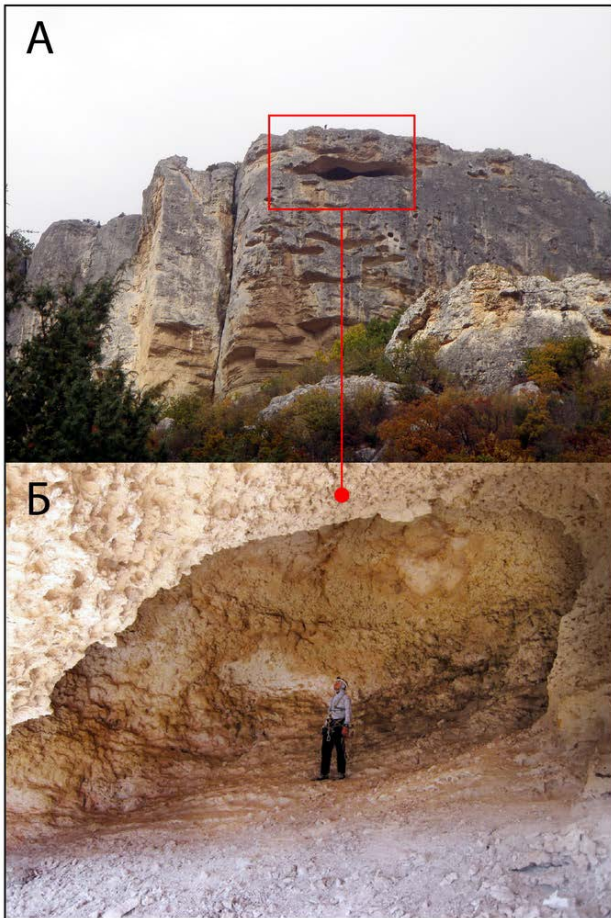


Рис. 1. Расположение грота Белоголовых Сипов в обрыве массива Качи-Кальон (А) и его внутренняя морфология (Б) (для масштаба см. фигуру человека на вершине массива и внутри грота).



Рис. 2. Участки налета розового цвета в гроте Белоголовых Сипов.



Рис. 3. Образец 2-BS-Kachi.

Таблица 1.

Диффрактограмма розового минерала из обр. 2-BS-Kachi

Розовый минерал Качи-Кальон		Гипс, № 490 Михеев, 1957		На-монтмориллонит Минералы, 1992	
d [Å]	I/I ₀	d [Å]	I/I ₀	d [Å]	I/I ₀
12,40	10	-	-	12,35	10
4,93	5,5	-	-	4,88	3
4,44	8	-	-	4,44	7
4,24	8	4,35	8	-	-
3,77	3	3,815	5	-	-
3,19	10	-	-	-	-
3,05	10	3,074	10	3,09	3ш
2,85	6	2,895	7	2,817	2
2,67	6	2,690	8	2,695	1
2,58	6	2,608	2	2,567	6
2,48	5	2,494	1	2,470	3
2,21	5	2,213	6	2,236	1
-	-	2,145	1	-	-
-	-	-	-	2,065	1
1,892	6	1,890	9	-	-
1,803	4,5	1,807	8	-	-
1,774	4,5	1,774	8	-	-
1,666	4	1,659	2	1,692	3
1,617	3	1,616	5	1,646	3
-	-	-	-	1,595	1
1,529	5	1,526	4	1,493	8
1,434	1,5	1,433	3	-	-
1,364	5	1,362	7	-	-
1,330	5	1,338	6	-	-
1,286	3,5	-	-	1,291	3
1,274	3	1,275	5	1,278	2
1,246	3,5	1,246	6	1,244	-
1,201	3	1,231	6	-	-
1,175	1,5	1,174	3	-	-
1,151	1,5	1,156	3	-	-
1,139	3	1,139	7	-	-
-	-	1,121	1	-	-
1,087	5	1,085	7	-	-

* 3,19 (10) – линия, вероятно, принадлежит галиту.

присыпкой на поверхности и в кавернах светлорозового порошкового минерала, который по данным минералогических исследований оказался смесью монтмориллонита, гипса и, предположительно, галита.

Съемка диффрактограмм проводилась в Крымском отделении Украинского государственного геологоразведочного института (КО УкрГГРИ, Симферополь). Условия съемки диффрактограмм: ДРОН-2, Си-излучение, 30 кВ, 20 мА, Д 200 имп/сек, V-2 град/мин., аналитик – В.С. Ягулов.

Повторное рентгеновское изучение минерала после т.н. «литиевого теста» (Минералы, 1992) показало, что величина линии d_{001} (12,40) исходного образца изменилась очень слабо, т.е. минерал является не набухающим (в отличие от бейделлита), что подтверждает монтмориллонитовую природу минерала.

Определение качественного химического состава минералов проводилось в аналитической лаборатории ИГЕМ РАН (Москва). Условия анализа: сканирующий электронный микроскоп CamScan-4D с энергодисперсионным спектрометром LINK и управляющей системой ISIS. Режим съемки - ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда $3 \cdot 10^{-9}$ А, анализ - качественный, препарат - зерна, приклеенные на проводящую углеродную ленту, аналитик – П.М. Карташов (канд. геол.-мин. наук).

Данные качественного микрозондового анализа розового минерала приведены на рис. 4.

На рисунке видно, что в спектре присутствуют линии минералообразующих элементов монтмориллонита – кальция, алюминия, магния и кремния. Также в розовом минеральном агрегате присутствуют гипс (линии кальция и серы), небольшая

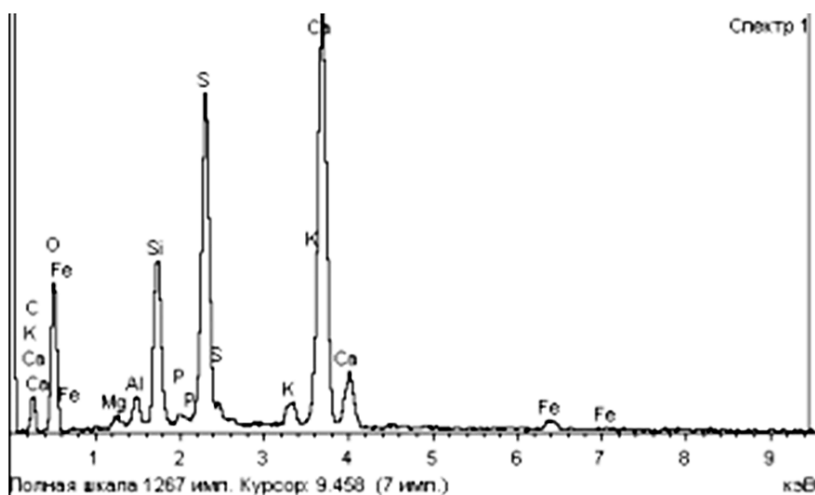


Рис. 4. Энергодисперсионный спектр розового минерала.

примесь минерала группы апатита (линия фосфора) и гидроокислов (?) железа; линии последних двух минералов не проявились на рентгенограмме в силу их, вероятно, очень незначительного количества.

Выводы

Условия образования монтмориллонита в искусственных средах хорошо изучены. Установлено, что он возникает в процессе старения смеси гелей кремнезема и глинозема в присутствии ионов щелочей, щелочных земель и OH при определенной их концентрации, а именно при молекулярных соотношениях $RO:Al_2O_3:SiO_2 = 0.2:1:4$. При более низких концентрациях щелочей и щелочных земель появляется также каолинит, а при ничтожном их содержании образуется только каолинит. Количество монтмориллонита возрастает с увеличением концентрации в растворе ионов OH (т. е. при увеличении щелочности) и повышенной концентрации $Mg(OH)_2$. В присутствии ионов Mg допустимо в растворе относительно высокое содержание ионов $(SO_4)^{2-}$ и Cl^- даже в таких количествах, что реакция оказывается кислой.

На наш взгляд, образование монтмориллонита в гротах Качи-Кальона может быть результатом взаимодействия восходящих щелочных водных (карстообразующих) растворов с, возможно, пелитовой составляющей палеоценовых известняков. Источником магния могли быть доломитизированные разности известняков.

Известно, что доломитизация широко развита в известняках палеоцена юго-западной части Предгорного Крыма (Шехоткин, 1973, 1982). Доломит установлен почти по всему разрезу сенон-палеоценовых отложений Крыма (Шехоткин, 1973, 1982). Содержание доломита варьирует от единичных кристаллов до нескольких % в известняках кампана, маастрихта и мергелях качинского яруса, достигая 10% в алевритовых известняках и известковистых глауконитовых алевролитах пограничной дат-маастрихтской толщи и 20% и более в средней части

пористых мшанковых, криноидно-мшанковых, серпулово-мшанковых известняков датского яруса и в прослоях криноидно-мшанковых известняков среди полидетритовых известняков верхов датского яруса юго-западного Крыма. Распределен доломит в породах крайне неравномерно, встречается в виде отдельных кристаллов и их скоплений. Обогащенные доломитом участки крайне не выдержаны по мощности и простиранию и не превышают нескольких метров. Доломит является позднедиагенетическим минералом, образовавшимся в результате замещения карбонатного материала осадков. Источником магния предполагаются остатки породообразующих организмов – домики кольчатых червей (9,2 – 10,8% MgO), мшанки (5,15 – 5,0% MgO), панцири морских ежей (1,2 – 3,6% MgO), фрагменты стеблей морских лилий (0,42 – 2,2% MgO).

Отмечено также, что доломитизация увеличивает неоднородность, пористость и проницаемость известняков, что, вероятно, также способствует развитию здесь гипогенного карста.

Вероятно, более ранний по времени образования монтмориллонит, обогащается более поздним инсоляционным гипсом в смеси с галитом. Инсоляционный гипс известен в зонах развития «экзотических» форм рельефа южных склонов массивов Бакла, Эски-Кермен, Тепе-Кермен, Чуфут-Кале и др. районов Предгорного Крыма.

ЛИТЕРАТУРА:

- Алексеев А.С., Венгерцев В.С., Копаевич Л.Ф., Кузьмичева Т.А. Литология и микропалеонтология пограничных отложений сеномана-турона Юго-Западного Крыма // Очерки геологии Крыма. – 1997. – вып.1. – С. 54-73.
- Вознесенский Е.А., Самарин Е.Н., Шешина А.Б. Инженерно-геологические особенности глинистых пород междуречья Качи-Бодрака // Очерки геологии Крыма. – 1997. – вып.1. – С. 97 – 119.
- Григорчук К.Г., Гнідець В.П. Крейдовий седиментогенез у Чорноморсько-Кримському епіпелагічному басейні // Доповіді НАН України. – 1997. – №7. – С. 130-133.
- Гусев В.В., Болдырев А.И., Калинина Ю.М. Исследование киммерийских глин Керченского полуострова методом инфракрасной спектроскопии (Камыш-Бурунская мульда) // Докл. АН СССР. 1969. – т.186. - №1. – С. 181-184.
- Грязевой вулканизм и рудообразование / Шнюков Е.Ф., Науменко П.И., Лебедев Ю.С., Усенко В.П., Гордиевич В.А., Юханов И.С., Щирица А.С. – Киев: Наукова думка, 1971. – 332 с.
- Двойченко П.А. Минералы Крыма // Записки Крымского ОЕ. – Симферополь, 1914. – т.4. – 208 с.
- Джайакришнан Д.С., Плюснина И.И., Копаевич Л.Ф. Исследование известняков юго-западного Крыма методом ИК-спектроскопии // Вестник МГУ. Сер. геол. – 1995.- №4. – С. 57-66.

- Добровольская Т.И., Сапронова З.Д. О железистых бокситах Горного Крыма // Тезисы докл. 3-й научно-техн. конф. по изучению керченских и других осадочных железных руд УССР. – Киев: Наукова думка, 1966. – С. 64-66.
- Задорожная Л.П. Петрографо-минералогическая характеристика карстующихся карбонатных пород верхней юры юго-западной части Горного Крыма // Вопросы геологии и инженерной геологии Украины. – 1971. – вып.3.
- Карпова Г.В. Особенности глинистых пород таврического флиша Крыма // Докл. АН СССР. – 1960. – т. 135. - №3. – С. 709-712.
- Климчук А.Б., Тимохина Е.И., Амеличев Г.Н., Дублянский Ю.В., Шпетль К. Гипогенный карст Предгорного Крыма и его геоморфологическая роль. – Симферополь: ДИАИПИ, 2013, 204 с.
- Кондараки В. Универсальное описание Крыма. – т. III. – М.: 1883. - 117 с.
- Лебедев Ю.С., Сизова Р.Г. О минеральном составе красноцветных отложений Альминской впадины // Тезисы докл. 3-й научн.-техн. конф. по изучению Керченских и других осадочных железных руд УССР. – К.: «Наукова думка», 1966. – С. 60-63.
- Макаров Н.Н., Супрычев В.А. Об эпимагматическом монтмориллоните из туфобрекчий плеолипарита на Карадаге (Крым) // Докл. АН СССР. – 1963. – т. 151. – С. 181-184.
- Минералогия железорудной формации Керченского бассейна / Ю.Ю. Юрк, Е.Ф. Шнюков, Ю.С. Лебедев, О.Н. Кириченко. – Симферополь: Крымиздат, 1960. – 450 с.
- Минералы (Справочник). – т. IV. – вып.2 (Слоистые силикаты (смектиты, хлориты, смешаннослойные). Слоистые силикаты со сложными тетраэдрическими радикалами). – М.: «Наука», 1992. – 662 с.
- Мурзаев П.М. Месторождение килоподобных глин в третичных отложениях Крыма // Изв. ВГРО. – 1931. – т.50. – вып.72. – С. 1131-1140.
- Обручев В.А. Ископаемые богатства Крыма // Горный журнал. – 1921. - №1-2 (7-8). – С. 108-113.
- Озерский А. О местонахождении добываемой селитры // Журнал мануфактуры и торговли. – СПб., 1854. – С. 320-336.
- Паллас П.С. Краткое физическое и топографическое описание Таврической области. – Рига и СПб, 1795.
- Передерий В.И. Минералогический состав плейстоценовых образований Керченского полуострова в связи с палеогеографическими условиями образования // Общая и регион. палеогеография. – Киев, 1984. – С. 89-94.
- Петрунь В.Ф., Белокрыс Л.С. Морфология и генезис розетковидных агрегатов селитры из Горного Крыма // Онтогенетические методы изучения минералов. – М.: Наука, 1969. – С. 139-146.
- Полканов Ю.А., Добровольская Т.И., Воротилов Н.А. Рудоносность палеовулкана Фиолент // Труды Международных конференций. Часть I. «Эффузивно-осадочный литогенез и рудогенез», Симферополь-Судак, 23-28 сентября 2002 г. – Симферополь, 2004. – С. 68-73.
- Попов С.П. Минералогия Крыма. – М.Л.: изд. АН СССР, 1938. – 352 с.
- Седлецкий И.Д. О минералогии керченского диатомита // Изв. вузов. Геол. и разв. – 1971. - № 11. – С. 147-148.
- Супрычев В.А., Шутов Ю.И. О калиевой селитре Горного Крыма // Вопросы минералогии осадочных образований. - Кн.7. – Львов: Львов. ун-т, 1966. – с. 202-204.
- Тищенко А.И. Минералогические памятники природы Крыма // Минералог. сб. (Львов. ун-т). – 2002. - № 52. – вып.1. – С. 36-45.
- Ферсман А.Е. Геохимический очерк Крыма. – Избр. труды, т. V. – изд. АН СССР. - М., 1959. – С. 707-740.
- Шехоткин В.В. О доломитизации в известняках датского яруса Горного Крыма // Докл. АН СССР. – 1973. – т. 211. - № 5. – С. 1187-1189.
- Шехоткин В.В. Доломитизация и раздоломичивание в сенон-палеоценовых породах Крыма // Литология и полезные ископаемые. – 1982. - № 2. – С. 118-123.