



ЮВЕЛИРНО-ПОДЕЛОЧНЫЕ КОНКРЕЦИИ С ФОССИЛИЯМИ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ГЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Д.А. ПЕТРОЧЕНКОВ^{1,*}, Е.Ю. БАРАБОШКИН²

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

² ФГБОУ «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
1, Ленинские горы, г. Москва 119991, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В последние десятилетия в России в качестве ювелирно-поделочного материала, наряду с аммонитами и септариями, используются конкреции с фоссилиями. Эти конкреции характеризуются широким диапазоном размеров, положительными декоративными и технологическими характеристиками, что позволяет изготавливать разнообразный ассортимент интерьерных и ювелирных изделий. Сбор и обработка конкреций с фоссилиями осуществлялись в Ульяновской области. В настоящее время аналогичные конкреции встречаются и в Кабардино-Балкарской Республике, результаты их изучения впервые приводятся в статье.

Цель — установление стратиграфического положения, минерального состава, декоративных и технологических характеристик конкреций с фоссилиями ювелирно-поделочного качества Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы и методы. Авторами были изучены места сбора конкреций с фоссилиями, их стратиграфическое положение, отобраны образцы (15), характеризующие основные декоративные и технологические типы. Из конкреций изготовлены интерьерные и ювелирные изделия, изучены типичные образцы. Комплекс исследований включал определение люминесценции (8 образцов), микротвердости (8 определений), плотности (6 определений), оптико-петрографический анализ (3 шлифа), количественное определение минерального и химического состава (2 пробы), электронно-зондовые исследования (2 образца).

Результаты. Конкреции с фоссилиями коммерческого качества связаны с отложениями нижнего апта и представляют собой плотный мергель с большим количеством раковин преимущественно аммонитов и в меньшей степени двустворок. Их состав (мас.%): кальцит — 64,0, кварц — 18,7, микроклин — 7,4, иллит — 5,6, смектит — 2,7, каолинит — 1,0, стронцианит — 0,5, пирит, апатит, альбит, ильменит, гётит — следы. Из элементов-примесей фиксируются содержание Sr — 0,0402 мас.%.

Заключение. Установлены впервые минеральный и химический (включая микровключения и элементы-примеси) состав конкреций с фоссилиями ювелирно-поделочного качества; факторы, определяющие декоративные и технологические характеристики, показана возможность изготовления широкого ассортимента изделий, включая ювелирные. Сбор конкреций может производиться попутно с аммонитами и септариями в долинах рек без горных выработок, что не требует значительных материальных затрат и не нарушает экологию среды.

Ключевые слова: конкреции, септарии, аммониты, отложения апта, ювелирно-поделочные материалы, Кабардино-Балкарской Республики

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Работа выполнена в рамках тематического госзадания МГУ имени М.В. Ломоносова, с использованием оборудования, приобретенного по Программе развития МГУ имени М.В. Ломоносова.

Для цитирования: Петроченков Д.А., Барабошкин Е.Ю. Ювелирно-поделочные конкреции с фоссилиями Кабардино-Балкарской Республики. Минеральный состав, геммологические характеристики. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(5):59—71. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-59-71>

Статья поступила в редакцию 10.08.23

Принята к публикации 24.10.2023

Опубликована 31.10.2023

* Автор, ответственный за переписку

JEWELRY AND ORNAMENTAL CONCRETIONS WITH FOSSILS OF THE REPUBLIC OF KABARDINO-BALKARIA. MINERAL COMPOSITION, GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS

DMITRY A. PETROCHENKOV^{1,*}, EVGENY YU. BARABOSHKIN²

¹ *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

² *Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia*

ABSTRACT

Background. Along with ammonites and septaries, concretions with fossils are increasingly being used as jewelry and ornamental materials in Russia. Such concretions are characterized by a wide range of sizes, as well as high decorative and technological properties, making them attractive materials for manufacturing diverse interior and jewelry products. The collection and processing of concretions with fossils was previously carried out in the Ulyanovsk region. In this paper, similar concretions found in the Republic of Kabardino-Balkaria are studied for the first time.

Aim. To establish the stratigraphic position, mineral composition, and decorative and technological characteristics of concretions with fossils of jewelry and ornamental quality found in the Republic of Kabardino-Balkaria.

Materials and methods. The collection sites of concretions with fossils and their stratigraphic position were studied. In total, 15 samples characterizing the main decorative and technological types were selected. Interior and jewelry items were manufactured from the concretions; typical samples were studied. A set of studies included the determination of luminescence (8 samples), microhardness (8 cycles), density (6 cycles), optical-petrographic analysis (3 sections), quantitative determination of mineral and chemical composition (2 samples), electron probe studies (2 samples).

Results. Concretions with fossils of commercial quality are associated with lower Aptian deposits, representing marlstone with a large number of shells, mainly ammonites, and, to a lesser extent, bivalves. These comprise (wt %): calcite — 64.0, quartz — 18.7, microcline — 7.4, illite — 5.6, smectite — 2.7, kaolinite — 1.0, strontianite — 0.5, as well as traces of pyrite, apatite, albite, ilmenite, and goethite. Among the impurity elements, Sr in the amount of 0.0402 wt % is recorded.

Conclusions. For the first time, the mineral and chemical (including micro-inclusions and impurity elements) composition of concretions with fossils of jewelry and ornamental quality are established. Factors determining their decorative and technological characteristics are identified. The possibility of using concretions with fossils for manufacturing a wide range of products, including jewelry, is shown. Concretions can be collected simultaneously with ammonites and septaries in river valleys without mining, thereby involving minimal costs and having no negative effect on the environment.

Keywords: concretions, septaries, ammonites, Aptian deposits, jewelry and ornamental materials, Republic of Kabardino-Balkaria

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Financial disclosures: The work was carried out within the frame of the State theme of the M.V. Lomonosov Moscow State University, using equipment of the Development Program of M.V. Lomonosov Moscow State University.

For citation: Petrochenkov D.A., Baraboshkin E.Yu. Jewelry and ornamental concretions with fossils of the Republic of Kabardino-Balkaria. Mineral composition, gemological characteristics. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(5):59—71. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-5-59-71>

Manuscript received 10 August 2023

Accepted 24 October 2023

Published 31 October 2023

* Corresponding author

Последние десятилетия в Ульяновской области попутно с аммонитами и септариями проводится сбор конкреций с фоссилиями, из которых изготавливают разнообразный ассортимент изделий, включая ювелирные [4—6]. Конкреции Ульяновской области достаточно широко представлены на российском и востребованы на мировом рынках. Конкреции с фоссилиями как поделочный и ювелирный материал можно отнести в группу гидрогенных биоминеральных образований [1], учитывая, что определяющую роль в их декоративности и коммерческой стоимости играют раковины фоссилий. В настоящее время аналогичные конкреции с фоссилиями встречены и в Кабардино-Балкарской Республике.

В настоящей статье впервые представлены результаты детальных минерально-геохимических, геммологических исследований конкреций с фоссилиями ювелирно-поделочного качества Кабардино-Балкарской Республики. Целью работ являлось: установление стратиграфического положения конкреций, что определяет критерии их поиска; минерального, химического состава, структурных особенностей, определяющих декоративные и технологические характеристики; изучение процессов образования конкреций в ходе диагенеза морских отложений, их экологическая оценка.

В Кабардино-Балкарской Республике проводится сбор аммонитов, септарий и конкреций с фоссилиями в руслах и береговых обрывах рек, ручьев в окрестностях с. Бабуген (р. Кудахурт с притоком Малая Жемтала), с. Кёндеден (р. Ажюко), с. Лашкута (правые притоки р. Баксан). Сбор осуществляется без горных выработок, что не требует значительных материальных затрат и не нарушает экологию среды.

Находки аммонитов, септарий и конкреций с фоссилиями коммерческого качества

связаны, главным образом, с отложениями нижнего апта, с разными стратиграфическими уровнями. Согласно данным В.В. Друщица и И.А. Михайловой [2], разрез начинается с пачки буроватых глин мощностью 30 м, содержащих конкреции с аммонитами рода *Deshayesites*. Выше глины переходят в алевролиты и песчаники (мощностью до 50—70 м), в которых встречаются аммониты нижнеаптской зоны *Dufrenoya furcata*, где распространены аммониты рода *Tropaeum*. Помимо аммонитов из этого же интервала разреза в конкрециях периодически встречаются раковины наutilusов рода *Cymatoceras*. Конкреции с фоссилиями, используемые в качестве поделочного материала, достигают размера 50 см. Для них характерна шаровидная и эллипсоидная форма. Из фоссилий преобладают раковины аммонитов и двустворок (рис. 1, 2).

Из конкреций с фоссилиями в настоящее время изготавливают небольшой ассортимент изделий: декоративные спилы, панно, шары. В результате используется небольшая часть собранного материала (рис. 2В, 3А).

Материалы и методы

Из основных мест сбора отобраны конкреции с фоссилиями (15 образцов), характеризующие основные декоративные и технологические типы. Конкреции распиливались, полировались, из них изготавливались интерьерные и ювелирные изделия, типичные образцы были детально изучены. Комплекс исследований конкреций ювелирно-поделочного качества проведен в лабораториях МГРИ, ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ИГЕМ» РАН. Он включал определение микротвердости (8 определений), плотности (6 определений), люминесценции (8 образцов), оптико-петрографический анализ (3 шлифа), количественное определение минерального

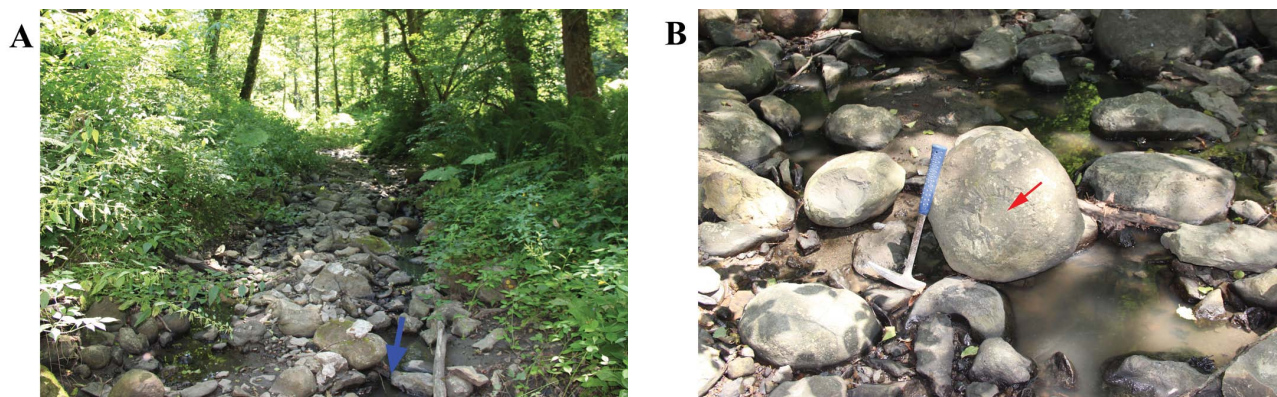


Рис. 1. Участок русла с большим количеством конкреций из отложений апта (А); крупная конкреция шаровидной формы с включением аммонита (указан стрелкой) (В); р. Малая Жемтала, окрестности с. Бабугент
Fig. 1. A section of the riverbed with a large number of concretions from the Aptian deposits (A); a large spherical concretion with the inclusion of ammonite (arrow) (B); Malaya Zhemtala River, the vicinity of Babugent Village

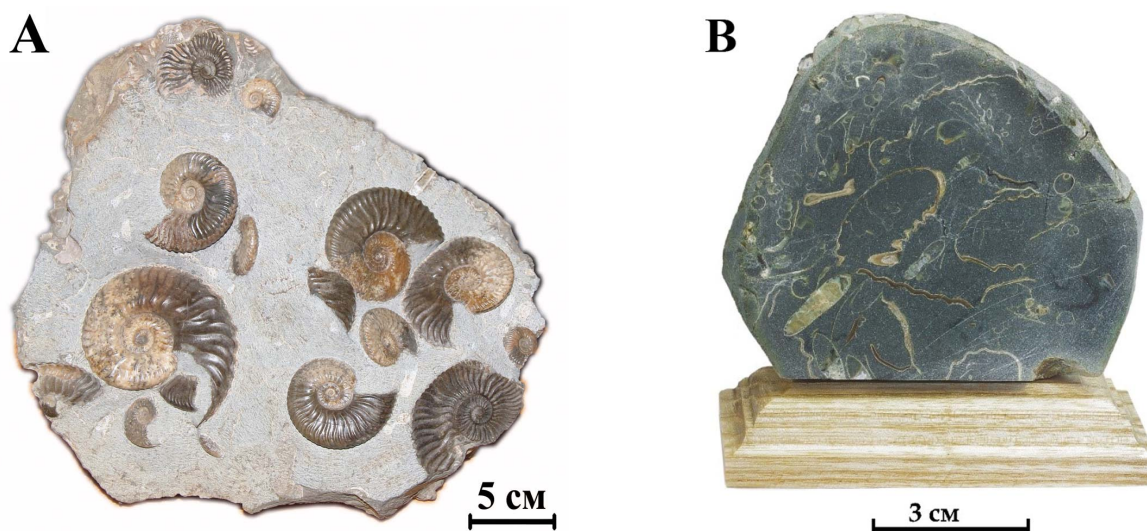


Рис. 2. Фрагмент нижнеаптской конкреции, насыщенной аммонитами рода *Deshayesites* (А); декоративный спил конкреции с фоссилиями, преимущественно с раковинами двустворок (В)
Fig. 2. A fragment of the Lower Aptian concretion saturated with ammonites of the genus *Deshayesites* (A); decorative cut of the concretion with fossils, mainly with bivalve shells (B)

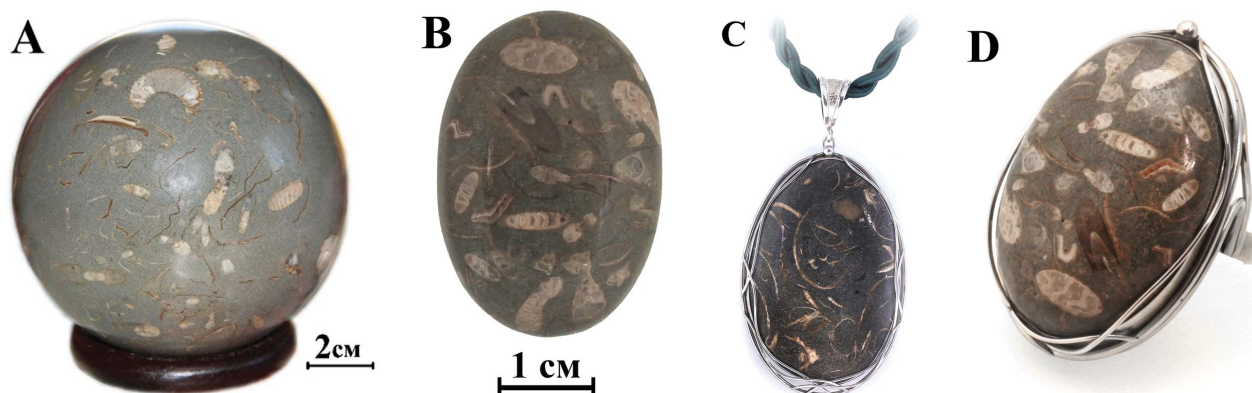


Рис. 3. Изделия из конкреций с фоссилиями: шар (А), кабошон (В), кулон (С) и кольцо (D)
Fig. 3. Products made of concretions with fossils: ball (A), cabochon (B), pendant (C) and ring (D)

и химического состава (2 пробы), электронно-зондовые исследования (2 образца).

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия «Axios MAX Advanced». Оптико-петрографический и минераграфический анализ выполнен с использованием микроскопа «Полам Р-112» и «Leika DMRX». Микротвердость определялась на микротвердометре «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и выдержкой 15 сек. Плотность образцов установлена 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 количеством 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 конкреции с фоссилиями состоят в среднем (мас.%): кальцит — 64,0, кварц — 18,7, калиевый полевой шпат (КПШ), представленный микроклином, — 7,4 иллит — 5,6, смектит — 2,7, каолинит — 1,0, стронцианит — 0,5, пирит — следы. Электронно-зондовыми исследованиями установлены также: апатит, плагиоклаз (альбит), ильменит и гётит в качестве акцессорных минералов. Арагонит, первоначально выполняющий раковины фоссилий, по данным РКФА

не фиксируется. По данным оптико-петрографических исследований арагонит фрагментарно сохраняется в стенках раковин фоссилий. Соотношение минералов может меняться в зависимости от количества фоссилий в конкреции. Кварц, КПШ, плагиоклаз, иллит, ильменит являются терригенным донным морским осадком, сцементированным кальцитом. Смектит и каолинит — вторичные минералы глин, образовавшиеся в результате замещения алюмосиликатов. Стронцианит и пирит образовались в процессе диагенеза морского осадка и формирования конкреции, а гётит — в результате окисления пирита. По петрографическому составу конкреции представляют собой мергель с включениями фоссилий.

Минеральный состав конкреций подтверждается данными РФА (табл. 1, 2). Сумма содержаний CaO и ППП — 72,8 мас.% отражает преимущественно карбонатный состав конкреции. Содержания Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , SiO_2 связаны с кварцем и алюмосиликатами. MgO , MnO и Fe_2O_3 могут входить в состав кальцита, алюмосиликатов. Отметим повышение содержания P_2O_5 , указывающее на присутствие апатита и TiO_2 — минералов группы титана, широко распространенных в прибрежно-морских отложениях. Из-за низких содержаний они не фиксируются РКФА. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания Sr — 0,0402 мас.% (табл. 2). Содержания радиоактивных (U, Th) и канцерогенных (Pb, As) элементов ниже чувствительности метода.

Матрикс конкреций — мелкозернистый мергель серого с оттенками цвета, плотный, раскалывается с трудом, с раковистым изломом, часто по поверхности раковин. Конкреции ювелирно-поделочного качества насыщены раковинами фоссилий и их фрагментами, хорошо видимыми на полированной поверхности (рис. 2В, 3). Часто

Таблица 1. Химический состав конкреций с фоссилиями по данным РФА
Table 1. Chemical composition of concretions with fossils according to RFA data

Содержание компонента, мас.%											
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	P_2O_5	$\text{S}_{\text{общ}}$	ВАО
0,32	0,75	3,73	18,65	0,80	38,57	0,24	0,58	2,09	0,40	0,14	0,03
											ППП*
											33,51

Примечание. * — потери при прокаливании.

Таблица 2. Элементы-примеси в конкрециях с фоссилиями по данным РФА
Table 2. The content of impurity elements in concretions with fossils according to RFA data

Содержание элемента, мг/кг ($\times 10^{-4}$ мас.%)											
Co	V	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	U	Th	Pb	As
34	30	16	10	35	30	402	53	<5	<5	<10	<10

преобладают мелкие раковины аммонитов размером 1—3 см (рис. 2А), в других конкрециях — раковины двустворок (рис. 2В). Раковины разноориентированы, в результате рисунок среза очень разнообразен. Камеры раковин полностью минерализованы. Полости двустворок, жилые и разрушенные гидростатические камеры аммонитов выполнены мергелем, неразрушенные гидростатические камеры аммонитов — кальцитом. Кальцит белого, светло-желтого цвета с коричневыми оттенками, преимущественно непрозрачный. В более крупных камерах присутствует полупрозрачный, бесцветный кальцит. Стенки раковин также выполнены преимущественно кальцитом, фрагментарно сохраняется и арагонит. Кальцит непрозрачный, просвечивающий, белого, от светло-коричневого до темно-коричневого цвета. Конкреции, не насыщенные раковинами фосилий, коммерческого интереса не представляют.

Плотность конкреций с фоссилиями 2,61—2,65 г/см³. Микротвердость (кг/мм²): мергель — 162—245, кальцит, выполняющий камеры, — 162—185, кальцит, выполняющий стенки, — 168—201. Наблюдается слабая люминесценция в белых и светло-желтых тонах кальцита, выполняющего камеры аммонитов. При обработке конкреций происходит частичное выкалывание раковин фосилий, их фрагментов, что ухудшает качество полировки.

В целом конкреции с фоссилиями обладают положительными декоративными и технологическими характеристиками при широком диапазоне размеров и могут использоваться для изготовления разнообразных изделий, включая ювелирные (рис. 3).

Это дает возможность максимально использовать собранный материал, дополнить ассортимент изделий из аммонитов и септарий.

Оптико-петрографические и электронно-зондовые исследования

Изучены прозрачные шлифы и аншлифы фрагментов конкреций с фоссилиями, включающие мергель с раковинами аммонитов (рис. 4—6).

Мергель тонкозернистый с пелитовой структурой. Он образован включениями зерен кварца, алюмосиликатов, ильменита, пирита, сцементированных кальцитом. В мергеле присутствуют мелкие фрагменты стенок и перегородок. Зерна равномерно распределены в мергеле и отчетливо выделяются в ОРЭ (рис. 5, 6А—Е).

Зерна кварца угловатой изометричной и удлиненной формы размером до 0,2 мм. Контуры включений преимущественно ровные, четкие. Присутствуют включения, в которых наблюдается коррозия их поверхности с образованием по контуру микропор и, по-видимому, вторичных минералов (рис. 5F, 6С—Е). По данным РСМА кварц элементов-примесей не содержит.

Алюмосиликаты широко распространены в мергеле, имеют округлую, а также изометричную, удлиненную призматическую форму и размер до 0,18 мм. Одни включения отчетливо выделяются в ОРЭ, имеют ровную поверхность, другие слабо проявлены, имеют извилистый контур и сложную по цветовым оттенкам поверхность (рис. 5F, 6С—Е). Это объясняется разнообразием минерального состава алюмосиликатов и существенным их замещением. В одном из таких включений

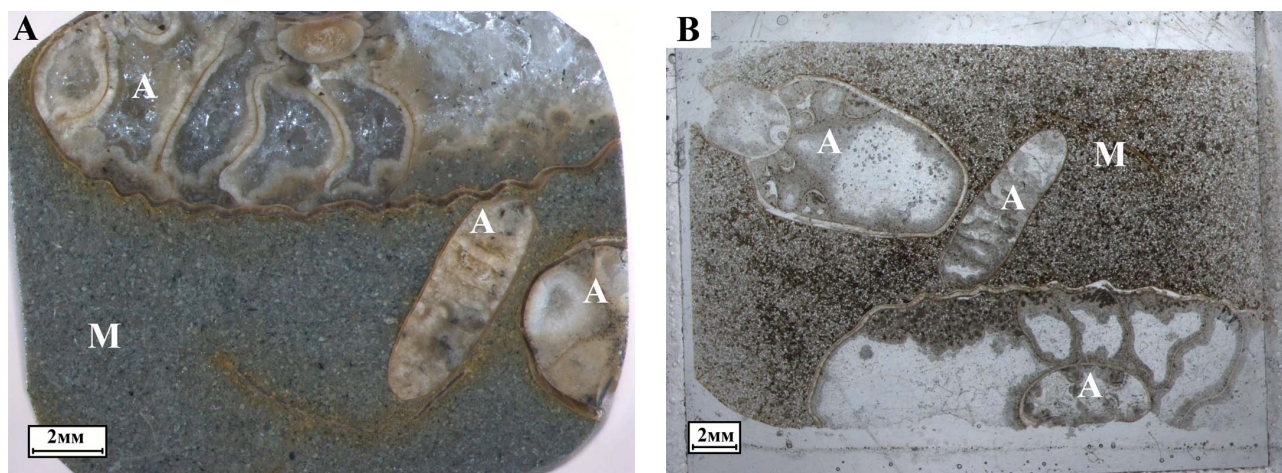


Рис. 4. Аншлиф (А) и прозрачный шлиф без анализатора (В) фрагментов конкреций с фоссилиями, включающие мергель (М) с раковинами аммонитов (А)

Fig. 4. A polished section (A) and a thin section without an analyzer (B) of concretion fragments with fossils, including marl (M) with ammonite shells (A)

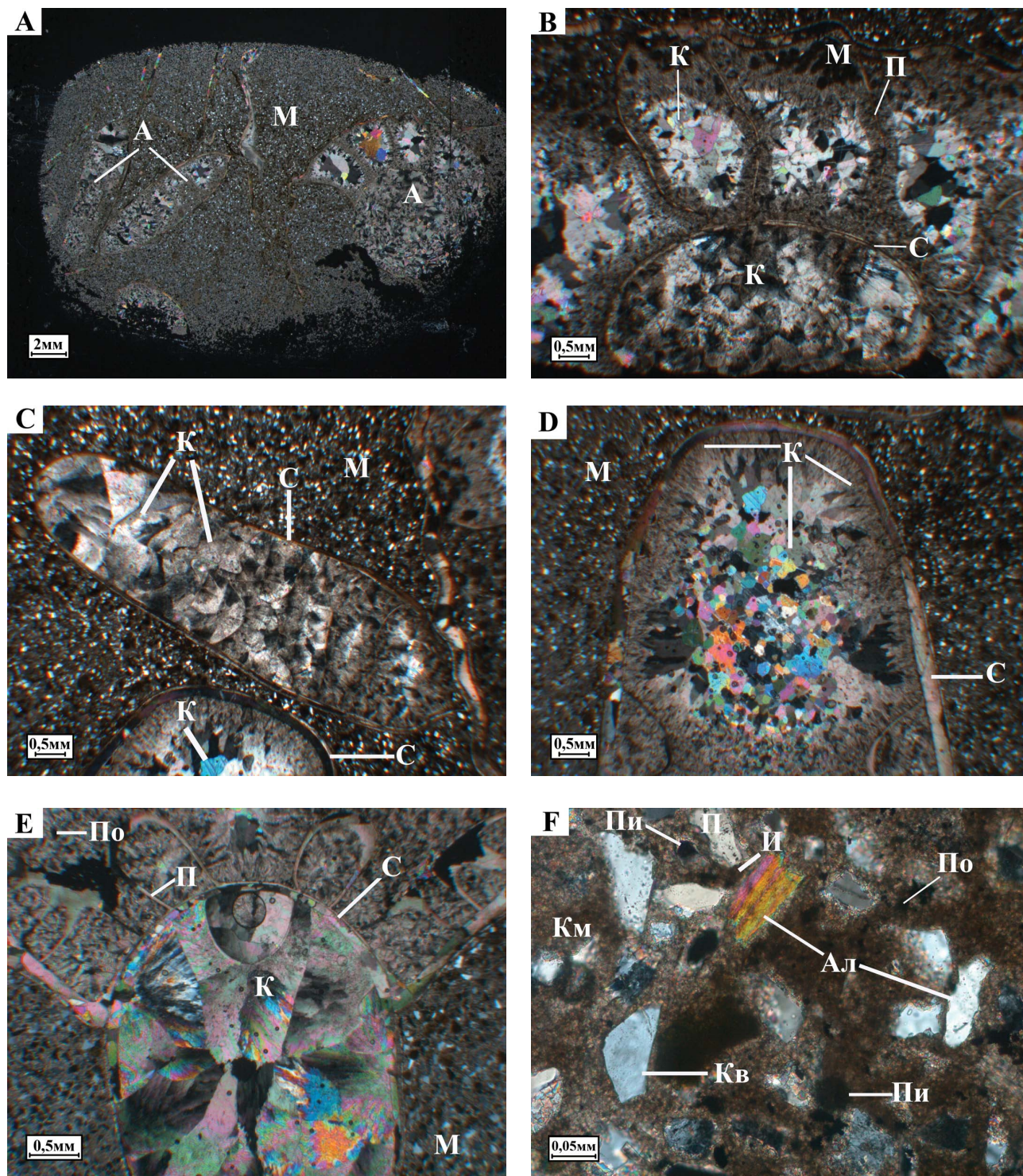


Рис. 5. Прозрачные шлифы конкреций мергеля с раковинами аммонитов. С анализатором (А—F). М — мергель, А — раковины аммонитов, С — стенки и П — перегородки аммонитов, К, Км — кальцит, выполняющий камеры аммонитов, и мергель, Кв — кварц, Ал — алюмосиликаты, Пу — пирит, И — ильменит, По — поры
Fig. 5. Thin sections of marl concretions with ammonite shells. With analyzer (A—E). М — marl, А — ammonite shells. С — walls and П — partitions of ammonites, К, Км — calcite, performing chambers of ammonites and marl, Кв — quartz, Ал — aluminosilicates, Пу — pyrite, И — ilmenite, По — Pores

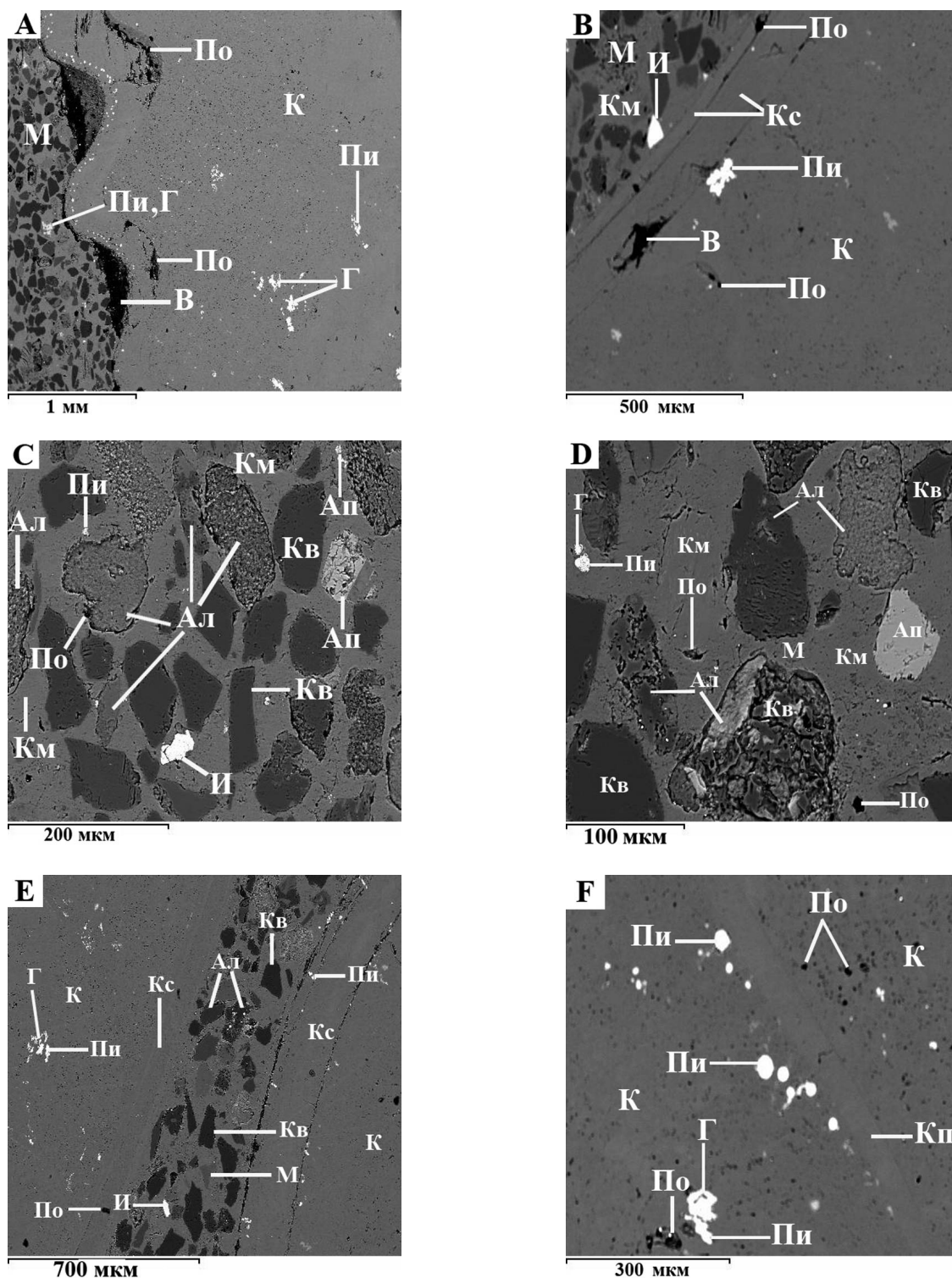


Рис. 6. Фрагменты конкреций мергеля с раковинами аммонитов. Микрозонд, ОРЭ (А–F). М — мергель, К, Кс, Кп, Км — кальцит, выполняющий камеры, стенки, перегородки аммонита и мергель, Кв — кварц, Ал — алюмосиликаты, Пи — пирит, Г — гётит, Ап — апатит, И — ильменит, По — поры, В — сколы

Fig. 6. Fragments of marl concretions with ammonite shells. Microprobe, ORE (A–F). М — marl, К, Кс, Кп, Км — calcite, performing chambers, walls, partitions of ammonite and marl, Кв — quartz, Ал — aluminosilicates, Пи — pyrite, Г — goethite, Ап — apatite, И — ilmenite, По — Pores, В — chips

фиксируется, вероятно, вторичный кварц размером около 0,016 мм (рис. 6D).

По данным РСМА выделяются зерна плагиоклаза с высокими содержаниями Na до 6,41 мас.%, представленные, по-видимому, альбитом; микроклина с высокими содержаниями K до 13,68 мас.%; высокожелезистых алюмосиликатов с содержанием Fe от 14,57 до 15,54 мас.%. Высокожелезистые алюмосиликаты выделяются зеленой окраской и относятся, по-видимому, к глаукониту. На это указывают и высокие содержания K от 4,85 до 5,58 мас.%. Частично содержание Fe может быть связано и с микровключениями пирита. Глауконит образуется при незначительном изменении окислительно-восстановительного потенциала в мобильных водах и является типичным седиментогенным минералом мелководных бассейнов. Для более глубоководных частей бассейнов характерен глауконит богатый Fe [3].

Включения ильменита единичны, призматической изометричной и слабоудлиненной формы с четкими контурами, размером до 0,1 мм (рис. 5F, 6B, C, E). В ильмените из элементов-примесей фиксируются содержания (мас.%): Cr — 0,66, Mn — 1,68, Co — 0,41, Ni — 0,17, Zn — 0,17, V — 0,55. Ильменит является характерным аксессуарным минералом донного прибрежно-морского осадка.

Включения пирита немногочисленны, имеют микронную размерность. Микровключения образуют выделения разнообразной формы со сложным контуром и размером до 0,1 мм (рис. 5F, 6A, C, D). Они занимают преимущественно микропоры, что указывает на более позднее образование пирита по отношению к кальциту. В пирите из элементов-примесей в отдельных спектрах фиксируются содержания (мас.%): Mn — до 0,41, Co — до 0,69, Zn — до 0,15, Ni — до 0,17. Пирит окисляется с образованием гётита. На это указывают содержание кислорода в пирите при уменьшении содержания серы, а также их совместное

нахождение. Включения гётита сложной формы, размером до 0,06 мм (рис. 6A). Из элементов-примесей в нем фиксируются содержания Co — до 0,64 мас.% и Zn — до 0,12 мас.%.

В мергеле установлены включения апатита (рис. 6C). Включения преимущественно микронного размера, развиваются по контурам алюмосиликатов. Микровключения образуют более крупные, до 0,09 мм, выделения изометричной формы, с неровным контуром в кальците. Из элементов-примесей в апатите фиксируются содержания (мас.%): Mn — до 0,14 и Fe — до 0,61. Апатит образовался в процессе формирования конкреции вместе с кальцитом.

Цемент мергеля образован тонкодисперсным кальцитом, заполняющим пространство между включениями. Присутствуют выделения кальцита сложной формы размером до 0,15 мм с более крупными кристаллами от 0,01 до 0,05 мм (рис. 5F, 6C, D). Такие выделения в образце более светлых оттенков. Количество микротрещин, выполненных кальцитом, незначительно. Они также в образце имеют светлую окраску. Микропоры немногочисленны, размером до 0,03 мм, расположены по контурам кристаллов, вдоль стенок аммонитов, часто связаны с замещением алюмосиликатов. Присутствуют поры, образованные в результате выпадения включений в процессе подготовки образцов (рис. 5F, 6C, D).

По данным РСМА кальцит из элементов-примесей содержит в среднем (мас.%): Mg — 0,30, Mn — 0,67, Fe — 0,76 (табл. 3). Для Mn и Fe характерен широкий диапазон значений в отдельных спектрах, что указывает на неравномерность их распределения. Фиксируется также Sr — до 0,25 мас.%, который может быть связан и микровключениями стронцианита, установленного РКФА, а также Na — до 0,23 мас.%.

Стенки аммонита толщиной около 0,2 мм, перегородки — около 0,05—0,1 мм выполнены

Таблица 3. Химический состав кальцита в конкрециях с фоссилиями по данным РСМА
Table 3. Chemical composition of calcite in concretions with fossils according to RSMA data

Характеристика	Содержание элемента, мас.%				
	Mg	Mn	Fe	Ca	O
Мергель (5)*	0,26—0,34 0,30	0,27—0,88 0,67	0,69—1,04 0,76	35,39—36,07 35,73	43,14—44,65 44,11
Стенки и перегородки аммонитов (14)	0,10—0,27 0,18	0,40—0,86 0,61	0,30—0,67 0,44	36,26—37,89 36,84	42,83—44,21 43,37
Камеры аммонитов (22)	0,07—0,51 0,22	0,15—0,91 0,43	0,53—1,82 1,11	35,31—36,99 36,03	42,68—43,96 43,14

Примечание. Над чертой крайние значения, под чертой — средние, * — количество спектров.

преимущественно кальцитом. Фрагментарно сохраняется, по-видимому, и арагонит. Кристаллы кальцита удлиненной призматической формы, плотно сросшиеся, ориентированные вдоль стенок и перегородок и по размеру соответствует их толщине (рис. 5В—Е).

Количество микропор и микровключений незначительно (рис. 6А, В, Е). По данным РСМА в кальците фиксируются содержания элементов-примесей в среднем (мас.%): Mg — 0,18, Mn — 0,61, Fe — 0,44 (табл. 3). В отдельных спектрах фиксируются содержания Na — до 0,35 мас.% и Sr — до 0,28 мас.%. Кальцит, выполняющий стенки и перегородки аммонитов, характеризуется близкими содержаниями Mn и более низкими содержаниями Mg и Fe.

Камеры аммонитов выполнены преимущественно кальцитом в ОРЭ серого цвета с пятнистым распределением оттенков (рис. 5В—Е, 6А, В, Е, F). Вдоль стенок и перегородок расположен слой кальцита шириной до 0,2 мм, образованный плотно сросшимися изометричными и удлиненными призматическими, разноориентированными кристаллами размером 0,05—0,2 мм. Часть мелких камер выполнена такими кристаллами полностью (рис. 5В—Е). Центральные части более крупных камер выполнены плотно сросшимися разноориентированными кристаллами, преимущественно изометричной и слабо удлиненной формы, с ровным угасанием, размером 0,3—1,5 мм. Присутствуют блоки размером около 0,5 мм различной формы с веерным угасанием. Их образование происходило из центров кристаллизации, расположенных на стенках, перегородках, реже на тонкозернистом первоначальном слое кальцита в результате роста тонкопризматических удлиненных кристаллов и дальнейшей их перекристаллизации.

Кальцит, выполняющий камеры аммонитов, из элементов-примесей содержит в среднем (мас.%): Mg — 0,22, Mn — 0,43 и Fe — 1,11 при широком диапазоне значений в спектрах (табл. 3). Для него характерны более высокие содержания Fe, более низкие Mn и близкие Mg по отношению к кальциту, выполняющему мергель стенки и перегородки. В отдельных спектрах фиксируются содержания Na — до 0,23 мас.% и Sr — до 0,38 мас.%.

В кальците, выполняющем камеры аммонитов, присутствуют включения пирита, гётита и микропоры (рис. 6А, В, Е, F). Включения пирита размером до 0,2 мм, гётита — до 0,06 мм присутствуют в небольшом количестве и расположены преимущественно вдоль контактов стенок и перегородок,

в тонкозернистом первоначальном слое кальцита. Гётит образовался в результате окисления пирита. В пирите из элементов-примесей фиксируются содержания (мас.%): Mn — до 0,41, Zn — до 0,29, Co — до 0,32, Ni — до 0,15; в гётите: Co — до 0,61 и Zn — до 0,12. Микропоры размером до 0,04 мм присутствуют в относительно небольшом количестве и расположены вдоль стенок и перегородок, различных слоев кальцита, по контурам крупных кристаллов в центральных частях камер.

Оптико-петрографические исследования позволили установить структурные особенности минерализации конкреций с фоссилиями, объяснить ряд геммологических и технологических характеристик. Мергель конкреций тонкозернистый с пелитовой структурой и небольшим количеством микропор, состоит из включений различных минералов, сцементированных тонкодисперсным кальцитом. Включения равномерно распределены в мергеле. В процессе диагенеза конкреций происходили: замещение исходных алюмосиликатов тонкодисперсными глинистыми минералами и фрагментарная, вдоль микротрещин, перекристаллизация кальцита с укрупнением кристаллов. Светлые оттенки мергеля связаны с более высокой насыщенностью относительно крупными кристаллами кальцита.

Раковины аммонитов в конкрециях выполнены кальцитом и мергелем. Мергель выполняет разрушенные камеры. По составу и структуре он аналогичен мергелю конкреций. Кальцит выполняет стенки, перегородки и неразрушенные камеры. Стенки и перегородки выполнены тонкокристаллическим, плотно сросшимся, непрозрачным и просвечивающим кальцитом с различными оттенками. Фрагментарно сохраняется, по-видимому, и арагонит.

Минерализация камер аммонитов проходила поэтапно. Первоначально формировался тонкий слой светло-желтого, белого непрозрачного кальцита. Он образован плотно сросшимися разноориентированными, мелкопризматическими изометричными и удлиненными кристаллами. Мелкие камеры выполнены такими кристаллами полностью. Центральная часть камер относительно большого размера выполнена бесцветным, полупрозрачным средне- и крупнозернистым кальцитом. Кристаллы плотно сросшиеся, разноориентированные, с различными условиями кристаллизации. Наблюдается фрагментарная перекристаллизация мелких кристаллов с их укрупнением.

Количество микропор и микровключений пирита в кальците, выполняющем раковины аммонитов,

незначительно. Они расположены преимущественно вдоль контакта стенок и перегородок и в первоначальном тонкозернистом слое. Прозрачность кальцита, выполняющего раковины аммонитов, определяется структурными особенностями агрегатов, размером и морфологией кристаллов. Микропоры и микровключения, учитывая их небольшое количество, существенной роли на прозрачность кальцита не оказывают. Прозрачность кальцита влияет на его цвет и оттенки. Непрозрачные слои кальцита светло-желтые и белого цвета. На восприятие цвета в просвечивающем и полупрозрачном кальците существенную роль оказывает цвет подложки. Она представлена мергелем, прилегающими слоями кальцита, тонкодисперсными выделениями оксидов и гидроксидов по контактам слоев и микротрещинам. В результате тонкие просвечивающие слои — коричневого цвета различных оттенков, а крупнокристаллический полупрозрачный кальцит, выполняющий центральные части камер — бесцветный.

Плотное срастание кристаллов и незначительное количество микропор обуславливают высокую степень полируемости конкреций с фоссилиями. Отрицательными факторами являются: относительно большой процент (9,3 мас.%) мягких и тонкодисперсных глинистых минералов и выкрашивание включений и фрагментов стенок аммонитов в процессе обработки. Для устранения указанных негативных факторов необходима в ряде случаев предварительная пропитка материала специальными смолами.

Проведенными электро-зондовыми исследованиями установлены в конкрециях с фоссилиями включения альбита, апатита, ильменита и гётита, содержания которых находятся ниже чувствительности метода РКФА. Установлен химический состав минералов, особенности распределения элементов-примесей, что позволяет проводить идентификацию конкреций с фоссилиями. В кальците конкреций из элементов-примесей фиксируются устойчивые содержания Mg, Mn, Fe, значения которых различаются в зависимости от его положения в мергеле, в стенках и перегородках, камерах аммонитов. На цвет кальцита оказывают влияние содержания Mn и Fe.

Экологическая оценка конкреций с фоссилиями

Ювелирные и интерьерные изделия непосредственно находятся в соприкосновении с человеком, что обуславливает повышенные требования к их экологическим характеристикам. Конкреции с фоссилиями Кабардино-Балкарской Республики

недавно появились на рынке, и экологическая оценка их ранее не проводилась.

Нормативные документы по допустимым содержаниям канцерогенных элементов для ювелирных и интерьерных изделий из природного камня в настоящее время не утверждены. В связи с этим были использованы общие требования безопасности к игрушкам (ГОСТ ИСО 8124-3-2001, редакция от 2006.06.01). По данным РФА (табл. 2) в конкрециях не установлены значимые содержания канцерогенных элементов, включая As и Pb, что позволяет использовать их по этому показателю без ограничений.

В АСИЦ ВИМС проведены испытания радиационных характеристик конкреций с фоссилиями. Удельная активность радионуклидов составила, (Бк/кг): $^{226}\text{Ra} \leq 30$, $^{228}\text{Ra} \leq 20$, $^{224}\text{Ra} \leq 20$, $^{232}\text{Th} \leq 20$, $^{40}\text{K} \leq 186$, $^{137}\text{Cs} \leq 10$, а $A_{\text{эфф}}$ — 84. Испытания показали, что конкреции с фоссилиями удовлетворяют требованиям ($A_{\text{эфф}} < 740$ Бк/кг) СП 2.6.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников излучения» п. 4.5.1 «...изделия художественных промыслов и предметов интерьера из природного камня...», что допускает использование их без ограничения по радиационному фактору. Содержание радиоактивных элементов U и Th по данным РФА ниже чувствительности метода (табл. 2), что подтверждает сделанный вывод.

Выводы

Конкреции с фоссилиями ювелирно-поделочного качества Кабардино-Балкарской Республики связаны с отложениями нижнего апта. Они состоят из мергеля с включениями фоссилий, представленных мелкими раковинами преимущественно аммонитов, реже двустворок. Мергель конкреций тонкозернистый с пелитовой структурой состоит из включений кварца, алюмосиликатов, ильменита, пирита, гематита, апатита, сцементированных тонкодисперсным кальцитом, составляющим 64 мас.%. Включения равномерно распределены в мергеле. В процессе диагенеза конкреций происходила перекристаллизация кальцита с укрупнением кристаллов и замещение исходных алюмосиликатов тонкодисперсными глинистыми минералами (каолинит, смектит).

Раковины аммонитов в конкрециях выполнены кальцитом и мергелем. Мергель выполняет разрушенные камеры. По составу и структуре он аналогичен мергелю конкреций. Стенки и перегородки аммонитов выполнены тонкокристаллическим непрозрачным и просвечивающим кальцитом

с различными оттенками. Фрагментарно сохраняется арагонит. Минерализация неразрушенных камер аммонитов проходила поэтапно с образованием слоев кальцита с различной структурой, размером и морфологией кристаллов. Наблюдается фрагментарная перекристаллизация мелких кристаллов с их укрупнением. Количество микропор и микровключений пирита и гётита незначительно. Они располагаются преимущественно вдоль контактов стенок, перегородок и в первоначальном тонкозернистом слое.

Прозрачность кальцита, выполняющего раковины аммонитов, определяются структурными особенностями агрегатов, размером и морфологией кристаллов, количеством пор и минеральных включений. Цвет кальцита и его оттенки определяются прозрачностью, количеством минеральных включений, содержаниями Fe и Mn. На восприятие цвета просвечивающего и полупрозрачного кальцита существенное влияние оказывает цвет подложки.

Конкреции плотные, устойчивые к механическим воздействиям, что обусловлено плотным срастанием минералов и небольшим количеством микропор и микротрещин. При этом

конкреции содержат большой процент (9,2 мас.%) мягких, тонкодисперсных глинистых минералов ухудшающих полируемость материала. На ухудшение качества полировки оказывает влияние также выкрашивание включений и фрагментов стенок аммонитов. При обработке материала необходимо учитывать указанные факторы.

Установлены минеральный и химический состав конкреций с фоссилиями, содержание элементов-примесей в кальците и других основных минералах, что позволяет проводить их идентификацию. Экологическая экспертиза установила возможность использования конкреций с фоссилиями в качестве ювелирно-поделочного материала без ограничений.

Конкреции с фоссилиями Кабардино-Балкарской Республики обладают широким диапазоном размеров, положительными декоративными и технологическими характеристиками, что позволяет изготавливать разнообразный ассортимент изделий, включая ювелирные. Конкреции с фоссилиями могут собираться в больших объемах в долинах рек без горных выработок, что не требует значительных материальных затрат и не нарушает экологию среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буканов В.В. Цветные камни и коллекционные минералы. Энциклопедия. СПб., 2014. 464 с.
2. Друшчиц В.В., Михайлова И.А. Биостратиграфия нижнего мела Северного Кавказа. М.: Изд. МГУ, 1966. 190 с.
3. Костов И. Минералогия. М.: Мир, 1971. 584 с.
4. Петроченков Д.А. Конкреции с фоссилиями Ульяновской области // Изв. вузов. Геология и разведка. 2018. № 2. С. 73—76.
5. Петроченков Д.А., Быховский Л.З. Ювелирно-поделочные аммониты: проблемы оценки и перспективы добычи // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2018. № 4. С. 15—22.
6. Петроченков Д.А., Быховский Л.З. Септарии — нетрадиционный вид ювелирно-поделочного сырья: перспективы добычи // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2022. № 3—4. С. 35—42.

REFERENCES

1. Bukanov V.V. Colored stones and collectible minerals. Encyclopedia. St. Petersburg, 2014. 464 p.
2. Drushchits V.V., Mikhailova I.A. Biostratigraphy of the Lower Cretaceous of the North Caucasus. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1966. 190 p.
3. Kostov I. Mineralogy. Moscow: Mir, 1971. 584 p.
4. Petrochenkov D.A. Concretions with fossils of the Ulyanovsk region // Proceedings of higher educational establishments. Geology and exploration. 2018. No. 2. P. 73—76.
5. Petrochenkov D.A., Bykhovsky L.Z. Jewelry and ornamental ammonites: problems of evaluation and prospects of extraction // Mineral resources of Russia. Economics and management. 2018. No. 4. P. 15—22.
6. Petrochenkov D.A., Bykhovsky L.Z. Septaries as an unconventional jewelry and ornamental raw material: production prospects // Mineral resources of Russia. Economics and management. 2022. No. 3—4. P. 35—42.

ВКЛАД АВТОРОВ / 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.

Барабошкин Е.Ю. — внес вклад в палеонтологические и стратиграфические аспекты статьи, выполнил перевод на английский язык, 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 assume responsibility for all aspects of the work.

Evgeny Yu. Baraboshkin — contributed to the paleontology and stratigraphy aspects of the article, completed a translation into English, approved the published version of the article and agreed to assume responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Петроченков Дмитрий Александрович* — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой минералогии и геммологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: p-d-a@mail.ru

тел.: +7 (903) 143-34-33

SPIN-код: 7283-0347

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6123-9101>

Dmitry A. Petrochenkov* — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof., Director of the Department of 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

tel.: +7 (903) 143-34-33

SPIN-code: 7283-0347

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6123-9101>

Барабошкин Евгений Юрьевич — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры региональной геологии и истории Земли геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

1, Ленинские горы, г. Москва 119991, Россия

e-mail: ejbaraboshkin@mail.ru

SPIN-код: 1851-5457

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4373-1543>

Evgeny Yu. Baraboshkin — Dr. of Sci. (Geol.-Min.), Professor of the Department of Regional Geology and Earth History Geological of the M.V. Lomonosov Moscow State University.

1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

e-mail: ejbaraboshkin@mail.ru

SPIN-code: 1851-5457

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4373-1543>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author