ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
GIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;3:142-150

УДК 553.5 (691) DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-142-150

АММОНИТЫ И СЕПТАРИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «АТАТАО», МАДАГАСКАР. МЕТОДЫ ДОБЫЧИ, ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Д.А. Петроченков

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

Аннотация: Проведено комплексное изучение современными методами исследований аммонитов и септарий интерьерного и ювелирно-поделочного качества месторождения Ататао, Мадагаскар. Установлено, что аммониты преимущественно кальцитового состава до 85 мас. %. Присутствуют кварц, каолинит, гидрослюда, арагонит, плагиоклаз, гипс, гематит, апатит, ильменит. Арагонит образует раковины аммонитов. Аммониты в качестве ювелирно-поделочного материала не используются из-за их низкой декоративности и плохой полируемости. Коммерческий интерес представляют интерьерные образцы, как в виде целых раковин, так и продольных полированных распилов. Основной коммерческий интерес на месторождении представляют септарии. Септарии состоят из мергеля и разноокрашенных прожилков кальцита. Выделяют два вида коммерческого сорта: с кальцитом преимущественно светло-желтого и преимущественно темно-коричневого цвета. Цвет кальцита определяется содержаниями элементов-примесей Mg, Mn и Fe. Мергель септарий состоит преимущественно из кальцита с включениями кварца, алюмосиликатов, гипса, гетита, гематита, ильменита, лейкоксена, апатита, представленного гидроксиапатитом; фиксируются арагонит, выполняющий фрагменты раковин фоссилий. Септарии месторождения характеризуются высокой декоративностью и положительными технологическими характеристиками, что позволяет использовать их для изготовления широкого ассортимента сувенирных изделий, а также в ювелирных украшениях.

Ключевые слова: ювелирно-поделочное сырье, аммонит, септарии, верхнеюрские отложения, кальцит, арагонит, гипс, Мадагаскар.

Для цитирования: *Петроченков Д. А.* Аммониты и септарии месторождения «Ататао», Мадагаскар. Методы добычи, геммологические характеристики // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 3. – С. 142–150. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-142-150.

Ammonites and septaries of Atatao deposit, Madagascar: features of gemology and production

D.A. Petrochenkov

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

Abstract: The world market presents ammonites and septaries for interior design and jewelery from the Atatao deposit, Madagascar. Mining is carried out by shallow open pits dug by primitive tools

© Д.А. Петроченков. 2019.

without preliminary exploration. The pay zone 2–5 m thick occurs at a depth 10 m from the surface and is connected with the Upper Jurassic sediments represented by glauconitic, plastered marls and clays. The marketable quality ammonites occur in concretions with septaria. The size of concretions is from 5 to 2 m. Ammonites have mostly calcite composition, up to 85 % by mass. Quartz, kaolinite, hydromica, aragonite, plagioclase, gypsum, hematite, apatite and ilmenite are also present. Aragonite forms ammonite shells. Ammonites are not used as a jewelry material due to low ornamentality and poor polishing capacity. Of commercial interest are samples suitable for interior design, both in the form of whole shells and longitudinal polished cuts. The product of the primary commercial interest is septaries. Septaries consist of marl and variously colored streaks of calcite. There are two commercial grades: with mostly light yellow and with mostly dark brown calcite. The color of calcite is determined by the content of admixture-elements of Mg, Mn and Fe. Marl of septaries consists mainly of calcite with inclusions of quartz, aluminosilicates, gypsum, goethite, hematite, ilmenite, leucoxene, apatite, represented by hydroxyapatite; aragonite is traced in fragments of fossil shells. Septaria of the Atatao deposit are highly decorative and feature good process characteristics, which allows them to be used for manufacture of wide range souvenirs, as well as in jewelry. The experience of production of ammonites and septaries in Madagascar can be useful in the Russian Federation possessing significant reserves of these minerals suitable for interior design and jewelry manufacturing.

Key words: jewelry and ornamental raw materials, ammonite, septaries, Upper Jurassic sediments, calcite, aragonite, gypsum, Madagascar.

For citation: Petrochenkov D. A. Ammonites and septaries of Atatao deposit, Madagascar: features of gemology and production. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;3:142-150. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-03-0-142-150.

Введение

В последние десятилетия высоким спросом на мировом рынке стали пользоваться коллекционные и интерьерные аммониты, а также изделия из них [1, 4]. В ряде стран — Марокко [3], Мадагаскар [9] — аммониты являются важным элементом экспорта. Высоко ценятся канадские аммониты с яркой цветной иризацией ископаемого перламутра [12]. Аммониты и изделия из них поступают на российский и мировой рынок из ряда областей РФ [2, 4]. Попутно с аммонитами добываются и другие виды ювелирно-поделочного сырья, основным из которых является септарии.

Для аммонитов Мадагаскара характерны высокая сохранность раковин, включая перламутровый слой, широкий диапазон размеров и цветовых оттенков, а также доступные цены. Аммониты небольших размеров в значительных объемах используются для изготовления ювелирных изделий, крупные — в интерьере и ландшафтном дизайне. Месторождения аммонитов расположены в трех провинциях западной части острова: Махаджанга (Mahajanga), Морондава (Morondava) и Толиара (Toliara). В провинции Махаджанга известно два месторождения: «Модировала» (Modirovala) и «Ататао» (Atatao). В последнем добывают аммониты и септарии.

Стратиграфия Мадагаскара изучена крайне слабо, особенно относительно привязки к месторождениям аммонитов [6, 7, 10—12]. Все районы добычи аммонитов расположены в пределах мезозойского геосинклинального прогиба с карбонатно-теригенными породами триаса, юры и мела. Магматические породы представлены вулканическим комплексом: базальтами, диабазами, трахитами. В статье приведены данные о методах отработки и стратиграфии месторождения «Ататао», собранные автором в пе-

риод посещения в 2014 г. Мадагаскара, а также впервые результаты детальных минералогических и геммологических исследований аммонитов и септарий интерьерного и ювелирно-поделочного качества.

Опыт добычи аммонитов и септарий на Мадагаскаре может быть интересен в РФ, обладающей значительными ресурсами аналогичного сырья [4]. В настоящее время в РФ аммониты и септарии не рассматриваются в качестве ювелирно-поделочного материала, не ведется учет их запасов [5], что существенно сдерживает их добычу.

Методы исследования

Комплекс исследований аммонитов и септарий проведен на кафедре минералогии и геммологии МГРИ-РГГРУ, в ФГУП «ВИМС» и ИГЕМ (РАН). Он включал определение микротвердости, люминесценции, описание прозрачных шлифов, количественное определение химического, минерального состава, электронно-зондовые исследования.

Количественное определение химического состава выполнено методом рентгеноспектрального флюоресцентного анализа (РФА). Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на установке «X° Pert PRO MPD». Микротвердость определялась на микротвердометре «ПМТ-3» с нагрузкой весом 50 г и выдержал 15 с. Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «MULTISPEC System Eickhorst» с λ = 250 и 365 нм. Описание прозрачных шлифов проведено под микроскопом «Полам Р-112». Электронно-зондовые исследования проведены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющим определять содержания элементов методом локального рентгеноспектрального анализа (ЛРСА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ).

Методы эксплуатации месторождения

Месторождение аммонитов и септарий «Ататао» расположено в западной части Мадагаскара (районный центр г. Махаджанга) приблизительно в 20 км на север от населенного пункта Tsaramandroso. Коммерческий интерес представляют аммониты интерьерного качества, некоторые экземпляры из которых достигает в диаметре 1 м и декоративные септарии с прожилками разноокрашенного кальцита.

Месторождение отрабатывается с 1975 г., занимает площадь 7×2 км. Отработка месторождения осуществляется шурфами (рис. 1, *а*, см. Приложение 1, с. 162). Размер шурфа колеблется от 1,5×2 до 2×3 м. Шурф углубляется до продуктивного горизонта, который отрабатывается рассечками на 2—3 м, редко до 5 м. Крепления не используются. При начале обрушения кровли рассечки эксплуатация шурфа завершается и закладывается новый шурф. Глубина шурфов невелика и обычно составляет 2—5 м, но в редких случаях может достигать и 10 м. В пониженных местах рельефа продуктивный горизонт выходит на поверхность и размывается логами. В результате в русле накапливаются конкреции и формируется россыпь (рис. 1, *б*, см. Приложение 1, с. 162).

Объектом добычи является конкреции (рис. 2, *а*, см. Приложение 1, с. 162). Размер конкреций колеблется от 5 см до 2 м, а их вес достигает 500 кг. Основное число конкреций имеет размер около 25 см. Форма конкреций сферическая, овальная, иногда сильно вытянутая. Аммониты коммерческого качества (рис. 3, см. Приложение 1, с. 163) встречаются только в конкрециях и достаточно редко.

Наряду с аммонитами в отложениях присутствуют белемниты, брахиоподы, морские звезды и другие фоссилии, но коммерческого интереса они не пред-

ставляют. Попутно на месторождении в небольших объемах добывают гипс (рис. 2, *б*, см. Приложение 1, с. 163).

Основной коммерческий интерес на месторождении представляют септарии — конкреции с прожилками разноокрашенного кальцита (рис. 4, см. Приложение 1, с. 163). Выделяет два сорта септарий: выполненных преимущественно светлым кальцитом желтоватых оттенков (рис. 4, *б*, см. Приложение 1, с. 163) и с кальцитом характерного темно-коричневого до черного цвета (рис. 4, *в*, см. Приложение 1, с. 163). Последний ценится существенно выше, но встречается реже.

На месторождении работы проводят круглогодично. Работают около 50 человек — местные жители. Добывается в среднем около 10 т конкреций в месяц, как правило, по предварительному заказу. Непосредственно на месторождении переработку не проводят и весь объем конкреций продается представителям камнеперерабатывающих мастерских, которые расположены преимущественно в столице — г. Антананариву. Вывоз необработанного материала из страны запрещен.

Аммониты и септарии месторождения «Ататао» связаны с отложениями кимериджского яруса верхней юры и представленными глауконитовыми, загипсованными мергелями и глинами общей мощностью 30 м. Аммониты представлены родами Katroliceras, Torquatisphinctes, Pachysphinctes, Aulacosphinctoides, Aspidoceras [6—8].

Разрез отложений, вскрываемых шурфами, представлен в верхней части пролювием, состоящим из гравия с песком и примесью глины красновато-коричневого цвета, мощностью около 10 см. На многих участках слой отсутствует. Ниже залегает переотложенная кора выветривания, представленная коричневато-красным суглинком без видимых включений, мощностью около 2 м (рис. 1, *а*, см. Приложение 1, с. 162). Ниже расположен продуктивный пласт, содержащий известковые конкреции, мощностью 2—5 м. Он представлен светло-серым глинистым мергелем (рис. 2, *а*, см. Приложение 1, с. 162). Слой содержит большое количество субгоризонтальных прожилков и линз гипса. Мощность прожилков около 2 см (рис. 2, *б*, см. Приложение 1, с. 162), расстояние между ними 10—12 см. Количество гипса на различных участках существенно меняется. Порода неплотная, легко разрушается при помощи лопаты, что облегчает проходку шурфов, с другой стороны, резко ограничивает длину рассечек. Конкреции встречаются достаточно часто, но распределены неравномерно как по вертикали, так и по горизонтали слоя.

По данным РКФА, продуктивный пласт глинистого мергеля состоит, мас.%: кальцит — 25, арагонит — 1, кварц — 20, гипс — 15, каолинит — 12, гидрослюды — 10, монтмориллонит — 12, плагиоклаз — 4 и хлорит — менее 1. Глинистую составляющую мергеля образует кварц, алюмосиликаты, плагиоклаз, хлорит, являющиеся характерными минералами морских отложений, и каолинит, гидрослюда, монтмориллонит — продукты их изменения в экзогенных условиях. Присутствие арагонита связано с раковинами фоссилий. Цементом мергеля является кальцит. Элементы-примеси содержатся в мергеле в незначительном количестве. Содержания более 0,01 мас.% фиксируется для Cr, V, Rb, Sr, Zr и Ba. Содержания радиоактивных U, Th и канцерогенных As, Pb элементов близки к фоновым.

Геммологические характеристики аммонитов

По данным РКФА основным минералом, образующим аммонит, является кальцит — 85 мас.%. Фиксируется арагонит — 1 мас.%, указывающий на сохранность исходного минерального со-

става стенок и перегородок раковин. Минералы морского терригенного осадка представлены, мас.%: кварцем — 4, каолинитом — 2, гидрослюдой — 2, плагиоклазом — менее 1. Минералы, образованные в ходе осадконакопления и его диагенеза представлены, мас.%: гипсом — 3, гематитом — 1, апатитом — 3. Перечисленные минералы образуют мергель, выполняющий разрушенные камеры раковины. Неразрушенные камеры выполнены преимущественно кальцитом. Электронно-зондовыми исследованиями установлены также ильменит и гетит. Из элементов-примесей с содержанием выше 0,01 мас.% фиксируется только Sr (0,048), связанный с кальцитом и арагонитом. Содержания радиоактивных и канцерогенных элементов близки к фоновым.

Большинство аммонитов месторождения сохраняют перламутровый слой с характерным серовато-белым, белым цветом (рис. 3, *а*, см. Приложение 1, с. 163). Перламутровый слой легко разрушается, не сохраняясь при полировке. Перегородки раковин шириной 0,1—0,6 мм у большинства аммонитов разрушены, в результате камеры выполнены преимущественно мергелем от светло-серого до черно-серого цвета. Характерны небольшие зоны коричневого и красновато-коричневого цвета различных оттенков (рис. 3, *б*, см. Приложение 1, с. 163), связанные с повышенным содержанием гидроксидов и оксидов железа. Мергель образован дисперсным полиминеральным агрегатом с пелитовой структурой, неплотный, пористый, без пропитки полируется до матового блеска.

Отдельные небольшие не разрушенные камеры, а также фрагменты более крупных камер выполнены кальцитом. Кальцит от серовато-желтого, коричневого до черного цвета. Темные разновидности непрозрачные, просвечивающие, светлые — просвечивающие, редко полупрозрачные. Характерно развитие темно-коричневого кальцита в виде каемок шириной от 1 до 5 мм вдоль стенок раковин, а также выполнение им мелких трещинок. По данным ЛРСА в кальците из элементов-примесей фиксируются высокие содержания Mg — в среднем 1,55 мас.% и низкие или нулевые Mn и Fe. Цвет и прозрачность кальцита определяется структурными особенностями кристаллов и минеральными включениями.

Текстура раковин блочно-мозаичная. Плотность аммонитов в зависимости от количественного сочетания минералов колеблется от 2,4 до 2,7 г/см^3. Микротвердость различных участков раковин колеблется незначительно, кг/мм^2: кальцит — 255, мергель — 296, мергель с гетитом и гематитом — 282. Четко проявлена люминесценция раковин, как в длинноволновом, так и в коротковолновом диапазоне. Характерна яркая люминесценция в серовато-желтых тонах кальцита. В голубых тонах люминесцируют отдельные минерализованные трещины и включения в мергеле и перламутре.

Как материал для ювелирных и сувенирных изделий аммониты месторождения «Ататао» не используются, что объясняется, как показали наши исследования, низкой декоративностью, высокой пористостью и плохой полируемостью материала. Коммерческий интерес представляют интерьерные образцы, как в виде целых раковин, так и продольных полированных распилов (рис. 3, см. Приложение 1, с. 163).

Геммологические характеристики септарий

Септарии месторождения «Ататао», с кальцитом преимущественно светло-желтого (рис. 4, *б*, см. Приложение 1, с. 163) и темно-коричневого (рис. 4, *а*, *в*, см. Приложение 1, с. 163) цвета, залегают в одном продуктивном пласте. Особенности в их распределении не выяв-

лены. По данным РКФА они состоят преимущество из кальцита 92—94 мас.%. Присутствуют, мас.%: кварц — 2, каолинит — 1—2, гетит — около 1, гидрослюда — 1—2, гипс — 1. Фиксируются также плагиоклаз, гематит, полевые шпаты, арагонит, содержание которых менее 1 мас.%. Арагонит связан с раковинами фоссилий. Электронно-зондовым методом установлены также ильменит и лейкоксен — характерные минералы донного морского осадка, и апатит. По химическому составу апатит относится к гидроксифторапатиту, он замещает арагонит раковин аммонитов, а также образует микровключения в мергеле вдоль их стенок и перегородок.

Существенных различий в минеральном составе различных сортов септарий не наблюдается. Отметим и близкий минеральный состав септарий и аммонитов, которые в них расположены. Это указывает на единые физико-химические условия минерализации в системе конкреций. Минеральный состав септарий и вмещающих их отложений также близок. Существенные отличия отмечаются в содержании кальцита, который в мергеле продуктивного слоя составляет — 39 мас.%, соответственно, возрастает сумма содержаний минералов глинистой фракции: кварца, каолинита, гидрослюды, монтмориллонита, плагиоклаза.

Химический состав различных типов септарий очень близок. Заметные различия отмечаются только для MgO. В септариях темно-коричневого цвета содержание MgO в два раза выше и составляет 1,77 мас.%. Элементы-примеси присутствуют в небольшом количестве и с низким содержанием. Содержание выше 0,01 мас.% фиксируются только для Sr — 0,055 мас.%, связанного с кальцитом. Отметим низкие содержания радиоактивных и канцерогенных элементов.

Септарии плотные, разбиваются с трудом, полируются до стеклянного блеска. Прожилки, ширина которых от 1 мм до 5 см, выполнены кальцитом. В светлом сорте септарий по краям стенок кальцит темно-коричневого цвета, непрозрачный или просвечивающий. Ширина слоев от 1 до 5 мм. Центральные части прожилков выполнены просвечивающим, а в отдельных частях полупрозрачным светло-желтым крупнозернистым кальцитом. Мелкие трещинки выполняются только темно-коричневым кальцитом. В темном сорте септарий кальцит преимущественно от темно-коричневого до черного цвета. Мергель в обоих сортах серого цвета, различных оттенков. В нем в большом количестве присутствуют минерализованные раковины фоссилий. Текстура септарий мозаичная.

В септариях обычно присутствуют полости, стенки которых инкрустированы кристаллами кальцита размером 1—5 мм. Цвет кальцита весьма разнообразен: от темно-коричневого до черного, желтый, светло-желтый, характерны зеленоватые оттенки. Вместе с кальцитом присутствуют иногда кристаллы бесцветного гипса размером до 1 см.

Плотность различных частей септарий близка и составляет 2,6—2,7 г/см^3. Близки и значения микротвердости, кг/мм^2: кальцит желтого цвета — 201, коричневого — 245, черного — 274, мергель — 210. В полированных поверхностях люминесценция проявлена отчетливо как в длинноволновом, так и в коротковолновом диапазоне. Кальцит светло-желтого цвета люминесцирует в зеленоватых тонах. Кальцит темно-коричневого цвета люминесцирует в коричневых тонах, при этом проявляется зональность в оттенках. Более светлые тона люминесценции характерны для зальбандов слоев. Люминесценция кристаллов кальцита проявлена слабее, но сохраняются те же тона, что и в полированных поверхностях. Мергель люминесцирует преимущественно в темно-коричневых тонах с меньшей

Химический состав кальцита в септария по данным ЛРСА
The chemical composition of calcite in septaria according to LRSA

Характеристика кальцита	Содержание элемента, мас.%				
	Mg	Mn	Fe	Ca	O
Серовато-желтый, просвечивающий (6)**	0,00—0,27* 0,19	0,09—0,22 0,17	0,33—1,42 1,11	37,12—37,93 37,67	15,64—15,98 15,78
Темно-коричневый, просвечивающий (9)	0,83—1,61 1,28	0,00—0,35 0,10	0,00—0,11 0,02	36,48—37,91 37,33	15,61—16,11 15,84
Желтовато-коричневый, непрозрачный (4)	0,02—0,17 0,12	0,00—0,15 0,11	0,28—0,75 0,57	37,86—38,70 38,15	15,50—15,70 15,59

* в числителе крайние значения, в знаменателе — средние; ** число спектров.

интенсивностью, чем полированные поверхности кальцита. Люминесценция мергеля проявлена неравномерно, встречаются прожилки, включения с голубыми тонами.

По данным ЛРСА в кальците из элементов-примесей фиксируются Mg, Mn и Fe, содержания которых существенно различаются (таблица). В серовато-желтом просвечивающем кальците содержания в среднем, мас.%: Mg — 0,19, Mn — 0,17, Fe — 1,11. Количество пор невелико, характерны микротрещинки, ориентированные по спайности кристаллов. В темно-коричневом просвечивающем кальците содержится большое количество пор, развивающихся по контактам кристаллов. Средние содержания элементов-примесей, мас.%: Mg — 1,28, Mn — 0,10, Fe — 0,02. Желтовато-коричневый непрозрачный кальцит содержит еще большее количество пор, а содержания элементов-примесей, мас.%: Mg — 0,12, Mn — 0,11, Fe — 0,57 (таблица). Таким образом, окраска кальцита в прожилках септарий обусловлена различным содержанием элементов-примесей. Прозрачность кальцита определяется размером кристаллов и количеством пор.

На Мадагаскаре из септарий изготавливают декоративные шары, яйца. Эффектно выглядят эти изделия, если показана внутренняя часть септарии с пустотами, стенки которых инкрустированы кристаллами черного кальцита (рис. 4, *а*, см. Приложение 1, с. 163), иногда с бесцветными кристаллами гипса. Сравнение септарий месторождения «Ататао» с другими аналогичными объектами мира показали высокую их декоративность. Положительные технологические характеристики позволяют использовать септарии для изготовления широкого ассортимента сувенирной продукции: шкатулки, декоративные полированные плитки, вазы и др. Контрастные по цветовой гамме фрагменты септарий, с интересными рисунками, могут использоваться для изготовления кабошонов для ювелирных изделий.

Выводы

Проведенными исследованиями установлено, что аммониты месторождения «Ататао» имеют преимущественно кальцитовый состав. Стенки и перегородки раковин состоят из гипса, частично сохраняя исходный арагонитовый состав. Неразрушенные камеры аммонитов выполнены кальцитом темно-коричневого цвета с включениями гетита и гематита. Цвет кальцита определяется высокими содержаниями Mg и низкими Mn и Fe. Разрушенные и жилые камеры выполнены мергелем. Мергель состоит из включений кварца, алюмосиликатов, титано-железистых оксидов, включений гетита и гематита, сцементированных дис-

персным кальцитом с примесью апатита. Цвет мергеля определяется количеством гетита и гематита, придающих ему красные оттенки, а включения апатита светло-желтые. Аммониты месторождения используются в качестве интерьерных образцов.

Септарии состоят из мергеля и разноокрашенных прожилков кальцита. Установлен их минеральный состав и элементы примеси. Цвет кальцита определяется содержаниями элементов-примесей Mg, Mn и Fe. Септарии месторождения могут использоваться и для изготовления широкого ассортимента сувенирных изделий, а также в ювелирных украшениях.

Опыт добычи аммонитов и септарий на Мадагаскаре может быть интересен в РФ, обладающей значительными ресурсами аналогичных видов интерьерного и ювелирно-поделочного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. *Петроченков Д.А.* Минеральный состав и структурные особенности ювелирных аммонитов Костромской области // Известия вузов. Геология и разведка. — 2017. — № 2. — С. 22—27.

3. *Петроченков Д.А.* Особенности отработки верхнедевонских ювелирно-поделочных аммонитов Марокко // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 2. — С. 34—41. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-34-41.

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. *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.

6. *Grulke W.* Heteromorph: the rarest fossil ammonites: nature at its most bizzarre. 2014. 224 p.

7. *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.

8. *Klinger H.C., Kennedy W.J., Grulke W.E.* New and little-known Nostoceratidae and Diplomoceratidae (Cephalopoda, Ammonoidea) from Madagascar // African Natural History. 2007. Vol. 3. pp. 89—115.

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

10. *Walaszczyk I., Marcinowski R., Praszkier T., Dembicz K., Bienkowska M.* Biogeographical and stratigraphical significance of the latest Turonian and Early Coniacian inoceramid/ammonite succession of the Manasoa section on the Onilahy River, south-west Madagascar // Cretaceous Research, 2004. Vol. 25, pp. 543—576.

11. *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.

12. *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. ГИАБ

REFERENCES

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

2. Petrochenkov D.A. Mineral composition and structure of jewelry-quality ammonite in the Kostroma Region. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2017, no 2, pp. 22—27. [In Russ].

3. Petrochenkov D.A. Features of mining Upper Devonian Moroccan ammonites suitable for jewelry and ornamental purposes. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2018, no 2, pp. 34—41. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-34-41. [In Russ].

4. 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].

5. 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].

6. Grulke W. *Heteromorph: the rarest fossil ammonites: nature at its most bizzarre*. 2014. 224 p.

7. 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.

8. Klinger H.C., Kennedy W.J., Grulke W.E. New and little-known Nostoceratidae and Diplomoceratidae (Cephalopoda, Ammonoidea) from Madagascar. *African Natural History*. 2007. Vol. 3. pp. 89—115.

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

10. Walaszczyk I., Marcinowski R., Praszkier T., Dembicz K., Bienkowska M. Biogeographical and stratigraphical significance of the latest Turonian and Early Coniacian inoceramid/ammonite succession of the Manasoa section on the Onilahy River, south-west Madagascar. *Cretaceous Research*, 2004. Vol. 25, pp. 543—576.

11. 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.

12. 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.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

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

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.