ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
GIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;3:151-165

УДК 549:553.5 (470.341) DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-151-165

ИНТЕРЬЕРНЫЕ, ЮВЕЛИРНЫЕ АММОНИТЫ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ

Д.А. Петроченков

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Москва, Россия, e-mail: p-d-a@mail.ru

Аннотация: На мировом рынке широко представлены интерьерные и ювелирно-поделочные аммониты из Мадагаскара, Марокко, Канады, а также РФ. В РФ аммониты коммерческого качества известны в раде регионов, в том числе и в Нижегородской области. Аммониты Нижегородской области связаны с отложениями батского и келловейского ярусов средней юры и в значительных объемах собирались в ходе эксплуатации карьеров керамзитовых глин. Проведенными исследованиями установлено, что аммониты состоят преимущественно из кальцита до 94 мас. %. Присутствуют арагонит, гетит, кварц, оксиды Mn и Fe, алюмосиликаты, апатит, сульфаты Fe, Zn, пирит, сфалерит, гематит, органическое вещество. Стенки и перегородки аммонитов сохранили исходный арагонитовый состав. Частично арагонит разрушен и замещен кальцитом, апатитом, оксидами Mn и Fe. Кальцит, выполняющий камеры аммонитов, различается по цвету, прозрачности и размеру кристаллов. Прозрачность кальцита определяется размером, структурными особенностями, количеством включений. Цвет кальцита определяется количеством микровключений и содержанием Fe и Mn. Аммониты Нижегородской области по декоративным и технологическим характеристикам представляют коммерческий интерес преимущественно в качестве коллекционных и интерьерных образцов и ограниченно в качестве ювелирно-поделочного материала.

Ключевые слова: аммонит, коллекционные образцы, ювелирно-поделочное сырье, среднеюрские отложения, Нижегородская область.

Для цитирования: *Петроченков Д. А.* Интерьерные, ювелирные аммониты Нижегородской области. Геммологические характеристики. Перспективы добычи // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 3. – С. 151–165. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-151-165.

Interior decoration and jewelery quality ammonites in the Nizhny Novgorod region: gemology and production prospects

D.A. Petrochenkov

Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze, Moscow, Russia, e-mail: p-d-a@mail.ru

Abstract: Interior decoration and jewelery quality ammonites from Madagascar, Morocco, Canada and Russia are widely represented on the world market. In the Russian Federation, commercial quality ammonites are known to occur in some regions, including the Nizhny Novgorod Region. Ammonites of the Nizhny Novgorod Region are connected with the Bathonian and Callovian deposits of

© Д.А. Петроченков. 2019.

the Middle Jurassic and were collected in significant amount during open pit mining of haydite clay. Ammonites consist mainly of calcite, up to 94 % by mass. Aragonite, goethite, quartz, oxides of Mn and Fe, and aluminosilicates are also present. Apatite, Fe and Zn sulfates, pyrite, sphalerite, hematite, organic matter are found, too. The walls and septums of ammonites preserve the original aragonite composition. Partially aragonite is destroyed and replaced by calcite, apatite, oxides of Mn and Fe. Calcite of ammonite chambers varies in color, transparency and crystal size. The transparency of calcite is determined by the size, structural features and number of inclusions. The color of calcite depends on the number of microinclusions and the Fe and Mn content. Ammonites of the Nizhny Novgorod Region, according to their decorative and process characteristics, are of commercial interest mainly as samples for collecting or interior design, and, meagerly, for jewelry manufacturing.

Key words: ammonite, collection samples, jewelry quality raw materials, Middle Jurassic sediments, Nizhny Novgorod Region.

For citation: Petrochenkov D. A. Interior decoration and jewelery quality ammonites in the Nizhny Novgorod region: gemology and production prospects. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;3:151-165. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-151-165.

Введение

Последние десятилетия изделия из аммонитов стали пользоваться повышенным спросом. Привлекательность аммонитам придает своеобразие форм, расцветок, а также возраст окаменелостей, измеряемый десятками и сотнями миллионов лет [1]. Стоимость отдельных образцов аммонитов достигает десятков тысяч долларов [7, 12]. С другой стороны на мировом рынке в больших объемах присутствуют и недорогие изделия массового спроса. Аммониты наряду с жемчугом, перламутром, янтарем, костями млекопитающих входят в группу биоминерального ювелирно-поделочного сырья [1]. Порода с включениями аммонитов является и высокодекоративным облицовочным материалом [4].

В настоящее время аммониты и изделия из них поступают на мировой рынок преимущественно из Марокко [6, 10], Мадагаскара [11, 13, 14], Канады [12] и РФ [5, 7]. В РФ аммониты коммерческого качества известны в Ярославской, Костромской, Ульяновской, Рязанской, Нижегородской, Саратовской областях, Республиках Дагестан и Адыгея.

Сбор аммонитов в РФ производится кустарным способом без предварительной оценки запасов и качества сырья. Аммониты собираются стихийно коллекционерами и индивидуальными коммерсантами в руслах рек, береговых обрывах, при отработке месторождений строительных материалов или в ходе земляных работ под строительство инженерных сооружений. Специальные подготовительные работы ограничиваются расчистками и мелкими шурфами. Не смотря на доступность добычи и высокую ликвидность, аммониты в РФ не рассматриваются в качестве ювелирно-поделочного сырья и интерьерных образцов, не ведется учет их запасов [7, 8].

В статье впервые приведены результаты комплексного изучения аммонитов Нижегородской области, представляющих коллекционный, интерьерный и ювелирный интерес. Аммониты коммерческого качества собирались в значительных объемах в ходе эксплуатации карьеров керамзитовых глин у с. Просек и с. Исады, расположенных на правом берегу р. Волга ниже г. Лысково. В настоящее время количество аммонитов, поступающих на рынок из Нижегородской области, крайне ограничено в связи со сложностями их добычи. Ситуация может резко измениться при возобновлении работы карьера или других объемных земляных работах. Важно при проведении таких работ предусмотреть и попутный сбор аммонитов коммерческого качества.

Методы исследования

Комплекс исследований аммонитов Нижегородской области проведен на кафедре минералогии и геммологи МГРИ-РГГРУ, в ФГУП «ВИМС» и ИГЕМ РАН. Он включал определение микротвердости, плотности, люминесценции, описание прозрачных шлифов, электронно-зондовые исследования.

Оптико-петрографический и минераграфический анализ выполнен с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвердость определялась на микротвердометре «ПМТ-3» с нагрузкой весом 50 г и выдержкой 15 с. Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G 150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Eickhorst» с λ = 254 и 365 нм. Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на установке «X'Pert PRO MPD». Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА). Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным локального рентгеноспектрального анализа (ЛРСА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ) и характеристическом рентгеновском излучении (ХРИ).

Стратиграфическое положение аммонитов

Аммониты коммерческого качества связаны с отложениями верхнебатского и нижнекелловейского ярусов средней юры, которые трансгрессивно залегают на песчаниках и глинах татарского яруса верхней перми [2, 3, 9].

Верхний батский подъярус (J2bt3) представлен пачками песков желтовато-серого и серого цвета. Песок мелкозернистый, алевритистый, слюдистый, в основании сильно глинистый, с невыдержанными прослоями и линзовидными включениями серого глинистого песка. Местами отложения содержат мелкую глинистую гальку, редкие конкреции пирита, небольшие куски неуглефицированной древесины. В 2,5—3,5 м от кровли встречаются редкие шаровидные конкреции карбонатного песчаника диаметром до 0,7 м. К интервалу 1,5—4,5 м от кровли к конкрециям приурочен комплекс аммонитов: Cadoceras, Costacadoceras, Kepplerites. Мощность отложений 8—10 м (рис. 1, *а*, см. Приложение 2, с. 164).

Нижний келловейский подъярус (J2k1). На контакте выделяется слой с мелкоплойчатым переслаиванием глины и песка, мощность около 5 м. Вблизи основания — прослои сильно песчанистой глины, глинистого песка и алеврита мощностью до 1 м. Выше залегает глина темно-серая, слюдистая, неслоистая. В слое рассеяны конкреции пирита, сростки кристаллов гипса, редкие куски пиритизированной древесины. В 5—8 м от кровли встречаются уплощенные септированные конкреции плотного серого мергеля диаметром до 1 м. Редкие небольшие конкреции мергеля встречаются и в самой верхней части слоя.

К интервалу 0—1,4 м от основания приурочен комплекс аммонитов: Cadoceras, Costacadoceras, Kepplerites, Macrocephalites. Преимущественно к средней части слоя, а также к конкрециям этого уровня приурочен комплекс аммонитов: Cadoceras, Costacadoceras, Macrocephalites. К верхней части слоя и конкрециям этого уровня приурочен комплекс аммонитов: Cadochamoussetia, Cadoceras, Costacadoceras, Macrocephalites, Kepplerites, Toricellites, Homoeoplanulites. Общая мощность отложений 12—15 м [2, 3].

Коммерческий интерес представляют преимущественно аммониты рода Кер-

plerites из верхнебатских отложений и рода Cadoceras из нижнекелловейских. Аммониты рода Kepplerites встречаются непосредственно в песчанистых верхнебатских отложениях. Раковины небольших размеров, максимальный размер достигает 15 см. Перламутровый слой не сохраняется и внешняя поверхность раковин имеет низкую декоративность, что не позволяет использовать их в качестве интерьерных образцов. Коммерческий интерес представляет продольные распилы аммонитов, камеры которых выполнены оранжевым, коричневым мергелем с черными включениями оксидов Mn и Fe и разноокрашенным кальцитом. Такие полированные распилы прекрасно смотрятся в интерьере (рис. 1, *б*, см. Приложение 2, с. 164). Полностью минерализованные участки раковин могут использоваться и для изготовления кабошонов.

Хорошо сохранившиеся раковины аммонитов Cadoceras, размер которых не превышает 12 см, заключены в мергелистые конкреции, неравномерно рассеянные в небольшом количестве в глинистых нижнекелловейских отложениях. Часто они сохраняют перламутровый слой (рис. 1, *в*, см. Приложение 2, с. 164). Небольшое количество хорошо сохранившихся аммонитов встречалось и непосредственно в глинах. Жилые и разрушенные газовые камеры раковин выполнены преимущественно серым пористым мергелем, имеющим низкую декоративность. Ненарушенные камеры внутренних оборотов покрыты тонкими слоями мелких кристаллов пирита и кальцита. При распиловке раковины легко разрушаются. Указанные причины позволяют использовать только хорошо сохранившиеся аммониты с перламутровым слоем в качестве интерьерных и коллекционных образцов.

Массовые сборы аммонитов проводились в 80—90-е годы XX столетия, когда работал карьер кирпичных глин у п. Просек. В настоящее время аммониты собираются в незначительных количествах из небольших расчисток и шурфов в стенках и дне карьеров (рис. 1, *а*, см. Приложение 2, с. 164).

Геммологические характеристики аммонитов

Детально изучены аммониты из верхнебатских отложений, представляющие интерьерный и ювелирно-поделочный интерес. По данным РКФА аммониты состоят, мас. %: кальцит — 87—94, арагонит — 4—9, кварц — 1—4 и рентгеноаморфная фаза (РАФ) до 1. Стенки и перегородки раковин аммонитов состоят, мас. %: кальцит 10—82, арагонит 15—89, гетит 3 и РАФ до 1. Это указывает, что исходный арагонит раковин замещается кальцитом с включениями гетита и РАФ. Жилые и разрушенные камеры выполнены мергелем, неразрушенные — кальцитом.

По данным РФА в аммонитах фиксируются повышенные содержания MnO и Fe_2O_3 — указывающие на присутствие оксидов Mn и Fe, низкие содержания Na_2O, Al_2O_3, K_2O — на присутствие алюмосиликатов, S — на присутствие пирита и сульфатов железа, P_2O_5 — апатита (табл. 1). Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания, мас. %: Sr — 0,048, Ba — 0,052, Zn — 0,013. В интервале 0,01—0,001 мас. %, фиксируются содержания Cr, V, Co, Ni, Cu, Zr, Y (табл. 2). Отметим низкие и фоновые содержания радиоактивных и канцерогенных элементов.

Арагонит, выполняющий стенки и перегородки раковины, светло-серого, светло-желтого, белого цветов со стеклянным, редко с перламутровым блеском, непрозрачный, редко слабо просвечивающий. Ширина стенок раковины не превышает 1 мм, перегородок — 0,5 мм. Перламутровый слой внешней поверхности аммонитов находится в сильно

Таблица 1

Химический состав аммонита по данным РФА
The chemical composition of ammonite according to XFA data

№ образца	Содержание компонента, мас. %											
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	P_2O_5	$S_{общ}$	ППП*
НН-1	0,07	0,51	1,50	4,21	0,18	48,74	0,05	1,61	5,89	0,13	0,85	36,12
*ППП — потери при прокаливании												

Таблица 2

Содержание элементов-примесей в аммоните по данным РФА
The content of admixture elements in ammonite according to XFA data

№ образца	Содержание элемента, мг/кг ($\times 10^{-4}$ мас. %)															
	Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	U	Th	Y	Nb	Pb	As
НН-1	16	55	22	42	13	130	7	480	21	520	<5	<5	16	<10	11	14

разрушенном состоянии, имеет серовато-белый, светло-желтый и коричневый цвета. При разрушении перламутрового слоя, могут отчетливо проявляться лопастные линии. Плотность арагонитовых слоев 2,6—2,7 г/см^3. Микротвердость внешней стенки раковины в среднем 119 кг/мм^2 и существенно зависит от сохранности слоя. Микротвердость перегородок выше и составляет в среднем 180 кг/мм^2. Люминесценция перламутрового слоя не наблюдается.

Кальцитом выполнены полностью или частично неразрушенные камеры раковин. Цвет кальцита светло-коричневый, коричневый, светло-желтый, желтовато-белый, серый, темно-серый, бесцветный, иногда наблюдаются зеленоватые оттенки. Кальцит преимущественно просвечивающий, непрозрачный. Встречаются небольшие зоны с прозрачным, чаще полупрозрачным кальцитом. Кальцит, выполняющий камеры, всегда имеет концентрически-зональное строение. К перегородкам и стенкам раковины примыкают преимущественно узкие (менее 1 мм) зоны коричневого с различными оттенками, непрозрачного кальцита. Далее следуют зоны светлоокрашенного с различными оттенками просвечивающего и полупрозрачного кальцита. Большинство камер аммонитов выполнены кальцитом неполностью, в результате образуются жеоды. Стенки жеод выполнены мелкими (десятые доли мм) кристаллами кальцита скаленоэдрического габитуса. Плотность кальцита, выполняющего камеры в среднем — 2,7 г/см^3. Микротвердость кальцита колеблется в пределах 235—290 кг/см^2. Люминесценция кальцита не проявлена.

Мергель выполняет жилые и разрушенные камеры раковин. Мергель часто пористый, плохо полируемый, на отдельных участках плотный, хорошо принимающий полировку. Излом неровный, раковистый. Цвет мергеля преимущественно коричневый, часто серый различных оттенков. В мергеле часто наблюдаются фрагменты стенок и перегородок раковин, а также фрагменты раковин других фоссилий, усиливающие декоративность аммонитов. Плотность мергеля 2,2—2,3 г/см^3 и обусловлена минеральным составом и пористостью. Микротвердость низкая — 165—210 кг/мм^2. В светло-желтых тонах люминесцируют отдельные фрагменты раковин фоссилий.

Изучение шлифов (рис. 2, см. Приложение 2, с. 165) и электронно-зондовые исследования (рис. 3—7) позволили детализировать структурные особенности строения и минеральный состав аммонитов. Из проведенного изучения шли-

фов аммонитов можно сделать следующие выводы. В большинстве аммонитов сохраняются исходные арагонитовые слои перегородок и стенок раковин, которые частично замещаются кальцитом и оксидами Mn и Fe (рис. 2, *б*, см. Приложение 2, с. 164). Для аммонитов характерно большое количество включений оксидов Mn и Fe, которые располагаются преимущественно вдоль перегородок, стенок раковин, а также в мергеле, что обусловливает повышенную пористость этих зон (рис. 2, *б*, *в*, см. Приложение 2, с. 164). В мергеле включения оксидов Mn и Fe черного цвета, часто в виде дендритов. Черная вкрапленность усиливает декоративность аммонитов, но ухудшает качество полировки. Кальцит, выполняющий неразрушенные камеры раковины, имеет зональное строение, различный размер, форму и ориентировку кристаллов (рис. 2, *а*, *б*, см. Приложение 2, с. 164). Прозрачность кальцита определяется размером, взаимоориентированностью кристаллов и количеством включений. Прозрачные и полупрозрачные участки характеризуются крупными субпараллельными кристаллами и небольшим количеством включений.

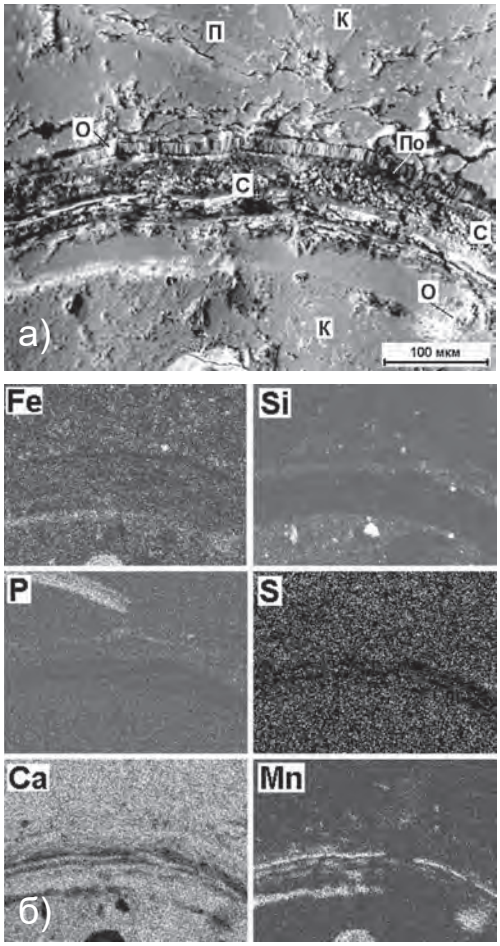


Рис. 3. Стенка (С) и перегородка (П) аммонита с прилегающим непрозрачным коричневым кальцитом (К) в ОРЭ (а) и ХРИ (б). По — поры. О — оксиды Mn и Fe

Fig. 3. Wall (C) and septum (П) of ammonite with adjacent opaque brown calcite (K) in BSE (a) and DRE (b). По — pores. O — oxides of Mn and Fe

По данным электронно-зондовых исследований арагонитовые перегородки и стенки аммонита содержат большое количество микропор и микротрещин, а также минеральные включения (рис. 3, *а*). В ХРИ фиксируются высокие содержания P, указывающие на замещение апатитом арагонита в перегородке и в краевых частях стенки аммонита (рис. 3, *б*). По данным ЛРСА в апатите фиксируются содержания, мас. %: P — до 9,0, Ca — до 35,6, Mn — до 7,1, Fe — до 2,2 и O — до 29,3. Вдоль контактов стенки и частично внутри нее формируются оксиды Mn и в значительно меньших количествах — оксиды Fe. По данным ЛРСА в неизменном арагоните в отдельных спектрах из элементов-примесей фиксируются содержания, мас. %: Sr — до 0,35 и Na — до 0,15.

Непрозрачный кальцит коричневого и желтого цвета в зоне контакта с перегородками и стенками аммонита в ОРЭ имеет однородную структуру с большим количеством мелких пор и микровключений (рис. 3, *а*). Размер пор колеблется от 1 до 25 мкм. Микровключения, выделяемые в ОРЭ светло-серой окраской, распределены по всему объему кальци-

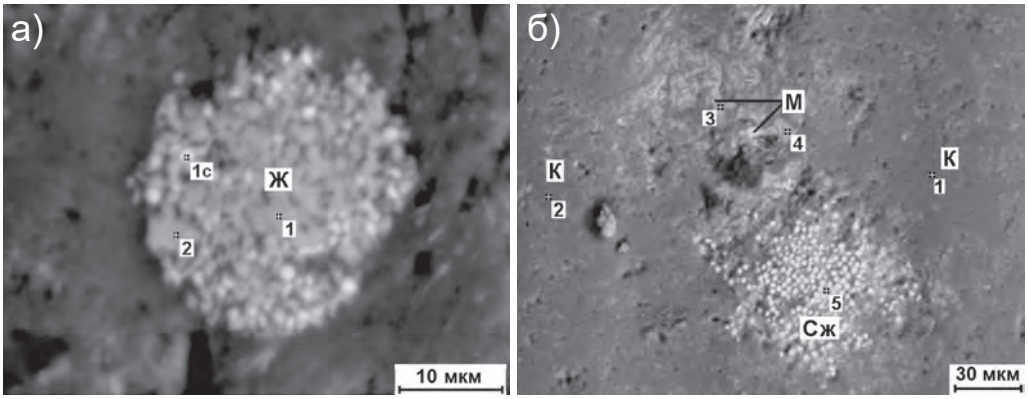


Рис. 4. Включения оксидов и сульфатов железа (Ж) (а); оксидов марганца (М) и сульфатов железа (Сж) (б) в непрозрачном кальците (К). ОРЭ. 1—5 — номер спектра

Fig. 4. Inclusions of oxides and sulfates of iron (Ж) (a); manganese oxides (M) and iron sulfates (Сж) (b) in opaque calcite (K). BSE. 1—5 — number of spectrum

та. Размер их 1—5 мкм. Часто микровключения образуют обособления различной формы и размера. Характерны округлые обособления размером 10—40 мкм (рис. 4, *а*). По химическому составу их можно отнести к оксидам и сульфатам Fe, образованным в результате окисления пирита, вероятно, с участием бактерий. В сульфатах Fe из элементов-примесей фиксируются устойчивые содержания As от 0,10 до 0,61 мас. %.

Другой тип скоплений микровключений имеет нечеткие контуры и неясную форму (рис. 4, *б*). По химическому составу их можно отнести к оксидам Mn. Оксиды Mn на отдельных участках образуют сплошные пленки. В этом же фрагменте установлено микровключение алюмосиликата изометричной формы, размером 40 мкм. По данным ЛРСА в нем фиксируются содержания, мас. %: Na — 0,31, Mg — 0,73, Al — 14,3, Si — 20,6, K — 5,6, Ca — 1,4, Mn — 2,8, Fe — 3,8 и O — 41,5. Наряду с оксидами Mn присутствуют скопления микровключений сульфата Fe глобулярной формы, размером около 2 мкм (рис. 4, *б*).

В другом фрагменте (рис. 5, *а*) в поре фиксируется выделение органического вещества размером 170 мкм по длинной оси с содержаниями, мас. %: Na — 1,3, Mg — 1,1, Al — 0,8, Si — 1,1, P — 0,1, S — 0,3, Ca — 23,2, Mn — 0,2, Fe — 3,3 и O — 15,5. Здесь же установлено большое количество микровключений оксида Mn.

Включения пирита немногочисленны, а их размер не превышает 8 мкм. При большом увеличении видно, что отдельные из них состоят из глобулярных, размером 0,5—1 мкм квадратных и шестигранных, размером 1—2 мкм микровключений (рис. 5, *б*). По данным ЛРСА в пирите фиксируются из элементов-примесей устойчивые содержания As от 0,47 до 1,01 мас. %.

В ОРЭ просвечивающий кальцит, выполняющий центральные части камер, имеет однородную структуру с относительно небольшим количеством мелких 2—20 мкм пор. В зонах непрозрачного светло-желтого кальцита фиксируется большое количество пор, а их размер возрастает до 40—60 мкм (рис. 6, 7). В кальците по элементному составу фиксируются микровключения пирита глобулярной формы, размером 1—5 мкм (рис. 6, *а*). Иногда они образуют округлой формы обособления размером до 10—20 мкм. Образование таких обособлений, по-видимому, связано с деятельностью микроорганизмов. В некоторых из них фиксируются микровключения

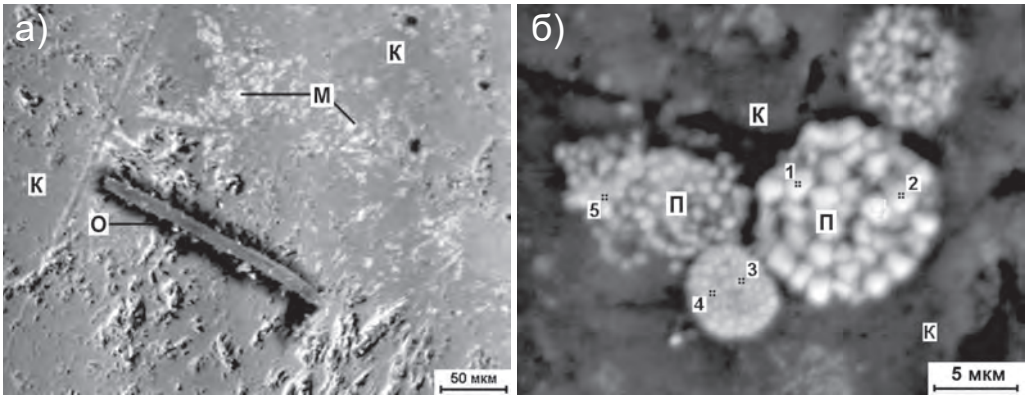


Рис. 5. Включения органического вещества (О) и оксидов Mn (М) (а), пирита (П) (б) в непрозрачном кальците (К). ОРЭ. 1—5 — номер спектра

Fig. 5. Inclusions of organic matter (O) and oxides of Mn (M) (a), pyrite (П) (б) in opaque calcite (K). BSE. 1—5 — number of spectrum

сфалерита и сульфатов Zn и Fe (рис. 6, *а*). Микровключения сфалерита и сульфата Zn глобулярной формы, размером 1—3 мкм, при слиянии они образуют выделения до 20 мкм. Сульфаты Fe также глобулярной формы размером 6—9 мкм, ассоциируют с пиритом. Из элементов-примесей фиксируются содержания Mg, P, Cd, Mn. В выделениях сфалерита фиксируются микронные включения апатита. Апатит, сульфат Zn и Fe являются вторичными минералами. В одной из пор зафиксировано включение глобулярной формы размером 7 мкм (рис. 6, *б*). По содержанию, мас. %: Fe — 69 и O — 31 включение отнесено к гематиту, образованному в результате окисления пирита.

В кальците, выполняющем камеры, из элементов-примесей фиксируются Mg, Mn и Fe. Содержания элементов в среднем составили, мас. %: в коричневом непрозрачном Mg — 0,24, Mn — 0,32, Fe — 3,85; в светло-желтом непрозрачном Mg — 0,25, Mn — 0,60, Fe — 1,46; в светло-сером просвечивающем Mg — 0,35, Mn — 1,00, Fe — 1,82. Таким образом, различный по составу кальцит отличается по содержанию Mn, Fe.

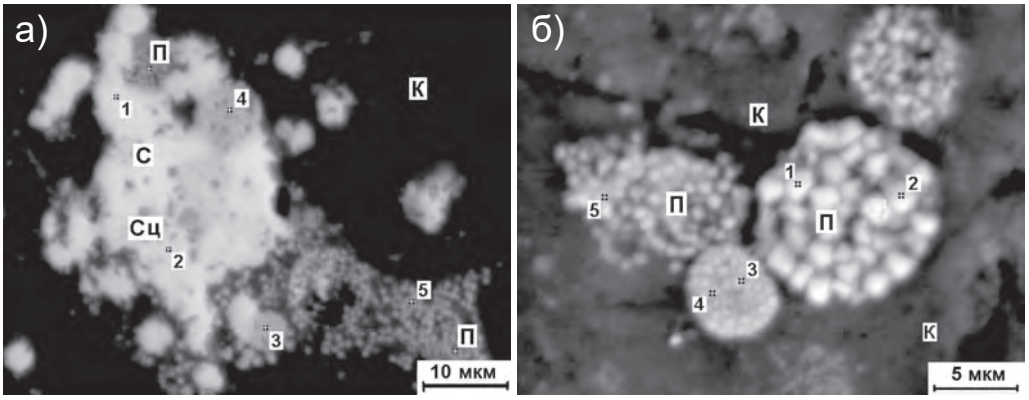


Рис. 6. Включения пирита (П), сфалерита (С), сульфатов цинка (Сц) в просвечивающем крупнокристаллическом кальците (К) (а); включение гематита (Г) в поре непрозрачного светло-желтого кальцита (К). ОРЭ. 1—5 — номер спектра

Fig. 6. Inclusions of pyrite (П), sphalerite (С), zinc sulfate (Сц) in translucent crystalline calcite (К) (а); inclusion of hematite (Г) in the pore of opaque light yellow calcite (К). BSE. 1—5 — number of spectrum

Мергель состоит из округлых включений размером 20—180 мкм сцементированных дисперсным кальцитом с большим количеством мелких пор (рис. 2, *в*). Включения по данным ХРИ и ЛРСА состоят из кварца, алюмосиликатов, а также минерализованных раковин фоссилий (рис. 7). Включения кварца округлой формы размером от 5 до 180 мкм. Элементы-примеси в нем не фиксируются. По высоким содержаниям Mn и Fe и низким S выделяются микровключения оксидов Mn и Fe. Они отчетливо проявлены в ОРЭ светло-серой окраской. Оксиды часто обрамляют включения кварца и формируют самостоятельные выделения также округлой формы, размером 18—35 мкм. По данным ЛРСА в оксидах из элементов-примесей фиксируются содержания, мас. %: Mg — до 0,94, Si — до 7,90, Ca — до 3,26 и Al — до 3,61, указывающие на присутствие минеральных микровключений. В кальците цемента, имеющем в образце коричневый цвет, из элементов-примесей фиксируются в среднем, мас. %: Mg — 0,25, Mn — 0,30 и Fe — 3,85, что близко содержанию этих элементов в коричневом непрозрачном кальците переходного слоя. Из других элементов в отдельных спектрах фиксируются содержания, мас. %: Si — до 7,0, Al — до 1,8 при повышенных содержаниях O — до 23, указывающие на микровключения кварца, алюмосиликатов. Точечные содержания S в ХРИ свидетельствуют о небольшом количестве микровключений пирита и сульфатов Fe (рис. 7, *б*).

Большое количество пор и минеральных включений в аммонитах существенно ухудшают качество полировки. Для ее улучшения необходима пропитка аммонитов специальными смолами.

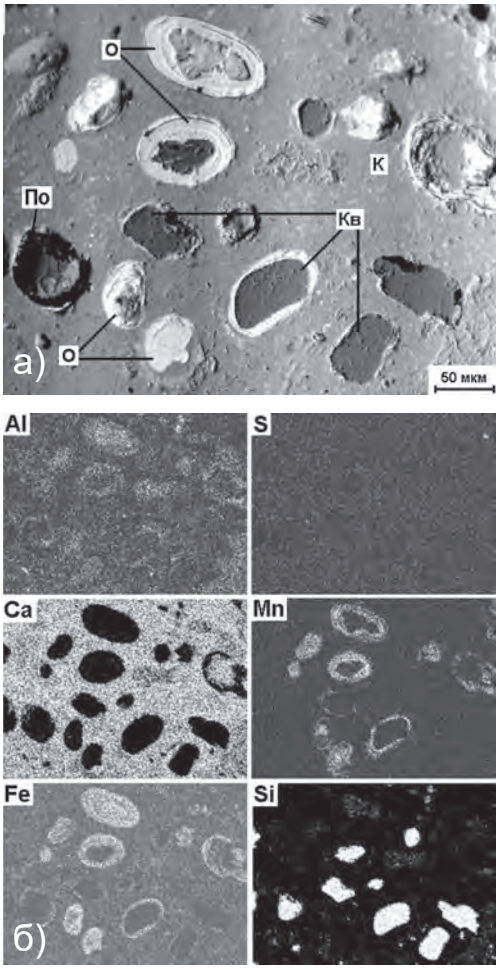


Рис. 7. Камера аммонита, выполненная мергелем в ОРЭ (а) и ХРИ (б): К — кальцит, Кв — кварц, О — оксиды Mn и Fe, По — поры

Fig. 7. Ammonite chamber filling by marl, photo by BSE (a) and DRE (b): К — calcite, Кв — quartz, О — oxides Mn and Fe, По — pores

Выводы

Аммониты Нижегородской области коммерческого качества представлены родами Cadoceras и Kepplerites и связаны со среднеюрскими отложениями. Они состоят преимущественно из кальцита. Присутствуют арагонит, образующий стенки и перегородки раковины, гетит, кварц, оксиды Mn и Fe, алюмосиликаты, РАФ, апатит, сульфаты Fe, Zn, пирит, сфалерит, гематит. Центральные части камер аммонитов выполнены крупнокристаллическими плотносросшимися кристаллами кальцита с небольшим количеством пор, что обуславливает его большую прозрач-

ность. Переходные зоны, примыкающие к перегородкам и стенкам раковины, образованы пористым мелко- и тонкокристаллическим кальцитом с большим количеством микровключений, что обусловило их непрозрачность. Цвет кальцита определяется количеством микровключений и содержаниями Fe и Mn. Минерализация раковин аммонитов происходила в результате последовательного образования слоев минералов, преимущественно кальцита с включениями других минералов без метасоматического замещения. Образование пирита в аммонитах в экзогенных условиях происходило при активном участии бактерий.

Проведенный комплекс исследований позволил впервые установить геммологические характеристики аммонитов, оценить их декоративность и технологические свойства, проводить идентификацию объекта. Аммониты Нижегородской области представляют коммерческий интерес в качестве коллекционных, интерьерных образцов, включая продольные распилы минерализованных раковин, для изготовления вставок в ювелирные изделия.

При изготовлении кабошонов необходимо учитывать минеральные и структурные особенности аммонитов. При возобновлении эксплуатации карьера керамзитовых глин целесообразно проводить попутно сбор аммонитов, что позволит повысить рентабельность предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Буканов В. В.* Цветные камни и коллекционные минералы. Энциклопедия. — СПб., 2014. — 464 с.

2. *Герасимов П. А., Митта В. В., Кочанова М. Д.* и др. Ископаемые келловейского яруса Центральной России. — М.: ВНИГНИ. Мос. Гор. СЮН, 1996. — 127 с.

3. *Гуляев Д. Б.* Инфразональная аммонитовая шкала верхнего бата — нижнего келловея Центральной России // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2001. Т. 9. № 1. С. 68—96.

4. *Наугольных С. В.* Палеонтологические объекты на станциях Московского метро // Природа. 2018. № 1. С. 52—58.

5. *Петроченков Д. А.* Камнесамоцветное сырье Ульяновской области // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2006. — № 5. — С. 319—323.

6. *Петроченков Д. А.* Геммологические аспекты верхнедевонских ювелирно-поделочных аммонитов Марокко / Доклады XII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле». Т. I. — М., МГРИ-РГРРУ, 2015. — С. 321—322.

7. *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.

8. *Полянин В. С., Полянина Т. А., Дусманов Е. Н. и др.* Минерально-сырьевая база цветных камней России: перспективы ее освоения и развития // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 9. — С. 66—76.

9. *Рогов М. А., Барабошкин Е. Ю., Гужиков А. Ю. и др.* Границы юры и мела в Среднем Поволжье. Путеводитель экскурсии «Международная научная конференция по проблеме границы юрской и меловой системы». — Самара: ФГОБУ Сам ГТУ, 2015. — 130 с.

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). Pp. 5—65.

11. *Kennedy W. J., Walaszczyk I., Gate A. S., Dembicz K., Praszkier T.* Lower and Midle Cenomanian ammonites from Morondava Basin, Madagascar // Asta Geologica Polonica 2013. Vol. 63(4). pp. 625—655.

12. *Mychaluk K.* Update on ammolite production from Southern Alberta, Canada // Gems & Gemology. 2009. Vol. 45, no 3 pp. 192—196.

13. *Walaszczyk I., Kennedy W. J.*, Dembicz K., *Gale A. S., Praszlier T., Rasoamiaramanana A. H., Randrianaly H.* Ammonite and inoceramid biostratigraphy and biogeography of the Cenomanian through basal Middle Campanian (Upper Cretaceous) of the Morondava Basin, western Madagascar // Journal of African Earth Sciences, 2014, Vol. 89. pp. 79—132.

14. *Zakharov Y.D., Tanabe K., Shigeta Y., Safronov P.P., Smyshlyaeva O.P., Dril S.T.* Early Albian marine environments in Madagascar: An integrated approach based on oxygen, carbon and strontium isotopic data // Cretaceous Research, 2016. Vol. 58. pp. 29—41. МАБ

REFERENCES

1. Bukanov V.V. *Tsvetnye kamni i kollektsionnye mineraly*. Entsiklopediya [Gem stones and collectible minerals. Encyclopedia], Saint-Petersburg, 2014, 464 p.

2. Gerasimov P.A., Mitta V.V., Kochanova M.D. *Iskopaemye kelloveyskogo yarusa Tsentral'noy Rossii* [Callovian fossil minerals in Central Russia], Moscow, VNIGNI. Mos. Gor. SYUN, 1996, 127 p.

3. Gulyaev D.B. Infrazonal ammonite scale in the Upper Bathonian–Lower Callovian in Central Russia. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*. 2001. Vol. 9, no 1, pp. 68—96. [In Russ].

4. Naugol'nykh S.V. Paleontological finds in the Moscow Metro. *Priroda*. 2018, no 1, pp. 52—58. [In Russ].

5. Petrochenkov D.A. Semi-precious stone mineral reserves in the Ulyanovsk Region. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2006, no 5, pp. 319—323. [In Russ].

6. Petrochenkov D.A. *Gemmologicheskie aspekty verkhnedevonskikh yuvelirno-podelochnykh ammonitov Marokko* [Gemmology of the Upper Devonian jewelry- and ornamental-quality Morocco ammonite]. *Doklady XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Novye idei v naukakh o Zemle»*. Vol. I, Moscow, MGRI-RGRRU, 2015, pp. 321—322. [In Russ].

7. Petrochenkov D.A., Bykhovskiy L.Z. Jewelry-quality ammonites: Problems of appraisal and prospects of recovery. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie*. 2018, no 4, pp. 15—22. [In Russ].

8. Polyanin V.S., Polyanina T.A., Dusmanov E.N. Mineral and raw materials base of gem stones in Russia: Prospects of development and expansion. *Razvedka i okhrana nedr*. 2015, no 9, pp. 66—76. [In Russ].

9. Rogov M.A., Baraboshkin E.Yu., Guzhikov A.Yu. *Granitsy yury i mela v Srednem Povolzh'e*. Putevoditel' ekskursii «Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya po probleme granitsy yurskoy i melovoy sistemy» [Jurassic and Cretaceous boundaries in the middle Volga Region. Travel guide of the International Conference on the Jurassic and Cretaceous Boundary Problem], Samara, FGOBU Sam GTU, 2015, 130 p.

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). Pp. 5—65.

11. Kennedy W.J., Walaszczyk I., Gate A.S., Dembicz K., Praszkier T. Lower and Midle Cenomanian ammonites from Morondava Basin, Madagascar. *Asta Geologica Polonica.* 2013. Vol. 63(4). pp. 625—655.

12. Mychaluk K. Update on ammolite production from Southern Alberta, Canada. *Gems & Gemology*. 2009. Vol. 45, no 3 pp. 192—196.

13. Walaszczyk I., Kennedy W.J., Dembicz K., Gale A.S., Praszlier T., Rasoamiaramanana A.H., Randrianaly H. Ammonite and inoceramid biostratigraphy and biogeography of the Cenomanian through basal Middle Campanian (Upper Cretaceous) of the Morondava Basin, western Madagascar. *Journal of African Earth Sciences*, 2014, Vol. 89. pp. 79—132.

14. Zakharov Yu.D., Tanabe K., Shigeta Y., Safronov P.P., Smyshlyaeva O.P., Dril S.T. Early Albian marine environments in Madagascar: An integrated approach based on oxygen, carbon and strontium isotopic data. *Cretaceous Research*, 2016. Vol. 58. pp. 29—41.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Петроченков Дмитрий Александрович — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, e-mail: p-d-a@mail.ru, Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ-РГГРУ).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

D.A. Petrochenkov, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor, Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RSGPU), 117997, Moscow, Russia, e-mail: p-d-a@mail.ru.

Рисунки к статье «Аммониты и септарии месторождения «Ататао», Мадагаскар. Методы добычи, геммологические характеристики»

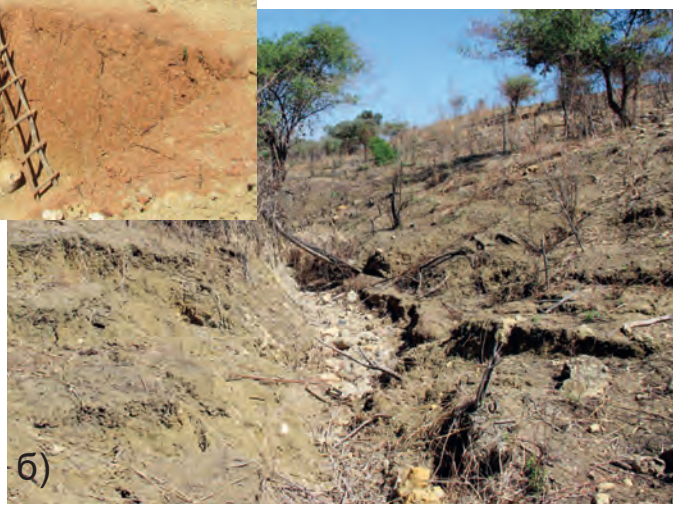


Рис. 1. Месторождение «Ататао»: эксплуатационный шурф, в верхней части переотложена кора выветривания (а); лог с конкрециями в русле (б)

Fig. 1. Atatao deposit: operational pit, in the upper part of the weathering crust redeposited (a); log with concretions in the stream (b)

Рис. 2. Крупная конкреция дисковидной формы (а); прожилок гипса (б)

Fig. 2. Large concretion of disc shape (a); gypsum streak (b)

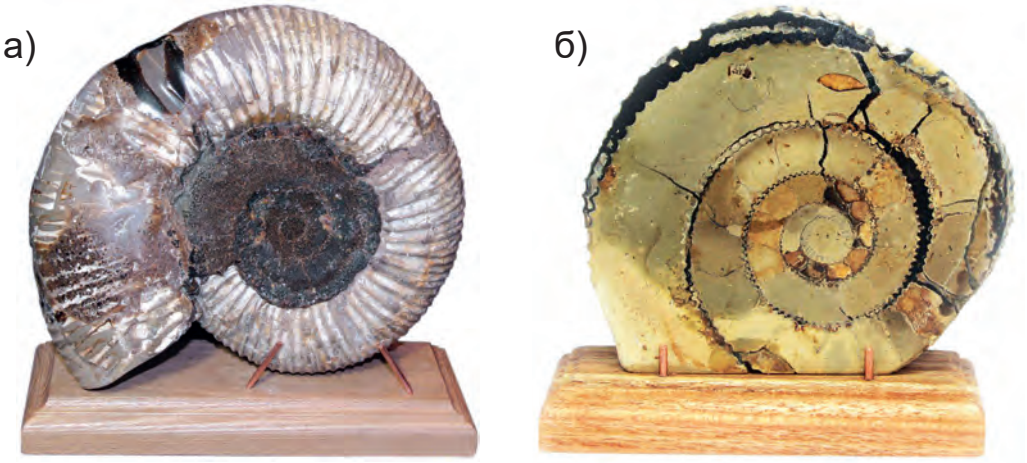


Рис. 3. Аммонит (23 см) с сохранившимся перламутровым слоем (а); продольный распил аммонита (19 см) (б)

Fig. 3. Ammonite (23 cm) with preserved pearl layer (a); ammonite cut (19 cm) (b)

Рис. 4. Септария с полированной поверхностью, 11х21 см (а); продольный спил септарии преимущественно с кальцитом желтых оттенков, 10 см (б); фрагмент пейзажной септарии преимущественно с кальцитом темно-коричневого цвета, 4,5х5,5 см (в)

Fig. 4. Septaria with polished surface, 11x21 cm (a); longitudinal septaria cut predominantly with yellow calcite, 10 cm (b); a fragment of landscape septaria with principally dark brown calcite, 4,5x5,5 cm (v)

Рисунки к статье
«Интерьерные, ювелирные аммониты Нижегородской области. Геммологические характеристики. Перспективы добычи»

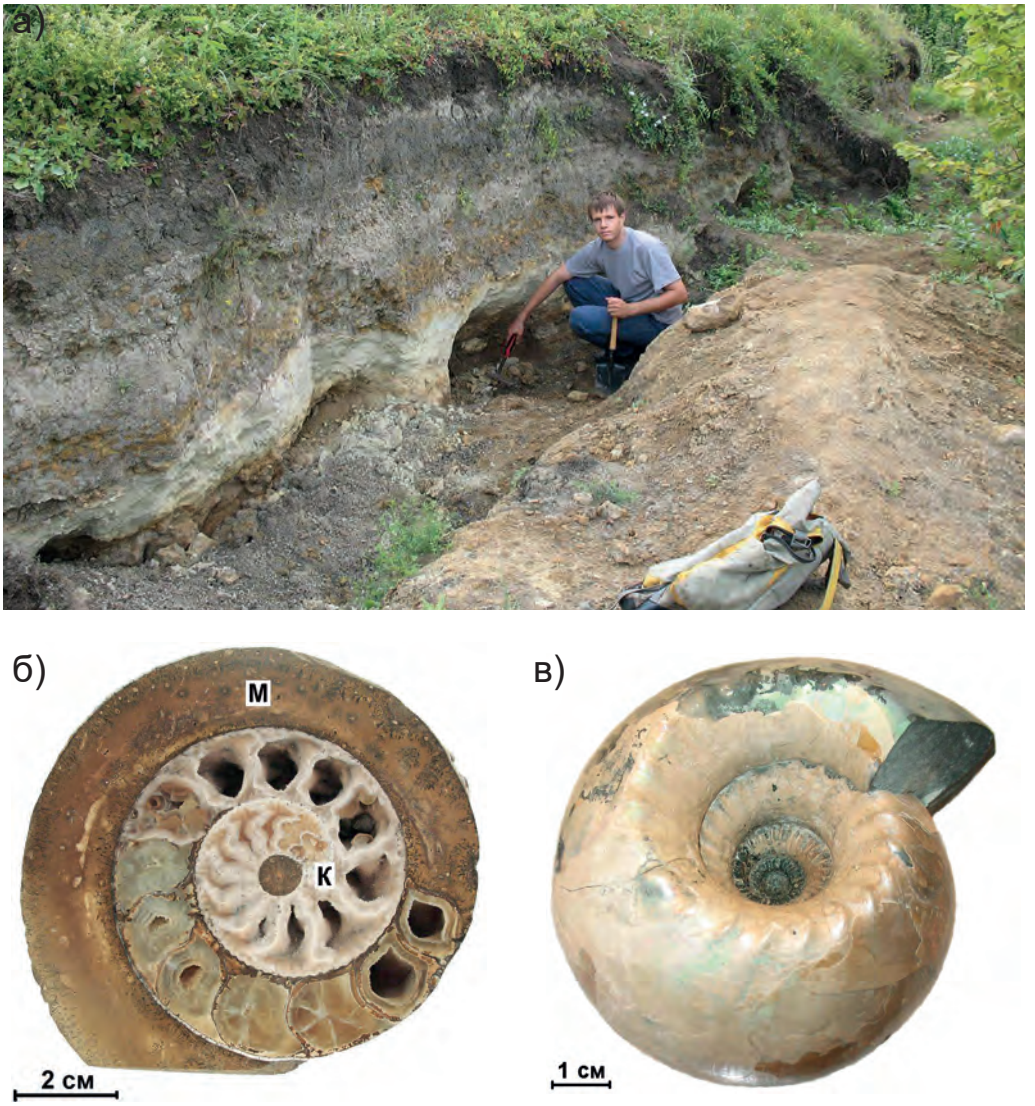


Рис. 1. Расчистка с отложениями верхнебатского яруса в заброшенном карьере у с. Исады (а); продольный срез аммонита рода Kepplerites из верхнебатских отложений (б); аммонит рода Cadoceras из нижнекелловейских отложений с хорошо сохранившимся перламутровым слоем (в). М — мергель, К — кальцит

Fig. 1. Excavations with upper bathonian deposits in the abandoned mine near Isad village (a); longitudinal section of the ammonite of the genus Kepplerites from upper bathonian deposits (б); ammonite of the genus Cadoceras from Lower Callovian deposits with a well-preserved mother of pearl layer (c). M — marl, K — calcite

а)

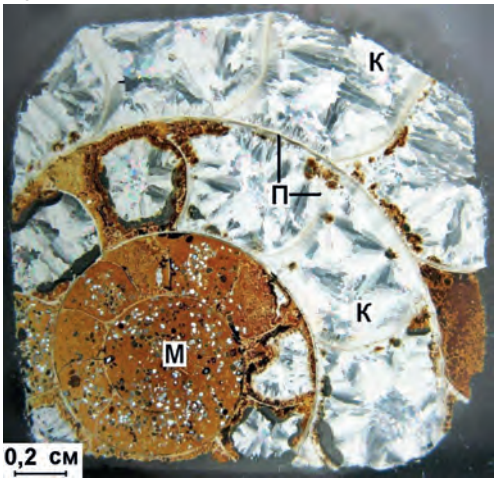
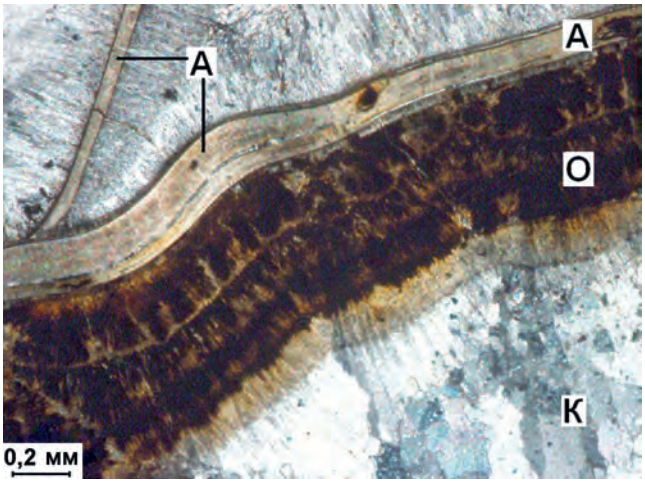
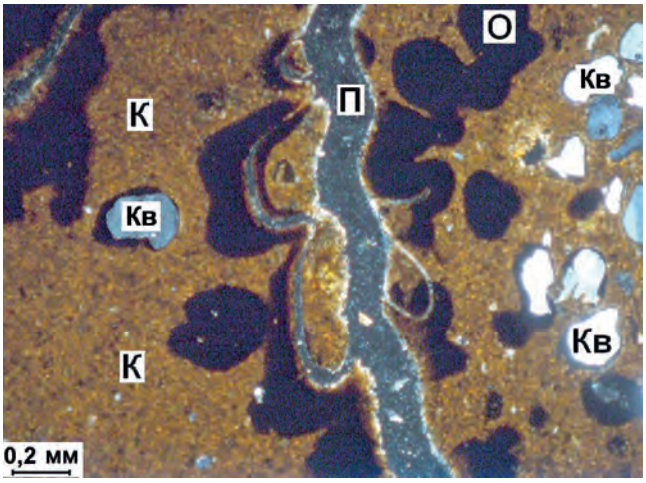


Рис. 2. Прозрачный шлиф аммонита (а), включающий перегородки и стенки раковины (П), камеры выполненные кальцитом (К) и мергелем (М); фрагменты детализации (б, в): стенка и перегородка раковины, выполненная арагонитом (А) с прилегающими слоями кальцита (К) и оксидов Mn и Fe (О) (б); перегородка раковины (П), камеры выполненные мергелем с включениями кварца (Кв) и оксидов Mn и Fe (О) (в). Николи X — а, б; || — в

Fig. 2. Transparent ammonite section (a), including septums and shell walls (П), chambers filling with calcite (К) and marl (М); Fragments of detail (b, v): wall and septum made of aragonite (А) with adjacent layers of calcite (К) and oxides of Mn and Fe (О) (b); shell septum (П), chambers filling by marl with inclusions of quartz (Кв) and oxides of Mn and Fe (О) (v). Nicols X — a, b; || — v

б)



в)