

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ
MINERALOGY, PETROGRAPHY, LITHOLOGY

УДК 553.5:549 (470.42)

ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЮВЕЛИРНО-ПОДЕЛОЧНЫХ
СЕПТАРИЙ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ

*ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: p-d-a@mail.ru.*

Септарии Ульяновской области — высококачественный ювелирно-поделочный материал. Они связаны с отложениями нижнего мела и добываются в береговых обрывах и зоне пляжа р. Волга. Септарии состоят преимущественно из кальцита (89 мас. %). В небольшом количестве присутствуют алюмосиликаты, кварц, пирит, гематит, органическое вещество. В прожилках кальцита электронно-микроскопическими исследованиями установлены микровключения графита, золота, слоистых алюмосиликатов, вернадита, магнетита и бактерии, импрегнированные оксидами железа. Кальцитовые прожилки септарий имеют широкий диапазон жёлто-оранжевых цветовых оттенков и текстур. На окраску кальцита оказывает влияние примеси Fe и Mn. Содержания радиоактивных и канцерогенных элементов близко к фоновым.

Ключевые слова: ювелирно-поделочные материалы; септарии; кальцит; нижнемеловые отложения; Ульяновская область.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-2-21-27

GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS OF JEWELRY-ORNAMENTAL SEPTARIA
OF THE ULYANOVSK REGION

D.A. PETROCHENKOV

*Russian state geological prospecting university
23, Miklukho-Maklay's str., Moscow 117997, Russia
e-mail: p-d-a@mail.ru*

Septaria of the Ulyanovsk region are high-quality jewelry and ornamental material. Septaria are associated with lower Cretaceous sediments and are located in the coastal cliffs and the beach area of the Volga river. Septaria consist mainly of calcite — 89 wt. %. Aluminosilicates, quartz, pyrite, ferric oxide, organic matter are present in small amounts. In the streaks of calcite the presence of the microinclusions of graphite, gold, layered aluminosilicates, verнадite, magnetite, and bacteria impregnated with iron oxide, has been established by electron microscopic analysis. Calcite streaks of the septaria have a wide range of colors and textures. The color of calcite is influenced by the admixture of Fe and Mn. The contents of radioactive and carcinogenic elements are close to the background.

Keywords: jewelry and ornamental material; septaria; calcite; lower Cretaceous sediments; Ulyanovsk region.

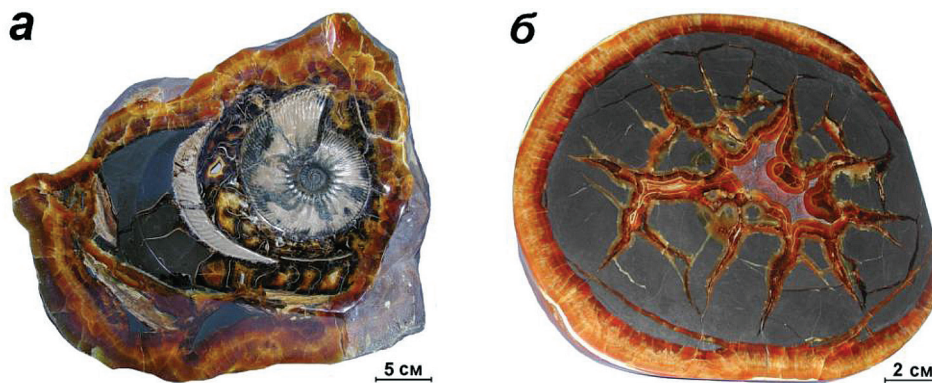


Рис. 1. Септарии, содержащие аммонит (а) и радиально-концентрические прожилки кальцита (б)

Септарии известково-глинистые конкреции с трещинами высыхания (уплотнения), выполненные кальцитом [4]. Септарии в последние десятилетия широко используются для изготовления разнообразной сувенирной продукции, а также в ювелирных изделиях [2]. Привлекательность изделий из септарий обусловлена разнообразием рисунков и широкой цветовой гаммой прожилок кальцита, а также хорошими технологическими характеристиками. Часто в септариях присутствуют различные виды палеофауны, повышающие коммерческую стоимость септарий (рис. 1, а). Септарии ювелирно-поделочного качества известны в Республиках Дагестан [7], Адыгея и в Ульяновской области [6]. В статье впервые детально охарактеризованы геммологические характеристики, минеральный и химический составы септарий Ульяновской области.

Методы исследования

Комплекс исследований аммонитов ювелирно-поделочного качества проведён на кафедре минералогии и геммологии МГРИ, в ФГБУ «ВИМС», ИГЕМ РАН. Он включал определение микротвёрдости, плотности, люминесцентных свойств, минерального и химического составов, электронно-зондовые, оптико-петрографические, электронно-микроскопические исследования.

Количественное определение химического состава септарий выполнено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический и минералогический анализы выполнены с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвёрдость измерена на микротвердомере «ПМТ-3» с нагрузкой 50 г, выдержкой 15 с. Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G 150D». Люминесценция изучена под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с λ 254 и 365 нм. Минеральный состав установлен рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на установке «X'Pert PRO MPD». Электронно-зондо-

вые 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. Электронно-микроскопические исследования проведены на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) «Tesla BS-540». Минеральные фазы диагностировались методом микродифракции (МДК).

Результаты исследований

Септарии встречаются в отложениях верхнего гошерица и апта и распределены относительно равномерно [1, 3]. Септарии, представляющие ювелирно-поделочный интерес, составляют до 50 % общего числа конкреций, а с высокой декоративностью — несколько процентов. При размыве глинистых отложений происходит концентрация септарий в зоне пляжа, где их и собирают. Ежегодные объёмы септарий, поступающих в зону пляжа, несколько десятков тонн, что позволяет обеспечить работу крупного камнеперерабатывающего предприятия.

Септарии имеют округлую или овальную форму. Их размер может изменяться от нескольких сантиметров до 1,5 м. Ширина кальцитовых прожилок в септарии колеблется от нескольких миллиметров до 10 см и более. Рисунок прожилок очень разнообразен и обладает высокой декоративностью. Характерной чертой кальцитовых прожилок является их симметричное строение и чёткие ровные контакты с мергелем. В центральной части крупных жил часто образуются жеоды (рис. 1, б).

По данным РКФА септарии состоят (мас. %): кальцит 89, кварц 5,5, иллит 2, плагиоклаз 3; присутствуют пирит, гематит, гранат, глауконит, каолинит, рентгеноаморфная фаза (РАФ). Кальцитовые прожилки преимущественно мономинеральные. В отдельных образцах присутствуют пирит, а также следы доломита и РАФ, связанной с органическим веществом. Из элементов-примесей с содержанием более 0,01 мас. % фиксируется только

Таблица 1

Содержание элементов-примесей в септарии по данным РФА

Номер образца	Содержание элемента, мг/кг ($n \cdot 10^{-4}$ мас. %)															
	Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	U	Th	Y	Nb	Pb	As
Ус-5	16	11	<10	19	<10	13	22	515	16	68	<5	<5	7	6	<10	<10

Sr 0,0525. Содержания Cr, V, Ni, Zn, Rb, Zr и Ba не превышают 0,007 мас. %. Отметим низкие, близкие к фоновым, содержания радиоактивных U, Th и канцерогенных Pb, As элементов (табл. 1).

Кальцитовые прожилки имеют широкий диапазон цветовых оттенков и текстур (рис. 2). Наиболее часто встречаются сочетания оранжевого, желтовато-оранжевого, жёлтого, красновато-оранжевого цветов различной насыщенности. Иногда наблюдаются зеленоватые оттенки. Переходы цветовых зон могут быть как постепенные, так и контрастные. Кальцитовые прожилки полупрозрачные, что создает объёмное восприятие рисунка камня.

Следующим по распространенности цветом является коричневый, различных оттенков и насыщенности. Зоны такой окраски, как правило, расположены в зальбандах прожилков и имеют чёткие границы со светлоокрашенным кальцитом. Зоны коричневой окраски менее прозрачные. Тёмноокрашенные участки непрозрачные или просвечивают в тонких слоях (рис. 2, а, б).

Характерны непрозрачные белые, желтовато-белые прожилки шириной от 1 до 5 мм. Они могут занимать как центральное, так и периферийное положение. В последнем случае они, как правило, следуют за коричнево-окрашенными зонами или образуют с ними последовательное чередование (рис. 2, а). Непрозрачный кальцит белого цвета может выполнять прожилки септарий полностью. Часто он сочетается с бесцветным прозрачным кальцитом и мергелем светло-серого цвета.

Для кальцитовых прожилков септарий в первую очередь типична полосчатая текстура, образованная чередованием разноокрашенных слоев. Другие виды текстур наблюдаются в отдельных участ-

ках прожилков. Из них можно выделить массивную, сферолитовую и блочно-мозаичную (рис. 2).

Кальцитовые прожилки плотные, разламываются с трудом. Излом раковистый, плотность светло-жёлтых полупрозрачных слоёв составляет 2,65–2,7 г/см³, для тёмно-коричневых непрозрачных — 2,7–2,75 г/см³. Последнее объясняется включениями пирита.

Микротвёрдость кальцита септарий колеблется в диапазоне от 179 до 357 кг/мм² и существенно изменяется как для различных зон, так и в пределах одной зоны. Люминесценция зелёного иногда голубого цвета наблюдается при λ 254 нм для непрозрачного и просвечивающего кальцита коричневого цвета, а также для желтовато-белых непрозрачных прожилков. При λ 365 нм свечение усиливается.

В кальцитовых прожилках часто наблюдаются мелкие кристаллики пирита. Иногда они образуют тонкие 0,1–0,5 мм, в редких случаях до 1–2 мм прожилки, обычно расположенные на границе с мергелем или тёмно- и светлоокрашенных зон кальцита. Пирит имеет изометричную форму в виде кубов или пентагондодекаэдров. Размер кристаллов составляет, как правило, десятые доли миллиметра и в редких случаях достигает 1–2 мм (рис. 2, б). Иногда пирит можно наблюдать в виде рассеянной микрокристаллической (0,01–0,03 мм) вкрапленности. На полированных поверхностях пирит имеет сильный металлический блеск. Плотность пиритовых агрегатов составляет 4,8–5 г/см³. Микротвёрдость колеблется в пределах 1180–1250 кг/мм².

Мергель септарий плотный, разламывается с трудом, излом раковистый. Цвет обычно от тёмно-серого до чёрного, иногда светло-серый (рис. 1, 2, б). Плотность мергеля 2,5–2,6 г/см³. Микротвёр-

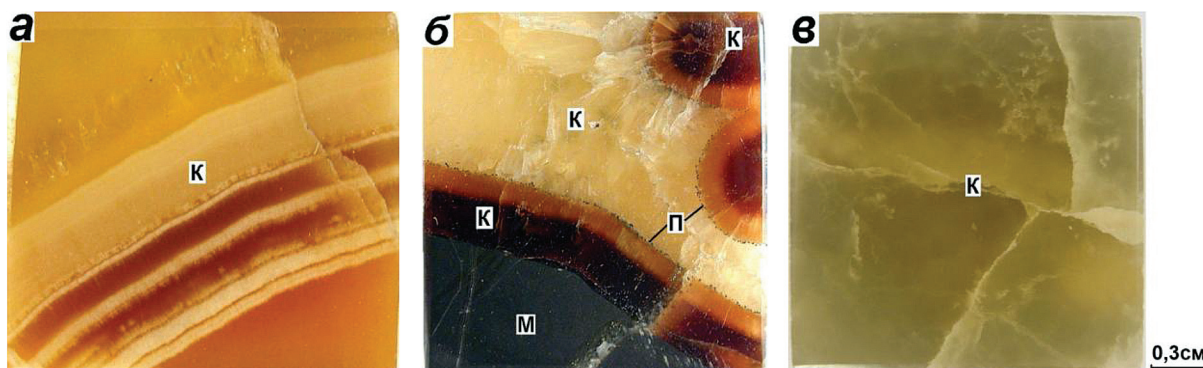


Рис. 2. Характерные текстуры септарий. а — полосчатая; б — сочетание сферолитовой, полосчатой и массивной; в — блочно-мозаичная. К — кальцит, М — мергель, П — пирит

дость — колеблется от 148 до 174 кг/мм², в среднем 157 кг/мм². Мергель не люминесцирует. Наблюдается зелёное свечение кальцита, выполняющего трещины. Септарии хорошо полируются до стеклянного блеска с ровной поверхностью.

Изучение прозрачных шлифов и электронно-зондовые исследования позволили выявить типичные структурные особенности текстурных и цветовых разновидностей септарий. Небольшие прожилки состоят из двух симметричных по размеру и строению слоёв удлинённых призматических кристаллов. Размер кристаллов колеблется от 0,1 до 0,5 мм по длинной оси, ориентированных перпендикулярно стенке прожилка. Кристаллы имеют неровную поверхность срастания и разноориентированы. Контакт с мергелем ровный, чёткий (рис. 3, а).

Более крупные прожилки септарий выполнены серией кальцитовых слоёв (рис. 2, а). Слои имеют различную окраску и степень прозрачности и хорошо проявлены в шлифе (рис. 3, б–г). К мергелю примыкает с ровным, чётким контактом просвечивающий кальцитовый слой (1) коричневого цвета (рис. 3, б). Слой, шириной около 2 мм, сложен слабоудлинёнными кристаллами сложной формы, размером по длинной оси 0,05–0,1 мм, образующими сноповидные агрегаты с волнистым угасанием. Следующий слой (2) тёмно-коричневого просвечивающего кальцита, шириной около 2 мм, сложен удлинёнными, близкой к призматической форме кристаллами, образующими веерообразные

срастания (рис. 3, в). Для кристаллов характерен одинаковый угол угасания, что указывает на их близкую ориентировку. Далее следует слой (3) непрозрачного желтовато-белого кальцита, шириной около 0,5 мм, с мелкозубчатой, волнистой линией контакта. Слой сложен более мелкими разноориентированными кристаллами с волнистым угасанием (рис. 3, в). Аналогичную структуру имеют и последующие слои 4 и 8.

Желтовато-белые непрозрачные слои (9 и 11) шириной около 0,5 и 0,3 мм с мелкозубчатыми и волнистыми линиями контакта образованы мелкими (0,05–0,1 мм), удлинёнными, разноориентированными кристаллами, образующими ветвеобразные агрегаты. Тонкий прожилок (0,15 мм) желтовато-коричневого просвечивающего кальцита (10) образован более крупными близкоориентированными кристаллами (рис. 3, г). Завершает разрез полупрозрачный желтовато-коричневый слой (12), сложенный призматическими, относительно крупными до 0,3×0,8 мм, параллельно сросшимися кристаллами близкой ориентировки. Характерно образование полисинтетических двойников, размер которых возрастает до 1,5–2 мм.

Мергель имеет полиминеральный состав и пелитовую структуру (рис. 3, а). Отметим присутствие в нём раковин фоссилий, образованных арагонитом (рис. 4, в). Для мергеля типичны равномерно распределённые мелкие (0,01–0,1 мм) кристаллики новообразованного пирита, включения орга-

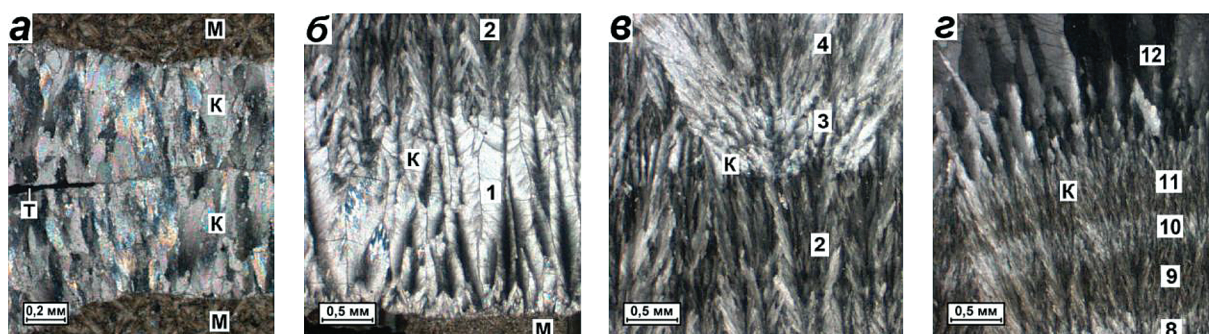


Рис. 3. Прозрачные шлифы: а — небольшого кальцитового прожилка с симметричным строением слоев; б–г — фрагменты крупного прожилка с различной структурой слоев кальцита. С анализатором, К — кальцит, М — мергель, 1–12 — порядковые номера кальцитового слоя

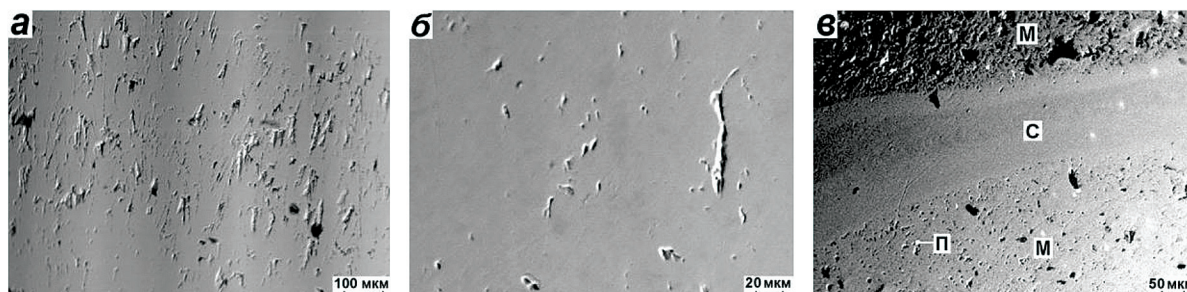


Рис. 4. Слои желтовато-белого непрозрачного (а), желтовато-коричневого полупрозрачного (б) кальцита, мергель (М) и стенки раковины фоссилии (С) (в) в септарии. Микрозонд, ОРЭ, П — пирит

нического вещества и микротрещинки, выполненные тонкодисперсным кальцитом.

В ОРЭ структура кальцитовых слоёв не проявлена. Разноокрашенные слои имеют близкую светло-серую окраску и отличаются числом пор. Пory вытянутой линейной формы, ориентированы перпендикулярно стенке кальцитового прожилка. Непрозрачные слои содержат значительно больше число пор, чем полупрозрачные (рис. 4, а, б). В ОРЭ отчётливо проявлена пелитовая структура мергеля с большим числом мелких пор, редкими включениями пирита размером 5—10 мкм (рис. 4, в). Стенка раковины фосилий (рис. 4, в) характеризуется высокими содержаниями Sr (0,3 мас. %). По этому показателю она может быть отнесена по составу к арагониту.

По данным РСМА в кальците, выполняющем прожилки септарий, из элементов-примесей фиксируются Mg, Mn, Fe (табл. 2). Содержания элементов в отдельных спектрах колеблются в широком диапазоне. По средним значениям можно отметить следующие закономерности. В слоях кальцита коричневой окраски фиксируются относительно низкие содержания, мас. %, Mn 0,15—0,52 и Fe 0,11—0,23. В слоях кальцита жёлтой окраски

возрастают содержания элементов, мас. %: Mn 0,51—0,91 и Fe 1,12—1,81. Кальцит белой окраски характеризуется ещё более высокими содержаниями, мас. %: Mn 1,19 и Fe 2,14. Концентрации Mg в различно окрашенном кальците близки.

Изучение образцов на просвечивающем электронном микроскопе показало, что основная матрица построена из разноразмерных, плотно уложенных один по отношению к другому блоков. При этом кристаллографическая ориентировка их в целом не совпадает (рис. 5, б, а). Такое строение типично при раскристаллизации геля с многочисленными разориентированными в пространстве центрами кристаллизации. В участках с мелкоблочным строением матрицы довольно часто присутствуют слоистые алюмосиликаты размером до 20 мкм (рис. 5, а). Из микровключений были выявлены также пластинчатые выделения золота (3×8 и 2×3 мкм), расположенные на границе разноразмерных блоков (рис. 5, б) и тонкодисперсные частицы графита размером до 7 мкм (рис. 6, а). На другом участке выделена частица графита изометричной формы размером 4 мкм (рис. 6, а). Для перечисленных выделений характерны участки блоков, не подвергавшихся вторичному воздействию. Следовательно,

Таблица 2

Химический состав кальцита в прожилках септарий по данным РСМА

Характеристика кальцита	Содержание элемента, мас. %				
	Mg	Mn	Fe	Ca	O
Тёмно-коричневый, непрозрачный (44)	<u>1,21—2,41</u> 1,61	<u>0,00—0,43</u> 0,15	<u>0,00—0,32</u> 0,12	<u>34,27—37,32</u> 36,11	<u>14,85—16,12</u> 15,86
Коричневый, просвечивающий (12)	<u>1,32—1,64</u> 1,44	<u>0,21—0,82</u> 0,52	<u>0,12—0,34</u> 0,23	<u>34,92—35,44</u> 35,24	<u>14,12—16,10</u> 15,73
Светло-коричневый, просвечивающий (9)	<u>1,12—1,89</u> 1,61	<u>0,11—0,32</u> 0,24	<u>0,00—0,21</u> 0,11	<u>35,82—36,64</u> 35,95	<u>14,64—15,58</u> 15,07
Жёлтый, полупрозрачный (27)	<u>0,89—1,63</u> 1,22	<u>0,36—1,71</u> 0,91	<u>0,51—2,62</u> 1,12	<u>33,61—36,85</u> 35,91	<u>14,95—15,87</u> 15,64
Светло-жёлтый, просвечивающий (14)	<u>0,82—1,63</u> 1,05	<u>0,41—0,73</u> 0,51	<u>1,72—2,04</u> 1,81	<u>34,12—36,12</u> 35,62	<u>14,64—15,89</u> 15,35
Белый непрозрачный (29)	<u>0,85—1,52</u> 1,29	<u>0,46—1,51</u> 1,19	<u>0,58—3,62</u> 2,14	<u>33,61—36,05</u> 34,06	<u>14,12—15,31</u> 14,98

Примечание. Над чертой максимальное и минимальное содержания, под чертой — среднее; в скобках — число спектров.

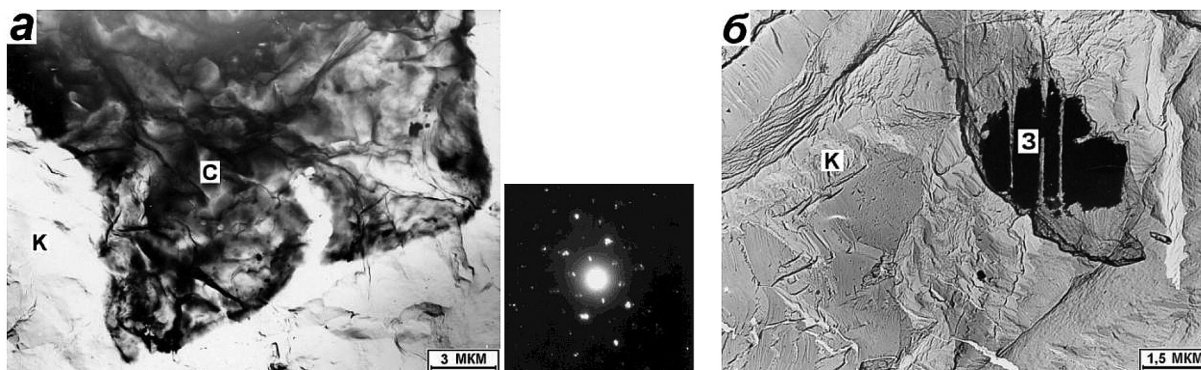


Рис. 5. Матрица кальцита (К), построенная разноразмерными плотно уложенными блоками с микровключениями слоистых алюмосиликатов (С) и их МДК (а); включение золота (З) (б). ПЭМ

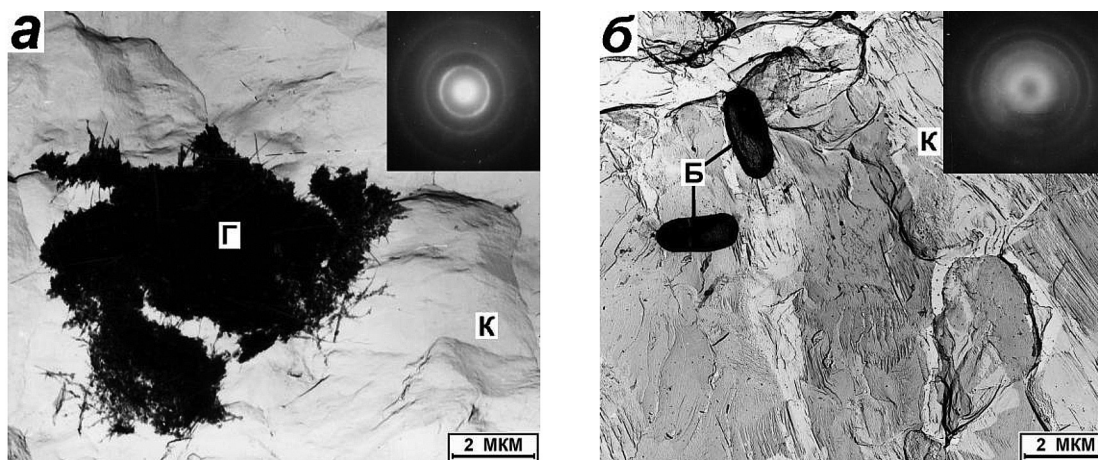


Рис. 6. Тонкодисперсные частицы графита (Г), их МДК (а); бактерии (Б), импрегнированные оксидом железа, их МДК (б) в матрице кальцита (К). ПЭМ

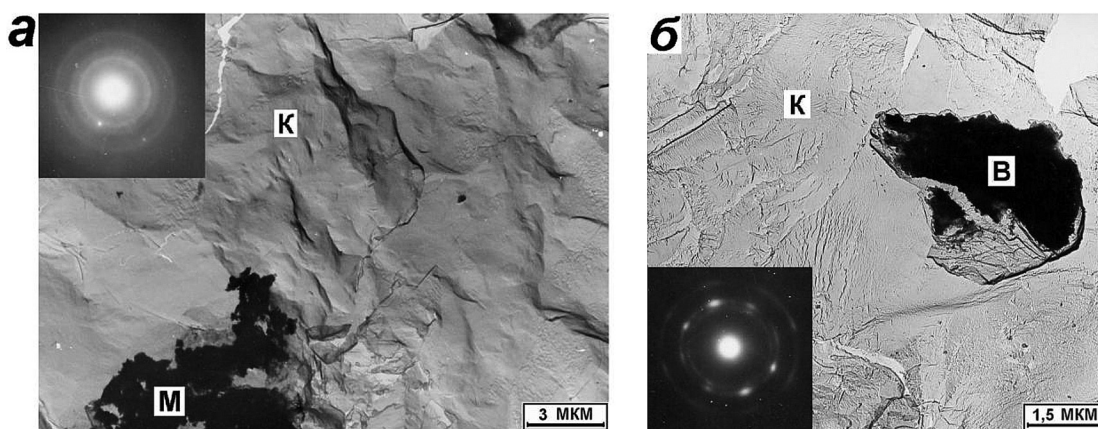


Рис. 7. Частицы магнетита (М), их МДК (а); выделения частиц вернадита (В), их МДК (б) в матрице кальцита (К), ПЭМ

можно предположить, что частицы золота, графита и слоистых алюмосиликатов захвачены гелем изначально.

На участках с неплотной укладкой блоков, с развитием пор, трещинок наблюдаются бактерии, импрегнированные оксидом железа (рис. 6, б). Здесь происходило выщелачивание поверхностного слоя, что могло приводить к появлению новых микрофаз включений. Так, на шероховатой поверхности матрицы кальцита наблюдаются выделения магнетита до 6 мкм с неровными краями (рис. 7, а) и вернадита размером 3×4 мкм (рис. 7, б). При увеличении трещиноватости выделения вернадита становятся значительными. Таким образом, для кальцита септарий характерно однородное строение и небольшое число фаз микропримесей, что существенно отличает его от кальцита в аммонитах [5].

Выводы

Септарии преимущественно состоят из кальцита (89 мас. %). В небольшом количестве присутствуют алюмосиликаты, кварц, пирит, гематит,

органическое вещество. Кальцитовые прожилки септарий обладают широким диапазоном цветовых оттенков текстур. Рост кристаллов кальцита в прожилках происходил из многочисленных центров кристаллизации на стенках трещин и шёл поэтапно, формируя слои различных окрасок и структур. В кальците, не подвергавшемся вторичному воздействию, установлены микрочастицы золота, графита и слоистых алюмосиликатов, захваченных гелем изначально. На участках кальцита с развитием пор и трещинок выявлены новообразованные микровключения вернадита, магнетита, а также бактерии, импрегнированные оксидом железа. Прозрачность кальцитовых прожилков определяется преимущественно размером и разориентированностью кристаллов, числом пор. На окраску кальцита оказывает влияние содержание Fe и Mn. По технологическим и декоративным характеристикам септарии Ульяновской области являются высококачественным ювелирно-поделочным сырьём конкурентным как на российском, так и мировом рынках. Большие объёмы септарий и доступность их добычи позволяют обеспечить работу камнеперерабатывающего предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабошкин Е.Ю. Палеогеография Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления в раннем мелу // Серия аналитических обзоров «Очерки по региональной геологии России». Вып. 1. М.: Геокарт. ГЕОС, 2005. С. 201–232.
2. Буканов В.В. Цветные камни. Геммологический словарь. СПб., 2001. 416 с.
3. Геология СССР. Поволжье и Прикамье. Т. XI. Ч. 1. Геологическое описание / Под ред. А.В. Сидоренко. М.: Недра, 1967. 872 с.
4. Левинсон-Лессинг Ф.Ю., Струве Э.А. Петрографический словарь. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 447 с.
5. Петроченков Д.А., Натариус А.М. Готеривские аммониты Ульяновской области, как поделочно-ювелирный материал // Вестник геммологии. 2005. №1 (12). С. 23–28.
6. Петроченков Д.А. Камнесамоцветное сырьё Ульяновской области // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. № 5. С. 319–323.
7. 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.

REFERENCES

1. Baraboshkin E.Yu. Palaeogeography of the East European Platform and its southern framework in the Early Cretaceous. *A series of analytical reviews «Essays on regional geology of Russia»*. vol. 1, Moscow, Geokart, GEOS Publ., 2005, pp. 201–232. (In Russian).
2. Bukanov V.V. *Colored stones. Gemological dictionary*. Saint Petersburg, 2001, 416 p. (In Russian).
3. *Geology of the USSR. The Volga region and the Kama region. Geological Description*. vol. XI, no. 1, 1967. Edited by Sidorenko A.V. Moscow, Nedra, 872 p. (In Russian).
4. Levinson-Lessing F.Yu., Struve E.A. *Petrographic Dictionary*. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1963, 447 p. (In Russian).
5. Petrochenkov D.A., Natarius A.M. Hauterivian ammonites of the Ulyanovsk region, as jobbing-jewel material. *Gemological Bulletin*, 2005, no. 1 (12), pp. 23–28.
6. Petrochenkov D.A. Colored-stone raw materials from Ulyanovsk region. *Mining informational and analytical bulletin (Scientific and technical journal)*, 2006, vol. 5, pp. 319–323. (In Russian).
7. Petrochenkov D.A., Baraboshkin E.Yu., Bystrov I.G. Jewellery-ornamental septaries, of the Republic of Dagestan. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2018, vol. 12, no. 1, pp. 79–87. (In Russian).

УДК 552.54:552.55:629.55

ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОСАДОЧНОГО ПОРОДООБРАЗОВАНИЯ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК ПОВЕРХНОСТИ

В.Г. КУЗНЕЦОВ

Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина
65, Ленинский проспект, г. Москва 119991, Россия
e-mail: vgkuz@yandex.ru

Рассмотрено распределение в геологическом разрезе двух групп осадочных пород — кремнистых и карбонатных разного состава. Учитывая своеобразные условия формирования различных по вещественному составу пород, реконструированы кислотно-щелочные обстановки внешних геосфер. Показано, что в архее это были кислые среды, в протерозое — щелочные и в фанерозое — слабощелочные. При этом в архее поверхностное выветривание было чисто химическим, добиогенным, что и определило интенсивный вынос железа и кремнезёма из основных магматических пород, покрывавших поверхность ранней Земли. Появление цианобактериальных фотосинтезирующих сообществ, утилизация углекислого газа, привели к смене обстановки на щелочную, что определило накопление магнезитов и доломитов. Разнообразная биота фанерозоя обусловила становление близких к современным значениям величин рН среды. Параллельно с развитием жизни менялись механизмы и формы осаждения карбонатного и кремнистого материала.

Ключевые слова: эволюция; карбонатные и кремнистые породы; геохимическая обстановка; геологическая история.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-2-27-34