МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ГЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕРЬЕРНО-ЮВЕЛИРНЫХ АММОНИТОВ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. А. Петроченко

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Москва

p-d-a@mail.ru

Изделия из аммонитов пользуются в настоящее время повышенным спросом. Аммониты интерьерного качества известны и в Ярославской области. Автором впервые детально изучены минеральный состав и геммологические характеристики интерьерно-ювелирных аммонитов Ярославской области. Аммониты имеют позднеюрский возраст, но заключены в водно-ледниковых отложениях четвертичного возраста. Для аммонитов характерен перламутровый слой с яркой разноцветной иризацией.

Комплекс исследований аммонитов включал определение микротвёрдости, плотности, люминесценции, оптико-петрографический анализ, определение минерального и химического состава, электронно-зондовые и электронно-микроскопические исследования. Аммониты состоят преимущественно из апатита (42—67 мас. %) и кальцита (16—48 мас. %). Присутствуют: кварц, глауконит, каолинит, гидрослюда, гётит, пирит и рентгеноаморфная фаза. Из элементов-примесей фиксируются высокие содержания (мас. %): Sr — 0.170 и Ba — 0.028. Содержания радиоактивных и канцерогенных элементов находятся на уровне фоновых.

Стенки и перегородки раковины аммонита полностью утратили первоначальный арагонитовый состав и состоят из апатита, кальцита с включениями гётита и пирита. Иризация перламутрового слоя связана с пластинчатыми слоями преимущественно апатита, унаследовавшими структуру пластинчатых слоёв арагонита. Цвет иризации определяется размером и упорядоченностью пластин и не зависит от их минерального состава.

Аммониты Ярославской области представляют коммерческий интерес в качестве интерьерных образцов. Фрагменты перламутрового слоя с яркой иризацией могут использоваться для изготовления кабошенов аммонита.

Ключевые слова: аммонит, арагонит, апатит, иризация, аммонит, ювелирные материалы, Ярославская область.

MINERAL COMPOSITION AND GEMOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE INTERIOR AND JEWELLERY AMMONITES OF THE Yaroslavl REGION

D. A. Petrochenkov

Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze, Moscow

p-d-a@mail.ru

Products from ammonites are currently in high demand. The author for the first time studied in detail the mineral composition and gemological characteristics of the interior and jewellery ammonites of the Yaroslavl region. Late Jurassic ammonites redeposited in the water-glacial Quaternary sediments. Ammonites are characterized by a nacre layer with bright multi-colored iridescence.

The complex of ammonite studies included the determination of microhardness, specific gravity, luminescence, optical-petrographic analysis, determination of the mineral and chemical composition, electron-probe and electron-microscopic studies. Ammonites consisted mainly of apatite (42—67 wt. %) and calcite (16—48 wt. %). Quartz, glauconite, kaolinite, hydromica, goethite, pyrite and x-ray amorphous phase were present. The following elements-admixture had high content, wt. %: Sr — 0.170 and Ba — 0.028. The contents of radioactive and carcinogenic elements were at the level of background.

The walls and partitions of the ammonite shell completely lost the original aragonite composition and consisted of apatite, calcite with inclusions of goethite and pyrite. The iridescence of the pearly layer was associated with lamellar layers of predominantly apatite, which inherited the structure of lamellar layers of aragonite. The color of iridescence was determined by the size and orderliness of the plates and did not depend on their mineral composition.

Ammonites of the Yaroslavl region are of commercial interest as interior samples. Fragments of the pearl layer with bright iridescence can be used to make ammonite cabochons.

Keywords: ammonite, aragonite, apatite, irization, ammonite, jewelry materials, Yaroslavl region.

Аммониты, а также изделия из них пользуются в настоящее время повышенным спросом. Аммониты как поделочный и ювелирный материал входят в группу гидрогенных биоминеральных образований [1]. Аммониты характеризуются разнообразием цветовых оттенков, форм и размеров, структурными и текстурными особенностями внутреннего строения, положительными технологическими характеристиками, что позволяет изготавливать широкий спектр сувенирных и ювелирных изделий. Несомненно, каждое изделие из аммонитов является индивидуальным. На мировой рынок аммониты поступают преимущественно из Мадагаскара

[10], Марокко [5, 8], Канады [9], а также России [3, 4]. Аммониты интерьерного качества известны и в Ярославской области.

Местонахождение аммонитов расположено в Рыбинском административном районе на левом берегу р. Черёмухи от южного края д. Ивановское до южного края д. Михалёво. Для аммонитов характерен перламутровый слой с яркой красной, оранжевой и зелёной окраской (рис. 1, а). Аммониты позднеюрского возраста [2, 6, 7], переотложены в водно-ледниковых четвертичных отложениях, обнажающихся в береговых обрывах. Аммониты часто находятся в русле реки, где их и собирают.

Рис. 1. Фосфоритовая конкреция с верхневолжскими аммонитами рода *Craspedites* из водно-ледниковых плейстоценовых отложений в бассейне реки Черёмухи (а); кабошон аммолита (b)

Fig. 1. Phosphorite concretion with Upper Valanginian ammonites of the genus *Craspedites* from the fluvioglacial Pleistocene sediments in the basin of the river Cheremukha (a); Ammolite cabochon (b)

Четвертичная система (Q) представлена слоями разнозернистого песка и суглинком. Выделяется 3 слоя.

Нижний слой (Q_2) состоит из мелкозернистого тёмно-серого песка с конкрециями фосфоритов и галькой магматических пород. Мощность слоя 0.2 м.

Средний слой (Q_2) залегает с размывом на нижнем слое и представлен среднезернистым голубовато-серым песком с редкими фосфоритовыми конкрециями, мелкозернистым слюдястым светло-серым песком, среднезернистым серовато-бурым песком с редкой галькой кристаллических пород. Мощность слоя 0.6 м.

Верхний слой (Q_3) залегает с размывом на среднем слое и представлен суглинком с большим количеством гальки и крупных валунов кристаллических пород. Мощность слоя 1.2 м.

Аммониты интерьерного и ювелирного качества сосредоточены преимущественно в нижнем слое. Тёмная окраска песка обусловлена обильной примесью глинистых частиц, образованной при размывании подстилающей нижнекемериджской глины. Слой переполнен округлыми конкрециями фосфоритов мелкозернистого песчаника. Конкреции изобилуют ископаемой фауной верхневолжского подъяруса, в которой присутствуют аммониты: *Kachpurites*, *Craspedites*, *Garniericeros* [2].

Методы исследований

Комплекс исследований аммонитов ювелирно-поделочного качества проведен на кафедре минералогии и геммологии МГРИ-РГГРУ, в ВИМС, ИГЕМ РАН. Он включал определение микротвёрдости, плотности, люминесценции, оптико-петрографический анализ, определение минерального и химического состава, электронно-зондовые и электронно-микроскопические исследования.

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический и минералогический анализы выполнены с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвёрдость определялась на микротвердомере «ПМТ-3» с нагрузкой 50 г и выдержкой 15 сек. Плотность образцов была выявлена гидростатическим методом на электронных весах Sartorius Gem G 150D. Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой Multispec System Eickhorst с $\lambda = 254$ и 365 нм. Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на дифрактометре X'Pert PRO MPD. Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе Jeol JXA-8100, позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ) и характеристическом рентгеновском излучении (ХРИ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии. Электронно-микроскопическое изучение образцов проведено на растровом электронном микроскопе (РЭМ) Tesla BS-301, оснащённом рентгеновским спектрометром с дисперсией по энергии, позволяющем определить элементный состав от Mg до U. Детальное минералогическое изучение аммонитов Ярославской области интерьерно-ювелирного качества с использованием современных методов исследования проведено впервые.

Геммологические характеристики

Изученные геммологические характеристики включали минеральный состав (рассмотрен ниже), размер, цвет, плотность, микротвёрдость, люминесценцию аммонитов. Размер хорошо сохранившихся аммонитов колеблется от 1 до 5 см.

Перламутровый слой у небольших по размерам раковин незначительной (десятые доли мм) толщины легко разрушается. В разрушенных участках могут проявляться лопастные линии серовато-белого цвета на чёрной поверхности раковины. Встречаются фрагменты более крупных раковин, перламутровый слой которых достигает толщины 1 мм, он пригоден для изготовления кабошонов аммолита. В аммолите представлены преимущественно оранжевые и ко-

ричевые цвета, реже сочетание оранжевых и зелёных (рис. 1, b). Аммолит, за редким исключением, невысокого качества. Микротвёрдость перламутрового слоя в аммолите 180 кг/мм², а торцевой поверхности стенки — 143 кг/мм². Люминесценция не наблюдается.

Внутренняя часть раковин выполнена преимущественно фосфоритом чёрного, реже тёмно-серого цвета. Часто камеры остаются незаполненными. Фосфорит содержит большое количество пор, легко разламывается в руках. Излом неровный, раковистый, с мелкими кавернами. Фосфорит плохо полируется, и без предварительной пропитки смолами получить зеркальную поверхность невозможно. Неразрушенные газовые камеры раковин частично или полностью выполнены кальцитом. В неполностью выполненных камерах (жеодах) на поверхности внутренних стенок образуются щёточки мелких, до 3 мм, бесцветных и светло-серых кристаллов кальцита копьевидной формы. Реже встречаются камеры, полностью выполненные кальцитом. Кальцит в них полупрозрачный, бесцветный и просвечивающий, светло-серого и белого с желтоватым оттенком цвета. Плотность фосфорита в среднем — 2.5 г/см³. Микротвёрдость фосфорита в среднем 256 кг/мм², кальцита — 182 кг/мм². Люминесценция не проявлена. Люминесцируют оранжевым цветом в фосфорите фрагменты раковин фосфоритов.

Основной объём аммонитов представляет интерес в качестве интерьерных образцов, в том числе и на естественной породе. Небольшие аммониты размером 1–2 см с хорошо сохранившимся перламутровым слоем могут использоваться для изготовления кулонов и колец, но их объём невелик.

Минеральный, химический состав и структурные особенности аммонитов

По данным РКФА, аммониты состоят преимущественно из апатита (42–67 мас. %) и кальцита (16–48 мас. %). В аммонитах установлены также содержания (мас. %): кварца — 2–10, гётита — 1–2, пирита — 1–2, каолинита — 2, глауконита — 1, гидрослюда — 1, фиксируется рентгеноаморфная фаза (РАФ) < 1. Содержание минералов находится в широком диапазоне и зависит от минерализации камер. Стенки и перегородки раковин содержат (мас. %): апатит — 70–76, кальцит — 23–27, гётит — 1, пирит — 1, РАФ < 1. Арагонит, образующий исходные стенки и перегородки раковин аммонитов, не фиксируется. Ненарушенные газовые камеры аммонита выполнены преимущественно кальцитом — 97 мас. %, присутствует апатит — 3 мас. %. Фосфорит, выполняю-

щий жилые и разрушенные газовые камеры, состоит (мас. %): из кальцита — 50, апатита — 30, кварца — 12, каолинита — 3, глауконита — 2, пирита — 1, гётита — 1, гидрослюда — 1, РАФ < 1.

Химический состав аммонитов по данным РФА подтверждают результаты РКФА. Высокие содержания СаО, ППП, Р₂О₅ связаны с кальцитом и апатитом; повышенные Na₂O, Al₂O₃, SiO₂, K₂O — с кварцем и алюмосиликатами; Mg, Mn и Fe входят в структуру кальцита, Fe связан с гётитом, Fe и S — с пиритом. Отметим присутствие TiO₂, указывающее на минералы титана (табл. 1). Из элементов-примесей фиксируются высокие содержания (мас. %): Sr — 0.170, Ba — 0.028; низкие — Cr, V, Co, Ni, Zn, Rb, Zr, Y и As. Содержание радиоактивных и канцерогенных элементов находится на уровне фоновых (табл. 1).

Структурные особенности и минеральный состав аммонитов изучен в прозрачных шлифах. В строении аммонитов выделяются стенки и перегородки раковины, камеры, выполненные фосфоритом и кальцитом (рис. 2). Ширина стенок 0.15–0.2 мм, перегородок — 0.05–0.08 мм (рис. 2, b). Кальцит выполняет центральные части стенок и более широких перегородок раковин. Кристаллы пластинчатой формы размером до 0.02 мм. Апатит выполняет краевые части стенок и перегородок раковины в виде узких зон (около 0.01 мм) со скрытокристаллической структурой. Узкие перегородки раковины замещены апатитом полностью. Апатит совместно с кальцитом присутствует и в центральных частях стенок раковины. Здесь кальцит наблюдается в виде пластинчатых кристаллов размером около 0.08 мм. В стенках имеются выделения пирита округлой формы размером до 0.015 мм, часто образующие цепочки (рис. 2, c).

Кальцит, выполняющий неразрушенные камеры, крупнопризматический, размером 1–3 мм по длинной оси с ровным угасанием и отчётливо проявленной спайностью. Форма кристаллов слабоудлинённая, изометричная. Соседние кристаллы преимущественно имеют разный угол угасания. В крупных кристаллах наблюдаются вроски кальцита, определяемые по другому углу угасания. Кальцитом выполнены и трещинки шириной до 0.5 мм. Кальцит содержит большое количество мелких пор, связанных с его выщелачиванием (рис. 2, a, d).

Фосфорит состоит из большого количества включений размером 0.1–0.5 мм, сцементированных апатитом и кальцитом. Включения представлены преимущественно кварцем как округлой, так и угловатой формы. Встречаются включения алюмосиликатов, часто частично или полностью замещаемые апатитом. Замещение начинается по микротрещинкам, захваты-

Таблица 1. Химический состав (1) и содержание элементов-примесей (2) в аммоните по данным РФА
Table 1. Chemical composition (1) and the content of elements-admixture (2) in ammonite according to XFA data

1	Содержание компонента, мас. % / Component content, wt. %															
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S	ППП*				
	0,76	0,58	2,92	16,42	0,67	34,59	0,14	0,04	4,27	27,33	1,28	10,62				
2	Содержание элемента, мг/кг (×10 ^{−4} мас. %) / Element content, mg/kg (×10 ^{−4} wt. %)															
	Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	U	Th	Y	Nb	Pb	As
	29	19	13	55	13	57	24	1695	26	284	<5	<5	49	7	<10	38

Примечания: ППП* — потери при прокаливании. Note: ППП* — loss on ignition.

Рис. 2. Аншлиф (а) и прозрачные шлифы (b–d) фрагментов аммонитов, включающие стенку (b, c), перегородку (d), камеры, выполненные кальцитом и фосфоритом. Никולי: X — b, d; || — c. W — перегородка и стенка аммонита, C — кальцит, F — фосфорит, A — апатит, Q — кварц, P — пирит

Fig. 2. Solid section (a) and transparent thin sections (b–d) of ammonite fragments, including a wall (b, c), a partition (d), chambers filling with calcite and phosphate. Nicols: X — b, d; || — c. W — partition and wall of ammonite, C — calcite, F — phosphorite, A — apatite, Q — quartz, P — pyrite

вая в дальнейшем весь минерал. Апатит часто образует каёмки вокруг включений (рис. 2, b, d).

Электронно-зондовые исследования

В ОРЭ кальцит, выполняющий неразрушенные камеры, однородного цвета с различным количеством пор. Бесцветный полупрозрачный кальцит содержит небольшое количество мелких пор (рис. 3, а), в просвечивающем кальците их количество возрастает. Участок с непрозрачным кальцитом серого, желтовато-серого цвета содержит большое количество разноразмерных пор. Размер крупных пор достигает 360 мкм. Они частично выполнены мелкими (1–5 мкм) кристаллами апатита, образующими протяженные цепочки и изометричные, сложной формы выделения размером до 40 мкм (рис. 3, b). Это указывает на то, что апатит образовался позднее кальцита, выполняет в нём поры, трещинки. В порах, по данным ХРИ, фиксируются высокие содержания Si, связанные с кварцем, вероятно в гелеобразном состоянии.

Фосфорит состоит из сцементированных окатанных и угловатых зёрен полиминерального состава размером 50–400 мкм. В ОРЭ и ХРИ отражается минеральный состав фосфорита (рис. 3, c, d). По высоким содержаниям Si выделяется кварц, Ca — кальцит, Fe — гётит; по сочетанию высоких содержаний P и Ca — апатит, Fe и S — пирит, Si и Al — алюмосиликаты (рис. 3, d). Кальцит является цементом в фосфорите, занимая пространство между включениями, а так-

же выполняет центральную часть отдельных включений. В ОРЭ кальцит имеет однородную серую окраску. Апатит окаймляет включения узкими (2–4 мкм) слоями, выполняет в отдельных из них центральные части, образует выделения сложной формы с большим количеством мелких пор. Кварц встречается в виде угловатых обломков размером до 50 мкм, а также округлых мелких (1–10 мкм) включений. Как правило, крупные включения кварца обрамляются апатитом.

Более детальное изучение включений алюмосиликатов позволяет выделить по химическому составу глауконит и каолинит. Алюмосиликат округлой формы размером 300–500 мкм обрамляется прерывистой каймой апатита с большим количеством пор (рис. 4, а). По алюмосиликату развиваются с образованием корочек гётит и пирит. Частично гётит с включениями пирита замещает и окаймляющий апатит. Корочки часто имеют зональное строение. Основная их часть выполнена гётитом, имеющим в ОРЭ светло-серую окраску. Краевая их часть в виде прерывистых цепочек выполнена мелкими, около 4 мкм, кристаллами пирита, часто глобулярной формы. Пирит в ОРЭ белого цвета (рис. 4, а). Включения глауконита могут быть почти полностью замещены гётитом и пиритом, при слиянии которых образуются корочки и слои с большим количеством пор (рис. 4, b). Форма выделений гётита и пирита указывает на их развитие по микротрещинкам в глауконите и апатите. Включения каолинита лентовидной формы, длиной до 100 мкм и шириной до 3 мкм в апатите и каль-

Рис. 3. Стенка (W) и камера аммонита, выполненные кальцитом (C) с тонкими слоями апатита (A) и мелкими порами (Po) — а; непрозрачный кальцит (C), выполняющий камеру, с большим количеством крупных пор (Po) и мелкими включениями апатита (A) — б; фрагмент фосфорита, состоящего из кальцита (C), апатита (A), кварца (Q) и алюмосиликатов (As) в ОРЭ — с и ХРИ — d. Микрозонд

Fig. 3. A wall (W) and an ammonite chamber filling with calcite (C) with thin layers of apatite (A) and small pores (Po) — a; opaque calcite (C) filling the chamber, with a large number of large pores (Po) and small inclusions of apatite (A) — b; a fragment of phosphorite, consisting of calcite (C), apatite (A), quartz (Q) and aluminosilicates (As) in the BSE — c and CXRE — d. Microprobe

Рис. 4. Фосфорит с включениями: алюмосиликата (As), гётита (Gt), пирита (P) — а; глауконита (Gl), гётита (Gt) — б; каолинита (K) — с; полиминеральное зональное включение, образованное апатитом, кальцитом, пиритом — d. Микрозонд, ОРЭ. А — апатит, С — кальцит, Р — пирит, Po — поры

Fig. 4. Phosphorite with inclusions: aluminosilicate (As), goethite (Gt), pyrite (P) — a; glauconite (Gl), goethite (Gt) — b; kaolinite (K) — c; polymineral zone inclusion formed by apatite, calcite, pyrite — d. Microprobe, BSE. A — apatite, C — calcite, P — pyrite, Po — pores

Таблица 2. Химический состав кальцита в аммонитах по данным РСМА
Table 2. The chemical composition of calcite in ammonites according to X-ray microanalysis

Содержание элемента, мас. % / Element content, wt. %				
Mg	Mn	Fe	Ca	O
0.11—0.35*	0.10—0.32	1.11—1.96	35.12—37.95	14.85—16.13
0.22	0.21	1.44	36.71	15.54

Примечания: * — в числителе — крайние значения, в знаменателе — средние по 36 спектрам.

Note: * — in the numerator, the minimum and maximum values, in the denominator — the average of 36 spectra.

ците (рис. 4, с). В таких комплексных образованиях присутствует большое количество пор.

В фосфорите наблюдаются округлые, размером до 100 мкм полиминеральные включения с зональной структурой (рис. 4, d). Внешнюю зону включения образует слой апатита шириной около 3 мкм с большим количеством пор. Линия контакта с кальцитом с внешней стороны неровная, волнообразная, мелкозубчатая, с внутренней — ровная. Далее следует кольцевая зона кальцита шириной около 20 мкм. Кальцит однороден по строению и не содержит пор. Ядро включения овальной формы, размер 50 мкм по длинной оси, выполнено апатитом. Апатит часто замещён пиритом, образующим прерывистые кольцевые слои шириной до 1.5 мкм и небольшие (до 5 мкм) изометричные выделения.

По данным РСМА, кальцит различных участков аммонитов однороден. Из элементов-примесей в нём фиксируются (ср., мас. %): Mg — 0.22, Mn — 0.21 и Fe — 1.44 с небольшими колебаниями значений (табл. 2). Апатит из элементов-примесей содержит в среднем (мас. %): Na — 0.64, Mg — 0.21, S — 0.19, Fe — 0.25 и Sr — 0.57 и по химическому составу относится к гидроксипатиту. Содержания S и Fe связаны с микровключениями пирита и гётита. В пирите из элементов-примесей фиксируется As — от 0.45 до 1.31 мас. %.

Электронно-микроскопические исследования

Изучена внешняя стенка аммонита с тёмно-красной и зелёной иризацией. В верхней части слоя выделяется клиновидный прослой шириной 50—200 мкм, в пределах которого наблюдается зеленая иризация. Для прослая характерна чётко выраженная пластинчатая структура (рис. 5, а). Ширина пластин колеблется в значительных пределах. Наряду с мелкими пластинами шириной 2—3 мкм и толщиной 0.3—0.6 мкм, что соответствует размерам первоначального арагонита, присутствуют более крупные, шириной 10—15 мкм и толщиной около 2 мкм, с нечёткими контурами. Крупные пластины образованы в результате перекристаллизации мелких. Для прослая характерно большое количество пор вытянутой формы, а также фрагменты, образованные изометричными округлыми образованиями размером 4—8 мкм. Спектрограмма фиксирует высокие содержания P, Ca и повышенные Al, Si, Sr, K и Fe, что указывает на полиминеральный, преимущественно апатитовый состав прослая.

Перламутровый слой с тёмно-красной иризацией состоит из пластин шириной 3—4 мкм при толщине 0.6—0.8 мкм. При срастании пластины формируют вертикальные колонны. В других фрагментах слой состоит из округлых образований сложной формы размером до 8 мкм. Для слоя характерно большое количество мелких пор (рис. 5, b). Спектрограмма фиксирует высокие содержания Ca, P и повышенные Si, Sr, K и Fe, что указывает преимущественно на апатитовый состав слоя.

Перламутровый слой с отсутствием иризации состоит преимущественно из округлых изометричных образований со сложным, нечётко выраженным контуром (рис. 5, c). Размер образований колеблется от 2 до 8 мкм. Характерно большое количество пор. Исходная структура арагонита полностью утрачена. Спектрограмма фиксирует те же элементы, что и в слоях с тёмно-красной и зелёной иризацией, указывая на аналогичный минеральный состав.

Таким образом, верхняя часть перламутрового слоя, с которой связана иризация, частично сохраняет исходную пластинчатую структуру при полном за-

Рис. 5. Структура перламутрового слоя с зелёной (а) и тёмно-красной (b) иризацией, а также без иризации (с). РЭМ

Fig. 5. The structure of the nacre layer with green (a) and dark red (b) iridescence, without iridescence (c). SEM

мещении арагонита преимущественно апатитом. Цвет иризации определяется размером и упорядоченностью пластин и не зависит от их минерального состава.

Выводы

Аммониты Ярославской области коммерческого качества состоят преимущественно из апатита и кальцита. Присутствуют: кварц, глауконит, каолинит, гидрослюда, гётит, пирит, РАФ. Перегородки и стенки аммонитов полностью утратили первоначальный арагонитовый состав и состоят из апатита, кальцита с включениями гётита, пирита и РАФ.

Для аммонитов характерен перламутровый слой с разноцветной яркой иризацией. Иризация связана с пластинчатыми слоями преимущественно апатита, унаследовавшими структуру пластинчатых слоёв арагонита. Цвет иризации определяется размером и упорядоченностью пластин и не зависит от их минерального состава.

Аммониты Ярославской области представляют коммерческий интерес преимущественно в качестве интерьерных образцов. Фрагменты перламутрового слоя с яркой иризацией могут использоваться для изготовления кабошонов аммолита.

Литература

1. Буканов В. В. Цветные камни и коллекционные минералы: Энциклопедия. СПб., 2014. 464 с.
2. Киселев Д. Н., Баданов В. Н., Муравин Е. С. и др. Атлас геологических памятников природы Ярославской области. Ярославль: ЯГПУ, 2003. 121 с.
3. Петроченков Д. А. Структурные особенности и минеральный состав раковин готеривских аммонитов Ульяновской области // Изв. вузов. Геология и разведка. 2006. № 5. С. 26—30.
4. 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.
5. Петроченков Д. А. Особенности отработки верхнедевонских ювелирно-поделочных аммонитов Марокко // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 2. С. 34—41.
6. Рогов М. А. Стратиграфия нижневолжских отложений Русской плиты // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. Т. 10. № 4. С. 35—51.
7. Рогов М. А., Барабошкин Е. Ю., Гужиков А. Ю. и др. Границы юры и мела в Среднем Поволжье // Международная научная конференция по проблеме границы юрской и меловой системы: Путеводитель экскурсии. Самара: ФГОБУ СамГТУ, 2015. 130 с.

8. Bockwinkel J., Becker R. T., Ebbighausen V. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, Southern Morocco) // Fossil Record. 2013. Vol. 01.16 (1) 2013. pp. 5—65.

9. Mychluk K. Update on ammonite production from Southern Alberta, Canada // Gems & Gemology. 2009. Vol. 45. № 3. pp. 192—196.

10. Walaszczyk I., Kennedy W. J., Dembicz K., Gale A. S., Praszlier T., Rasoamiamanana 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.

References

1. Bukanov V. V. *Colored stones and collection minerals. Encyclopedia.* Saint Petersburg, 2014, 464 p.
2. Kiselev D. N., Badanov V. N., Muravin E. S., et al. *Atlas of Geological Monuments of Nature of the Yaroslavl Region.* Yaroslavl: YAGPU, 2003, 121 pp.
3. Petrochenkov D. A. *Struktural features and mineral composition of Hauterivian ammonite shells from the Ulyanovskaya area.* Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i Razvedka. V. 5, 2006, pp. 26—30.
4. Petrochenkov D. A., Bykhovsky L. Z. *Jewellery/ornamental ammonites: problems of valuation and production prospects.* Mineral resources of Russia. Economics and Management. V. 4, 2018, pp. 15—22.
5. Petrochenkov D. A. *Features of production of the upper devonian jewelry-ornamental ammonites of Morocco.* Mining informational and analytical bulletin. Moscow, 2018. V. 2, pp. 34—41.
6. Rogov M. A. *Stratigraphy of the Lower Volga sediments of the Russian Plate.* Stratigraphy. Geological correlation. 2002, V. 10, No. 4, pp. 35—51.
7. Rogov M. A., Baraboshkin E. Yu., Guzhikov A. Yu., Efimov V. M. *The Jurassic-Cretaceous boundary in the Middle Volga region.* Field guide to the «International meeting on the Jurassic/Cretaceous boundary». 2015, Samara, Samara STU Publ., 130 p.
8. Bockwinkel J., Becker R. T., Ebbighausen V. *Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, Southern Morocco).* Fossil Record, 2013. V. 01.16 (1) 2013, pp. 5—65.
9. Mychluk K. *Update on ammonite production from Southern Alberta, Canada.* Gems & Gemology. 2009, V. 45, No 3, pp. 192—196.
10. Walaszczyk I., Kennedy W. J., Dembicz K., Gale A. S., Praszlier T., Rasoamiamanana 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. V. 89, pp. 79—132.