



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-1-67-76>
УДК 553.5(64)



ЮВЕЛИРНЫЕ СЕПТАРИИ МАРОККО. ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА

Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Септарии — известково-глинистые конкреции с прожилками кальцита, широко используются в качестве ювелирно-поделочного материала. На мировом и российском рынках ювелирно-поделочных камней представлены септарии из Марокко, которые остаются геммологически и минералогически не изученными. В статье впервые приводятся геммологические характеристики и минеральный состав септарий Марокко, условия их образования.

Цель — определение геммологических характеристик и минерального состава, условий образования септарий из Марокко, сравнение с септариями других регионов мира.

Материалы и методы. Автором изучен ассортимент септарий Марокко, представленный на международных и российских выставках, собрана коллекция (15 образцов), отражающая основные декоративные разновидности. Комплекс исследований включал определение микротвердости, плотности, люминесценции (10 образцов), оптико-петрографический анализ (4 шлифа), количественное определение минерального и химического состава (2 пробы), электронно-зондовые исследования (2 образца).

Результаты. Септарии состоят (мас. %): кварц — 38, гётит — 16, хлорит (шамозит) — 28, каолинит — 6, сидерит — 5, доломит — 4, кальцит — 1, пирит, цеолит, апатит, гидрослюда менее 1. Установлены дисперсные включения лейкоксена, барита, микроклина. Прожилки септарий выполнены преимущественно доломитом, кварцем, хлоритом с включениями сидерита, кальцита и пирита. Из элементов-примесей фиксируются в интервале 0,01—0,05 мас. %: Zn, Sr, Ba; в интервале 0,001—0,01 мас. %: Cr, V, Ni, Cu, Rb, Zr, Y, Pb. Минеральный состав септарий Марокко существенно отличается от септарий других регионов мира, в которых определяющую роль играет кальцит.

Заключение. Септарии Марокко небольшого размера (от 2 до 6 см) используются в качестве интерьерных образцов и кабошонов для ювелирных изделий. Впервые установлены минеральный и химический (включая микровключения и элементы-примеси) состав септарий, что позволяет проводить их идентификацию. Минеральный состав септарий связан с региональным низкотемпературным метаморфизмом, изменившим первоначальный преимущественно кальцитовый состав.

Ключевые слова: ювелирное сырье, септарии, метаморфизм, Марокко

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Петроченков Д.А. Ювелирные септарии Марокко. Геммологические характеристики, особенности минерального состава. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(1):67—76. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-1-67-76>

Статья поступила в редакцию 27.12.2022
Принята к публикации 21.02.2023
Опубликована 31.03.2023

JEWELRY MOROCCO SEPTARIA. GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS AND MINERAL COMPOSITION

DMITRY A. PETROCHENKOV

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

ABSTRACT

Background. Septaria, comprising calcareous-clay nodules with calcite veins, are widely used as jewelry and ornamental materials. Septaria from Morocco represented on the world and Russian markets of jewelry and ornamental stones remain gemologically and mineralogically underexplored. In this article, the gemological characteristics and mineral composition of Morocco septaria, as well as the conditions of their formation, are described for the first time.

Aim. To determine the gemological characteristics and mineral composition of Morocco septaria, as well as their formation conditions. To conduct their comparison with septaria from other regions of the world.

Materials and methods. The author studied the assortment of Morocco septaria presented at international and Russian exhibitions. A collection (15 samples) representing the main decorative septarium varieties was compiled. The materials underwent determination of microhardness, density, luminescence (10 samples), optical-petrographic analysis (4 sections), quantitative determination of mineral and chemical composition (2 samples), electron probe studies (2 samples).

Results. The septaria were found to consist of (wt %): quartz — 38, goethite — 16, chlorite (shamosite) — 28, kaolinite — 6, siderite — 5, dolomite — 4, calcite — 1, pyrite, zeolite, apatite, hydrosilicates less than 1. Dispersed inclusions of leucosilite, barite, and microcline were discovered. The septarium veins consisted mainly of dolomite, quartz, chlorite with inclusions of siderite, calcite and pyrite. The Zn, Sr, and Ba impurities ranged within 0.01—0.05 wt %, while Cr, V, Ni, Cu, Rb, Zr, Y, and Pb ranged within 0.001—0.01 wt %. The mineral composition of the studied Morocco septaria was found to differ significantly from that of septaria in other regions of the world, where calcite plays a decisive role.

Conclusion. Morocco septaria of small size (from 2 to 6 cm) are used as interior decorations and jewelry cabochons. The mineral and chemical (including micro-inclusions and impurities) composition of Morocco septaria was established for the first time, which allows their identification. The mineral composition of the septaria under study is associated with the regional low-temperature metamorphism, which altered the original, predominantly calcite composition.

Keywords: jewelry raw materials, septaria, metamorphism, Morocco

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Petrochenkov D.A. Jewelry Morocco septaria. Gemological characteristics and mineral composition. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(1):67—76. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-1-67-76>

Manuscript received 27 December 2022

Accepted 21 February 2023

Published 31 March 2023

Септарии — известково-глинистые конкреции, разбитые внутри трещинами высыхания [3], выполненными минеральным веществом. В последние десятилетия септарии широко используются в качестве ювелирно-поделочного материала [1]. Такие септарии известны на Мадагаскаре [8], а в РФ в Ульяновской области [7], республиках

Дагестан [5] и Адыгея [6] и добываются, как правило, попутно с аммонитами.

Из Марокко на мировом рынке ювелирно-поделочных камней, включая российский, широко представлены аммониты верхнедевонского и среднеюрского возраста [4, 9—13], а в последний период стали поступать и септарии. Марокканские

септарии используются в ювелирных изделиях и в качестве декоративных спиллов в интерьере (рис. 1А, В).

Септарии добываются в северной части Марокко в районе городов Уджа и Надор и, предположительно, связаны с отложениями апта нижнего мела. В регионе отложения представлены чередованием глин и алевролитов, пестроцветных глин и доломитов мощностью 120—130 м [14]. Регион слабо изучен, и в литературе о местах добычи септарий, а также их минералогии информация отсутствует. В данной статье впервые по результатам детальных исследований приводятся минеральный состав и геммологические характеристики септарий из Марокко.

Материалы и методы

Автором изучен ассортимент септарий Марокко, а также изделий из них, представленный на международных и российских выставках; собрана коллекция (15 образцов), отражающая основные декоративные разновидности. Септарии распиливались, полировались. Из них были изготовлены вставки для ювелирных изделий и сами изделия. По декоративным и технологическим характеристикам были отобраны характерные образцы септарий, которые были детально изучены. Комплекс исследований септарий ювелирного качества проведен в лабораториях МГРИ, ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ИГЕМ» РАН. Он включал определение плотности, микротвердости, люминесценции (10 образцов), оптико-петрографический анализ (4 шлифа), количественное определение минерального и химического состава (2 пробы), электронно-зондовые исследования (2 образца).

Количественное определение химического состава септарий выполнено методом рентгеновского

флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический и минералогический анализ выполнен с использованием микроскопов «Полам Р-112» и «Leika DMRX». Микротвердость определялась на микротвердометре «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и выдержкой 15 сек. Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G 150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с $\lambda = 254$ и 365 нм. Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на дифрактометре «X'Pert PRO MPD». Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии.

Результаты

По данным РКФА септарии состоят (мас.%): кварц — 38, гётит — 16, хлорит (шамозит) — 28, каолинит — 6, сидерит — 5, доломит — 4, кальцит — 1, пирит, цеолит, апатит, гидрослюда менее 1. Минеральный состав существенно отличается от изученных ранее септарий [5—8]. В септариях Марокко практически отсутствует кальцит — основной минерал септарий других объектов, при высоких содержаниях гётита, хлорита, каолинита, сидерита и доломита. По минеральному составу марокканские септарии можно отнести к хлорит-гётит-кварцевому алевролиту.

В химическом составе септарий (табл. 1) отметим низкие содержания S, указывающие

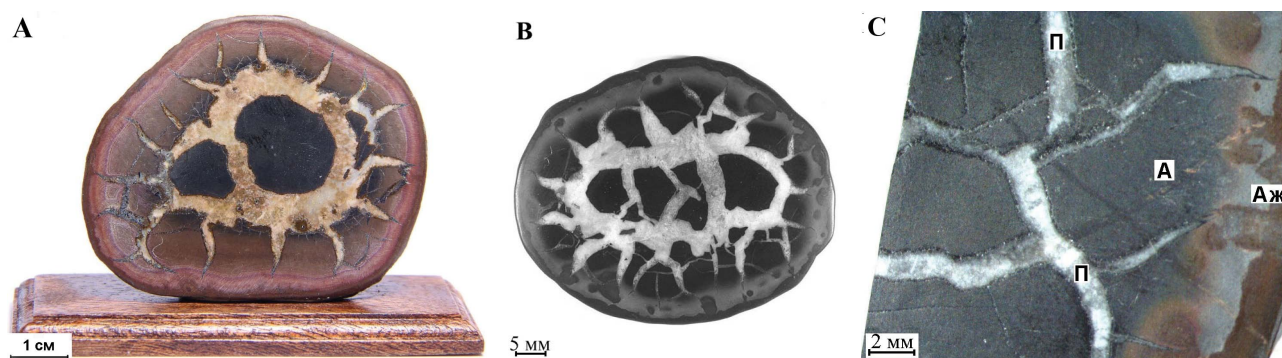


Рис. 1. Декоративный спил (А), кабошон (В) и фрагмент детализации (С) септарии. П — прожилки полиминерального состава. А — алевролит не измененный. Аж — алевролит ожелезненный

Fig. 1. Decorative cut (A), cabochon (B) and detail fragment (C) of the septarium. П — veins of polymineral composition. А — siltstone unchanged. Аж — siltstone ironized

Таблица 1. Химический состав септарий по данным РФА
Table 1. Chemical composition of septaries according to the x-ray phase analysis data

Содержание компонента, мас. %											
Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	ППП*
0,26	1,98	7,50	50,22	0,47	3,58	0,28	0,48	30,92	0,73	0,05	3,11

Примечание: * ППП — потери при прокаливании.

Note: ППП — loss on ignition.

Таблица 2. Содержание элементов-примесей в септариях по данным РФА
Table 2. The content of impurity-elements in the septaries according to the x-ray phase analysis data

Содержание элемента, мг/кг ($\times 10^{-4}$ мас. %)													
Cr	V	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	U	Th	Y	Pb	As
50	27	91	34	420	24	113	75	165	<5	<5	61	33	<10

на незначительное присутствие пирита, повышенные содержания P₂O₅ связаны с апатитом и TiO₂ — с минералами титана. Из элементов-примесей фиксируются в интервале 0,01—0,05 мас. %: Zn, Sr, Ba; в интервале 0,001—0,01 мас. %: Cr, V, Ni, Cu, Rb, Zr, Y, Pb (табл. 2). Отметим низкие содержания радиоактивных и канцерогенных элементов.

Размер септарий преимущественно от 2 до 6 см, что позволяет использовать в ювелирных изделиях их полный срез (рис. 1А, В). Септарии — плотная порода, трудно раскалывающаяся, с раковистым изломом. Цветовая гамма септарий находится в широком диапазоне (рис. 1). Прожилки от белого до коричневатого цвета. Их ширина от нитевидных до 6 мм. Количество прожилков в септариях существенно меняется, а их рисунок не повторяется. Основной объем прожилков непрозрачен, тонкие и окончания крупных — полупрозрачны, бесцветны. Как правило, крупные прожилки белого цвета имеют по контактам прерывистый тонкий, около 0,1 мм, более светлый слой (рис. 1С). Прожилки белого цвета, плотные, с небольшим количеством мелких пор, коричневатые-белые, насыщены порами и пустотами выщелачивания, что указывает на их неустойчивость. В прожилках наблюдается редкая вкрапленность кристалликов пирита, кубического габитуса размером до 1 мм. Часть кристаллов пирита замещена гётитом с сохранением исходной формы.

Основная часть породы септарий равномерно тонкозернистая, черного, серого, серо-коричневого, красновато-коричневого цвета, текстура массивная (рис. 1С). Черный цвет характерен для центральных частей септарий, коричневый — для периферийных. Красновато-коричневые цвета проявлены в виде пятен по периферии септарий. Текстура септарий зонально-концентрическая.

Белые прожилки сложного рисунка эффектно выглядят на черном фоне с коричневым обрамлением.

Микротвердость септарий (кг/мм²): прожилков — 193, основной породы черного цвета — 289, а красновато-коричневой — 178. Плотность изменяется от 2,80 до 3,04 г/см³. Люминесценция не проявлена. Основное количество септарий хорошо полируется до стеклянного блеска с ровной поверхностью.

В прозрачных шлифах (рис. 2В) и ОРЭ (рис. 3А) отчетливо проявлена зональность прожилков. Их центральные части выполнены доломитом. Кристаллы изометричной формы размером 0,01—0,15 мм. Характерны блоки размером до 0,6 мм с близкой ориентировкой кристаллов. При выклинивании прожилка уменьшается и размер кристаллов.

В прожилке установлено выделение доломита с четким прямоугольным контуром более светлого серого цвета в ОРЭ, размером 280 мкм (рис. 3А). Выделение содержит микропоры и включения кальцита. В выделении доломита фиксируются пониженные содержания Mg и повышены Mn. Можно предположить, что данное выделение представляет псевдоморфозу доломита по более раннему кальциту, что подтверждается его присутствием в виде включений размером до 20 мкм. Включения кальцита изометричной формы со сложным, часто нечетким контуром. Аналогичные включения фиксируются и в других частях септарии в ассоциации с хлоритом, кварцем и пиритом (рис. 3В).

Краевые зоны прожилков шириной около 0,15 мм выполнены хлоритом. Контакты с доломитом неровные зубчатые, с алевролитом более четкие, мелкозубчатые (рис. 2В, 3А, В). Тонкие и выклинивающиеся части более крупных прожилков выполнены только хлоритом. Размер

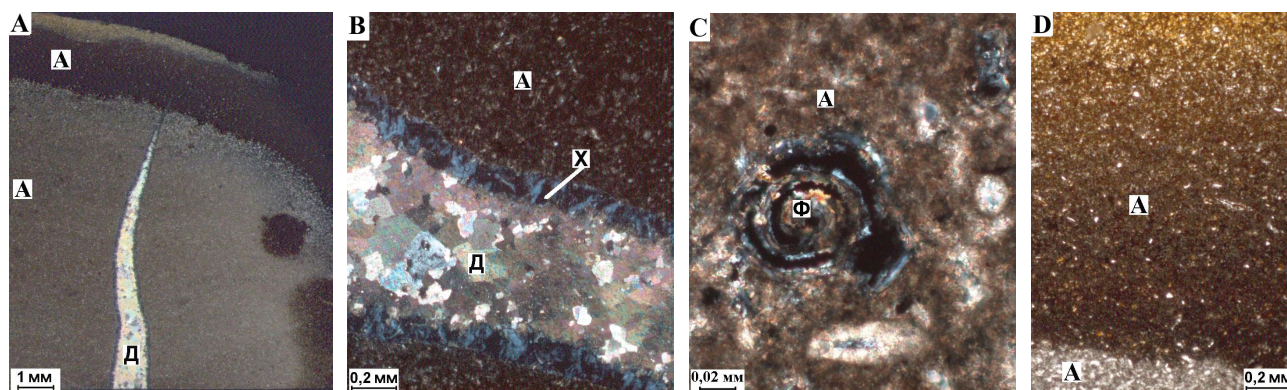


Рис. 2. Прозрачные шлифы септарии. С анализатором — A—C, без — D. A — прожилки в зональном алевролите; B — структура доломит-хлоритового прожилка; C — центральные светло-коричневые участки септарии; D — краевые зоны септарии. Д — доломит, X — хлорит, А — алевролит, Ф — минерализованная раковина фоссилии

Fig. 2. Transparent thin sections of septarium. With analyzer — A — C, without — D. A — veins in zonal siltstone; B — structure of dolomite-chlorite vein; C — central light brown areas of septaria; D — marginal zones of septaria. Д — dolomite, X — chlorite, A — siltstone, Ф — mineralized shell of fossil

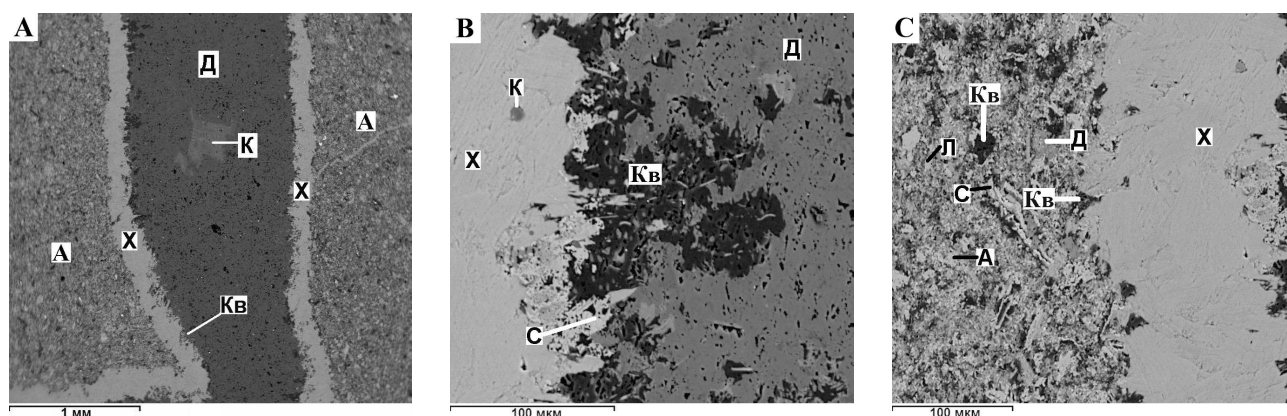


Рис. 3. Зональный прожилок в септарии (А); зальбанд (В) и зона контакта прожилка с алевролитом (С). Микроскоп, ОРЭ. Д — доломит, К — кальцит, X — хлорит, Кв — кварц, А — алевролит, С — сидерит, Ап — апатит, Л — лейкоксен

Fig. 3. The zonal vein in the septarium (A); the selvage (B) and the contact zone of the vein with siltstone (C). Microprobe, BSE. Д — dolomite, К — calcite, X — chlorite, Кв — quartz, А — siltstone, С — siderite, Ап — apatite, Л — leucocoxene

кристаллов тонкодисперсный. В ОРЭ хлорит выделяется на фоне доломита светло-серой окраской. На одних участках хлорит образует однородную сплошную массу, на других присутствует в виде микронной вкрапленности.

В прожилках септарии на контакте хлорита и доломита присутствуют кварц и сидерит (3В). Отдельные выделения кварца от 5 до 50 мкм. На многих участках они образуют протяженные полупрозрачные зоны. Контакты кварца с доломитом и хлоритом неровные, сложной формы. Наблюдаются многочисленные включения этих минералов и в кварце, что указывает на его более позднее образование. Выделения сидерита размером

1—15 мкм, более крупные имеют сложный, неровный контур.

Основная часть септарии образована тонкодисперсным полиминеральным агрегатом с микролепидогранобластовой структурой. Краевые части шириной 2 мм темного цвета (рис. 2А, D) с узкой более светлой зоной шириной около 0,4 мм. Центральные части септарии более светлые (рис. 2А, С). В тонкодисперсном агрегате присутствуют более крупные светлые включения изометричной и удлиненной формы размером от 0,01 до 0,08 мм по удлинению. Такие включения неоднородны и состоят из более мелких кристаллов (рис. 2С). В алевролите

встречаются мелкие минерализованные раковины фосфоритов размером 0,06 мм (рис. 2С). Темные зоны септарии в большей степени насыщены гётитом, который и определяет их цвет. Темные фрагменты округлой формы размером около 1 мм присутствуют и в более светлой внутренней части септарии (рис. 2А).

Центральная неизменная часть септарии образована тонкодисперсными выделениями кварца, хлорита, каолинита, сидерита с включениями гётита, апатита, пирита, лейкоксена (рис. 3С, 4). Кварц широко представлен в септарии (рис. 4). Он присутствует в виде включений изометричной формы со сложными неровными контурами, размером от 1 до 30 мкм. Кварц образует тесные сростания с хлоритом, сидеритом, гётитом, апатитом. Наряду с кристаллическим, присутствуют выделения и не раскристаллизованный кварц. Сидерит присутствует также в виде мелких — 1—15 мкм включений в центральных частях септарии в сростании с хлоритом, кварцем, гётитом (рис. 4). Сидерит не фиксируется в периферийных зонах конкреции с повышенным содержанием гётита.

Апатит присутствует в небольшом количестве в виде дисперсных включений размером 3—10 мкм (рис. 3С) в тесном сростании с хлоритом. В септарии присутствуют редкие включения лейкоксена, связанные с исходным терригенным морским осадком. Размер зафиксированных включений 5—10 мкм (рис. 3С).

В заметных количествах в септарии присутствуют включения пирита (рис. 4В, С) в ассоциации с доломитом, кварцем, хлоритом, сидеритом, гётитом. Пирит фиксируется как в прожилках, так и в основной породе септарии. Размер

выделений — от микронных до 100 мкм. Дисперсные выделения пирита имеют глобулярную форму, более крупные приобретают кубический габитус (рис. 4В). Как правило, пирит присутствует в виде скоплений отдельных кристаллов. Пирит неустойчив и замещается гётитом в зоне окисления. Поэтому в периферийных измененных частях септарии он редок. Наблюдается разрушение относительно крупных, около 120 мкм, кристаллов пирита с образованием хлорита в ассоциации с кварцем и сидеритом (рис. 4С). С другой стороны, идет образование скоплений размером до 10 мкм, состоящих из микронных и менее глобулярных кристаллов пирита, связанных с жизнедеятельностью бактерий. Включения гётита в неизменных частях септарий немногочисленны, имеют дисперсную размерность и развиваются преимущественно по пириту.

Внешняя измененная зона септарии состоит из дисперсных сростаний кальцита, хлорита, кварца, гётита (рис. 5). В этой зоне также зафиксированы включения пирита, барита, апатита, микроклина, цеолитов. Выделения кальцита, хлорита, кварца, апатита, аналогичны неизменной части септарии. Включения пирита немногочисленны, имеют дисперсную размерность. Выделения гётита в периферийной зоне септарии многочисленны и фиксируются в тесном сростании с хлоритом, кварцем. Гётит замещает пирит, сидерит, хлорит и определяет коричневые цвета септарии.

Зафиксированы единичные выделения барита размером 1—10 мкм в ассоциации с хлоритом, кальцитом и кварцем (рис. 5В). В единичном случае зафиксирован микроклин размером около 10 мкм в ассоциации с хлоритом, гётитом, кварцем

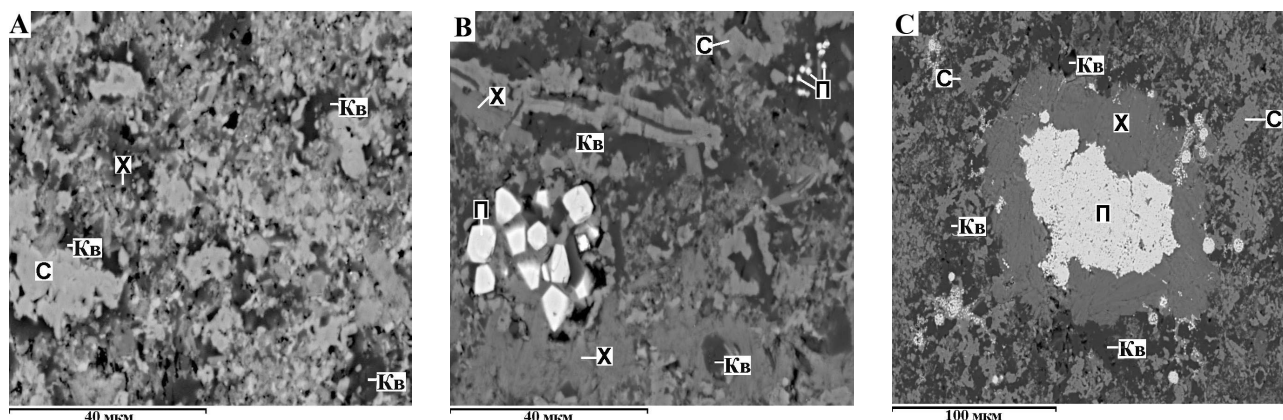


Рис. 4. Слабоизмененный алевролит центральной части септарии с включениями пирита (П), сидерита (С), хлорита (Х), кварца (Кв) (А-С). Микрозонд, ОПЭ

Fig. 4. Slightly altered siltstone of the central part of the septarium, with inclusions of pyrite (П), siderite (С), chlorite (Х), quartz (Кв) (А-С). Microprobe, BSE

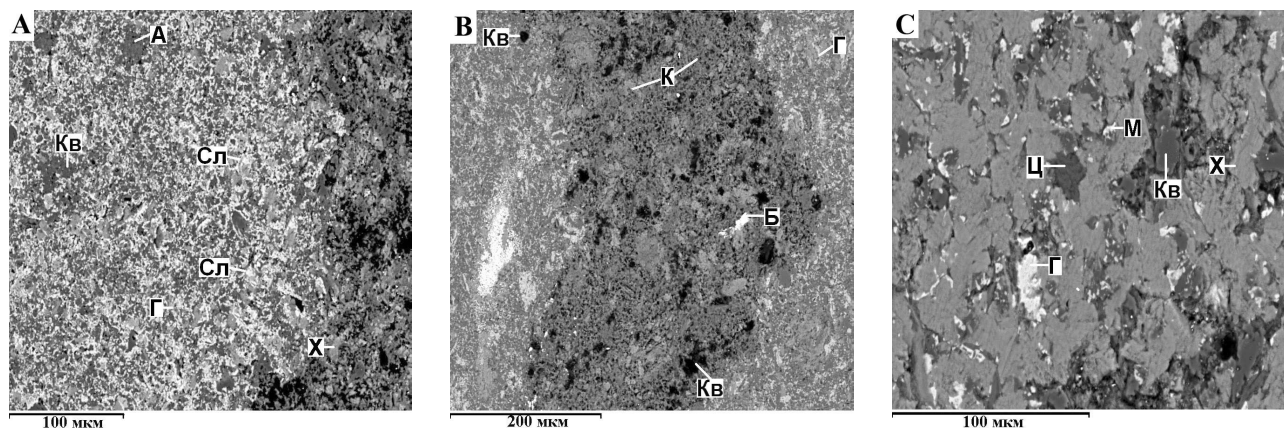


Рис. 5. Сильно ожелезненный алевролит периферийных частей септарии (А—С). Микрозонд, ОРЭ. Х — хлорит, Г — гётит, С — сидерит, Кв — кварц. А — апатит, К — кальцит, М — микроклин, П — пирит, Б — барит, Сл — гидрослюда, Ц — цеолит

Fig. 5. Highly calcified siltstone of the peripheral parts of the septarium (A — C). Microprobe, BSE. X — chlorite, Г — goethite, С — siderite, Кв — quartz. А — apatite, К — calcite, М — microcline, П — pyrite, Б — barite, Сл — hydrosilude, Ц — zeolite

(рис. 5С). По данным РКФА, в септарии присутствуют следы цеолитов и гидрослюда. Цеолит зафиксирован во внешней зоне септарии в ассоциации с хлоритом, гётитом, кварцем (рис. 5С). Выделение цеолита изометричной формы размером около 12 мкм подвергается коррозии. Гидрослюды зафиксированы в ассоциации с кварцем, гётитом, хлоритом (рис. 5А). Размер выделения около 5 мкм.

Изучение химического состава минералов, образующих септарию, по данным РСМА, позволило сделать следующие выводы. Доломит содержит в среднем (мас.%): Mg — 6,69, Mn — 1,84, Fe — 8,08, Ca — 19,92 и O — 15,96 при больших колебаниях значений. В отдельных спектрах фиксируются содержания (мас.%): Na — до 0,24, Si — до 7,97, Al — до 0,21, P — до 1,17 и Sr — до 0,17. Значительное количество элементов и колебание их содержаний связано с попаданием в спектры различных минералов, установленных в септарии. Характерной особенностью доломита в септарии Марокко являются высокие содержания железа.

Из элементов-примесей в кальците фиксируются в среднем (мас.%): Mg — 0,34, Mn — 2,89, Fe — 2,26. В отдельных спектрах фиксируются содержания (мас.%): Al — до 0,91, Si — до 17,02, P — до 0,20, S — до 0,48, K — до 0,15 и Na — до 0,20. Существенно колеблются и содержания Ca и O. Значительные колебания содержаний и присутствие большого числа нехарактерных элементов связаны с микровключениями хлорита, кварца, пирита, апатита. По химическому составу кальцит, расположенный в прожилках и остальной части септарии, близок.

Хлорит относится к железистой разновидности — шамозиту. Основные элементы, присутствующие во всех спектрах (мас.%): Mg — от 2,20 до 5,34, Al — от 0,54 до 16,06, Si — от 6,86 до 25,01, Fe — от 13,52 до 28,19 и O — от 22,52 до 43,34. В ряде спектров фиксируется содержание (мас.%): Na — до 0,34, K — до 0,32, Mn — до 1,56, Ca — до 16,81, а также P — до 1,02, Ti — до 0,61, Sr — до 0,52, S — до 1,06, Zn — до 0,26, Ba — до 0,27. Повышенное содержание Ca связано с доломитом и кальцитом, P — с апатитом, Si — с кварцем, S и Fe — с пиритом, Fe — с сидеритом, Ba — с баритом, Ti — с лейкоксенном, также установленными в септарии. Шамозит относится к низкотемпературным минералам и образуется в обстановке низкого окислительно-восстановительного потенциала, ассоциирует с сидеритом и сульфидами железа [2]. Значительная часть шамозита замещена каолинитом, составляющим, по данным РКФА, 6 мас.%.

В сидерите фиксируются устойчивые содержания в среднем (мас. %): Mg — 4,11, Mn — 1,83, Ca — 1,29, Fe — 33,71 и O — 16,37. В отдельных спектрах фиксируются также содержания (мас.%): Si — до 12,98, Na — до 0,66, P — до 0,28, Sr — 0,23, Al — до 0,94, K — до 0,52, Ti — до 0,16, Zn — до 0,19, V — до 0,13. Элементный состав спектров указывает на тесное срастание сидерита с кварцем, хлоритом, гётитом. Присутствуют микровключения апатита, лейкоксена.

В гётите содержания Fe изменяются от 39,91 до 53,70 мас.%, O — от 17,93 до 26,28 мас.%, что связано с попаданием в спектр кварца, хлорита

и ряда других минералов. На это указывает присутствие в спектрах содержаний (мас.%): Mg — до 3,28, Ca — до 1,58, Mn — до 2,07, Al — до 6,71, Si — до 9,18, P — до 0,28, K — до 0,56, Na — до 0,55, Ti — до 0,43, Zn — до 0,23, Ni — до 0,15, Sr — до 0,08 и S — до 0,09. По данным РКФА, гидроксиды железа кристаллические.

Из элементов-примесей в пирите в отдельных спектрах фиксируются содержания (мас.%): As — до 0,49, Ni — до 0,16. В спектрах присутствуют также содержания (мас.%): Al — до 7,50, Si — до 6,91, Mg — до 2,20, P — до 0,13, K — до 0,11, Ca — до 0,35, O — до 46,84, что указывает на срастание пирита с хлоритом, кварцем, доломитом, сидеритом и, возможно, апатитом. Наряду с высокими содержаниями P, Ca, O, в апатите фиксируются и высокие содержания Mg, Si, Mn и Fe, и повышенные Na, K, связанные с микровключениями хлорита. По данным РСМА, апатит относится к гидроксипатиту.

На тесное срастание кварца с другими минералами указывают содержания (мас.%): Na — до 0,98, K — до 1,30, Mg — до 1,21, Al — до 4,15, P — до 2,11, S — до 0,09, Ca — до 6,81, Mn — до 0,28 и Fe — до 9,07. В гидрослюде помимо высоких содержаний (мас.%): Al — 13,12, Si — 19,85, O — 38,79 фиксируются содержания Mg — 0,85, K — 8,04, Ca — 0,08, Ti — 0,19, Fe — 7,34 и Ba — 0,36, что позволяет отнести ее к железистой разновидности — глаукониту, характерному минералу морского осадка. Он является типичным седиментогенным минералом мелководных бассейнов, образующимся при незначительном изменении окислительно-восстановительного потенциала в мобильных водах [2].

В лейкоксене, помимо высоких содержаний Ti и O, фиксируются содержания (мас.%): Mg — до 0,13, Al — до 1,78, Si — до 2,50, K — до 0,08, Ca — до 0,62, V — до 0,48 и Fe — до 1,16, что связано с попаданием в спектр хлорита, кварца. В выделении микроклина фиксируются, помимо высоких

содержаний (мас.%): Al — 18,05, Si — 23,04, K — 8,20 и O — 45,55, повышенные Fe — 2,35, Na — 0,36, Mg — 0,86, Ti — 0,32 и Ba — 0,43. В барите, помимо высоких содержаний (мас.%): S — 13,80, Ba — 43,78 и O — 31,54, фиксируются повышенные Sr — 5,47, Fe — 3,48, а также Mg — 0,29, Al — 0,03, Si — 0,77, Ca — 0,44, указывающие на тесное срастание с кальцитом, хлоритом и кварцем. В цеолите фиксируются содержания (мас.%): высокие Al — 20,30, Si — 23,12, O — 46,47, повышенные Na — 3,08, K — 1,93, Fe — 1,65 и низкие Mg — 0,21.

Заключение

Септарии Марокко содержат прожилки, vyplненные преимущественно доломитом, кварцем, хлоритом с включениями сидерита, кальцита и пирита. Основная порода состоит из кварца, хлорита, каолинита, гётита, кальцита, сидерита с включениями апатита, гидрослюд, микроклина, цеолитов, пирита, лейкоксена, барита дисперсной размерности. По минеральному составу септарии можно отнести к хлорит-гётит-кварцевому алевролиту с микролепидогранобластовой структурой. Их минеральный состав существенно отличается от септарий других регионов мира и связан с региональным низкотемпературным метаморфизмом, в результате которого образовались хлорит, кварц, доломит и цеолиты. Эти минералы частично заместили кальцит, образованный на первом этапе формирования конкреций. В экзогенный этап при выводе септарий в приповерхностные горизонты образовались каолинит и гётит.

По декоративным и технологическим характеристикам септарии Марокко востребованы на мировом рынке в качестве небольших интерьерных образцов и вставок для ювелирных изделий. Небольшие размеры септарий не позволяют использовать их для изготовления сувенирной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буканов В.В. Цветные камни. Энциклопедия. СПб., 2008. 416 с.
2. Костов Г.Н. Минералогия. М.: Мир, 1970. 584 с.
3. Левинсон-Лессинг Ф.Ю., Струве Э.А. Петрографический словарь. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 447 с.
4. Петроченков Д.А. Особенности обработки верхнедевонских ювелирно-поделочных аммонитов Марокко // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 2. С. 34—41.
5. Петроченков Д.А., Барабошкин Е.Ю., Быстров И.Г. Ювелирно-поделочные септарии Республики Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 1. С. 79—87.
6. Петроченков Д.А. Минеральный состав и геммологические характеристики ювелирно-поделочных септарий Республики Адыгея // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 3. С. 107—114.

7. Петроченков Д.А. Геммологические характеристики ювелирно-поделочных септарий Ульяновской области // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2019. № 2. С. 21—27.
8. Петроченков Д.А. Аммониты и септарии месторождения Ататао. Мадагаскар. Методы добычи, геммологические характеристики // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 3. С. 142—150, 162, 163.
9. Bockwinkel J., Becker R.T., Ebbighausen V. Upper Givetian ammonoids from Dar Kaoua (Tafilalt, SE Anti-Atlas, Morocco) // Berliner paläobiologische Abhandlungen. 2009. Vol. 11. P. 61—128.
10. Bockwinkel J., Becker R.T., Ebbighausen V. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, southern Morocco) // Fossil Record. 2013. Vol. 16(1). P. 5—65.
11. Bourillot R., Neige P., Pierre A., Durlet C. Early-Middle Jurassic Lytoceratid ammonites with constrictions from Morocco: palaeobiogeographical and evolutionary implications // Paleontology. 2008. Vol. 51. Part 3. P. 597—609.
12. Ebbighausen V., Becker R.T., Bockwinkel J. Morphometric analyses and taxonomy of oxyconic Goniatites (Paratornoceratinae n. subfam.) from the Early Famennian of the Tafilalt (Anti-Atlas, Morocco) // Abhandlungen Der Geologischen Bundesanstalt. 2002. Vol. 57. P. 167—180.
13. Hammichi F., Benshili K., Elmi S. Toarcian-Aalenian ammonite faunas of the south-western Middle Atlas (Morocco). Les faunes d'Ammonites du Toarcien-Aalénien du Moyen Atlas sud-occidental (Maroc) // Revue de Paléobiologie, Genève. 2008. Vol. 27(2). P. 429—447.
14. Rey J., Canerot J., Peybernes B. Lithostratigraphy, biostratigraphy and sedimentary dynamics of the Lower Cretaceous deposits on the northern side of the western High Atlas (Morocco) // Cretaceous Research. 1988. Vol. 9. P. 141—158.

REFERENCES

1. Bukanov V.V. Colored stones. Encyclopedia. St. Petersburg, 2008. 416 p. (In Russian).
2. Kostrov G.N. Mineralogy. Moscow: Mir, 1970. 584 p. (In Russian).
3. Levinson-Lessing F.Yu., Struve E.A. Petrographic dictionary. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1963. 447 p. (In Russian).
4. Petrochenkov D.A. Features of mining of Upper Devonian jewelry and ornamental ammonites of Morocco // Mining information and analytical bulletin. 2018. Vol. 2. P. 34—41 (In Russian).
5. Petrochenkov D.A., Baraboshkin E.Yu., Bystrov I.G. Jewelry and ornamental septaries of the Republic of Dagestan // Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 79—87 (In Russian).
6. Petrochenkov D.A. Mineral composition and gemological characteristics of jewelry and ornamental septaries of the Republic of Adygea // Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences. 2018. Vol. 12. No. 3. P. 107—114 (In Russian).
7. Petrochenkov D.A. Gemological characteristics of jewelry and ornamental septaries of the Ulyanovsk region // Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2019. No. 2. P. 21—27 (In Russian).
8. Petrochenkov D.A. Ammonites and septaries of the Atatao deposit. Madagascar. Mining methods, gemological characteristics // Mining information and analytical bulletin. 2019. No. 3. P. 142—150, 162, 163 (In Russian).
9. Bockwinkel J., Becker R. T., Ebbighausen V. Upper Givetian ammonoids from Dar Kaoua (Tafilalt, SE Anti-Atlas, Morocco) // Berliner paläobiologische Abhandlungen. 2009. Vol. 11. P. 61—128.
10. Bockwinkel J., Becker R.T., Ebbighausen V. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, southern Morocco) // Fossil Record. 2013. Vol. 16(1). P. 5—65.
11. Bourillot R., Neige P., Pierre A., Durlet C. Early-Middle Jurassic Lytoceratid ammonites with constrictions from Morocco: palaeobiogeographical and evolutionary implications // Paleontology. 2008. Vol. 51. Part 3. P. 597—609.
12. Ebbighausen V., Becker R.T., Bockwinkel J. Morphometric analyses and taxonomy of oxyconic Goniatites (Paratornoceratinae n. subfam.) from the Early Famennian of the Tafilalt (Anti-Atlas, Morocco) // Abhandlungen Der Geologischen Bundesanstalt. 2002. Vol. 57. P. 167—180.
13. Hammichi F., Benshili K., Elmi S. Toarcian-Aalenian ammonite faunas of the south-western Middle Atlas (Morocco). Les faunes d'Ammonites du Toarcien-Aalénien du Moyen Atlas sud-occidental (Maroc) // Revue de Paléobiologie, Genève. 2008. Vol. 27(2). P. 429—447.
14. Rey J., Canerot J., Peybernes B. Lithostratigraphy, biostratigraphy and sedimentary dynamics of the Lower Cretaceous deposits on the northern side of the western High Atlas (Morocco) // Cretaceous Research. 1988. Vol. 9. P. 141—158.

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Петроченков Д.А. — внес вклад в разработку концепции статьи, подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Dmitry A. Petrochenkov — contributed to the development of the concept of the article, prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Петроченков Дмитрий Александрович — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой «Минералогия и геммология» ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: p-d-a@mail.ru
SPIN-код: 7283-0347

Dmitry A. Petrochenkov — Cand. of Sci. (Geol. and Mineral.), Assoc. Prof., Director of the Department Mineralogy and Gemology of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: p-d-a@mail.ru
SPIN-code: 7283-0347