

УДК 553.8(71)

## ЮВЕЛИРНЫЕ АММОНИТЫ КАНАДЫ: ОСОБЕННОСТИ ДОБЫЧИ И ОБРАБОТКИ

**Д. А. ПЕТРОЧЕНКОВ**, доцент, канд. геол.-минерал. наук, p-d-a@mail.ru

**В. В. КУЛИКОВ**, проректор по учебной работе, проф., д-р техн. наук

**А. К. ЛИТВИНЕНКО**, зав. кафедрой, д-р геол.-минерал. наук

**Л. Д. ОНИКИЕНКО**, проф., д-р геол.-минерал. наук

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

### Введение

На мировом рынке широко представлены коллекционные и интерьерные аммониты. В последние десятилетия высоким спросом стали пользоваться также ювелирные и сувенирные изделия из аммонитов. В ряде стран, например в Марокко и на Мадагаскаре, аммониты являются важным элементом экспорта [1–4]. Популярны в мире канадские аммониты с цветной иризацией ископаемого перламутрового слоя [5, 6]. Значительный объем аммонитов, изделий из них поступает на российский и мировой рынок из ряда областей Российской Федерации [7–9]. Попутно с аммонитами добывают и другие виды ювелирно-поделочного сырья: септарию, спектропирит, сенгилит, окаменелое дерево [10]. Тем не менее в нашей стране аммониты не рассматриваются в качестве ювелирного материала, не ведется учет их запасов [11], что существенно сдерживает их добычу и обработку.

В статье рассмотрены методы добычи, обработки аммонитов Канады ювелирного качества, а также приведены результаты детального изучения их геммологических характеристик. Опыт добычи и обработки аммонитов в Канаде может быть полезен в РФ, обладающей значительными ресурсами уникального по декоративности и технологическим характеристикам аналогичного вида ювелирного сырья.

### Методы исследований

Комплекс исследований аммонитов Канады ювелирного качества проведен на кафедре минералогии и геммологии МГРИ – РГГРУ, в ФГБУ «ВИМС», ИГЕМ РАН. Он включал определение минерального и химического состава, микротвердости, плотности, люминесценции, оптико-петрографические, электронно-зондовые и электронно-микроскопные исследования.

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический анализ проведен с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвердость определяли на микротвердомере ПМТ-3 с нагрузкой массой 50 г и экспозицией 15 с. Плотность образцов оценивали гидростатическим методом на электронных весах Sartorius Gem G150D. Люминесценцию изучали под ультрафиолетовой лампой Multispec System Erickhorst с  $\lambda = 254$  и 365 нм. Минеральный состав исследовали методом рентгенографического коли-

Приведены результаты детальных геммологических исследований ювелирных аммонитов Канады с цветной иризацией ископаемого перламутра. Установлено, что иризация перламутра связана с сохранившимися пластинчатыми арагонитовыми слоями стенок аммонита. Цвет иризации определяется структурой и размером микрокристаллов арагонита. Изучен опыт добычи и обработки аммонитов в Канаде, который может быть полезен и в Российской Федерации, обладающей значительными ресурсами аналогичного ювелирного сырья.

**Ключевые слова:** ювелирно-поделочное сырье, аммонит, аммолит, арагонит, ювелирные украшения, методы добычи, Канада.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.11.12

чественного фазового анализа (ПКФА) на установке X'Pert PRO MPD. Электронно-зондовые исследования выполнены с помощью микроанализатора Jeol JXA-8100, позволяющего получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА). Электронно-микроскопные исследования проведены на растровом электронном микроскопе Tesla BS-301, оснащенный рентгеновским спектрометром с дисперсией по энергии, позволяющей определить элементный состав от Mg до U.

### Геммологические характеристики аммонитов

Аммониты относятся к классу *Cephalopoda* (головонogie), имеют двусторонне-симметричную раковину, разделенную перегородками на камеры. Исследованная раковина аммонитов имела сложное строение и состояла из арагонита и конхиолина. Ее стенки образованы тремя последовательными слоями. Наружный слой состоял из органического вещества – конхиолина, который в ископаемом состоянии не сохраняется. Средний слой образован призматическими кристаллами арагонита, ориентированными перпендикулярно поверхности стенки раковины. Внутренний слой – перламутровый, состоит из тонких пластинчатых кристаллов арагонита, образующих последовательные слои, параллельные поверхности раковины. Стенки раковины состоят только из пластинчатых слоев арагонита. Присутствие слоев, их сочетание и параметры зависят от вида аммонита и его сохранности [12, 13].

Аммониты Канады широко известны на мировом рынке благодаря ископаемому перламутру с эффективной контрастной цветной иризацией. Целые аммониты с иризирующим перламутровым слоем – дорогостоящие, являются прекрасным украшением в любом интерьере (рис. 1, а). Фрагменты перламутрового слоя используют для изготовления кабошонов, известных под торговой маркой «аммолит» (см. рис. 1, б). Обычно для изготовления аммолита используют естественно уплотненные и спрессованные фрагменты ископаемого перламутра.

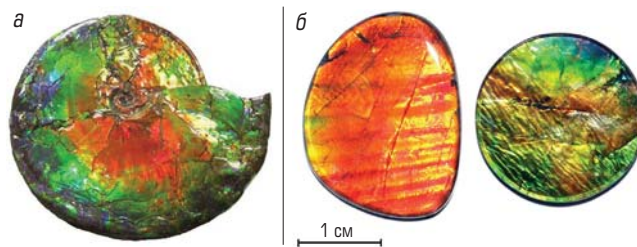
Перламутровый слой с мергелем, идущий на изготовление аммолита, состоит из (массовая доля вещества, %): 31–40 арагонита; 16–26 кальцита; 14–18 сидерита; 10–17 кварца; 2–4 гидро-

слюды; 1–3 каолинита. В небольших количествах присутствуют апатит, пирит, гипс, плагиоклаз, рентгеноаморфная фаза (РАФ). Перламутровый слой аммонита более однороден и состоит преимущественно из арагонита – массовая доля 87–92 %; присутствуют кальцит – 6–9 %; сидерит – 1 %; фиксируются пирит, гётит и РАФ < 1 %. Следовательно, стенки раковины аммонита, образующие перламутровый слой, сохраняют преимущественно арагонитовый состав. Присутствие кальцита, сидерита, пирита, гётита и РАФ указывает на частичное разрушение арагонитовых слоев с образованием новых минералов. Мергель, образующий подложку аммонита, состоит преимущественно из кальцита, сидерита, кварца, алюмосиликатов, присутствуют апатит, пирит, гипс, РАФ.

Химический состав перламутрового слоя с мергелем характеризуется высоким содержанием CaO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также значительной величиной ППП, подтверждающими определяющую роль арагонита, кальцита, сидерита, кварца. Повышенное содержание Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O связано с алюмосиликатами, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – апатитом, S – пиритом (табл. 1). Из элементов-примесей с содержанием более 0,01 % фиксируются: Sr – 0,17; Zr – 0,0245; Ba – 0,0861; Y – 0,041, а с содержанием 0,001–0,01 % – Cr, V, Ni, Cu, Zn, Rb. В аммоните (образец Кан-3) возрастают содержания CaO, ППП и соответственно уменьшаются содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Fe, что свидетельствует преимущественно об арагонитовом и кальцитовом составе. Из элементов-примесей существенно (до 0,4007 %) возрастает массовая доля Sr и падает содержание Ba – 0,0474 и Y – 0,0039 % (табл. 1, 2). Содержание радиоактивных (U, Th) и канцерогенных (Pb, As) элементов близко к фоновому.

Наиболее характерными цветами иризации перламутровых слоев аммонита являются красный, оранжевый, зеленый, редко – голубой и фиолетовый. Толщина слоев 1–2 мм и в редких случаях достигает 8 мм. Слои обычно расслаиваются на тонкие пластинки. Перламутровый слой непрозрачный, просвечивает в очень тонких пластинках. Показатель преломления колеблется от 1,53 до 1,67, двупреломление – 0,13–0,14, связи с цветом иризации не установлены. Плотность 2,76–2,81 г/см<sup>3</sup>, что несколько ниже плотности арагонита. Это можно объяснить присутствием пор и микротрещинок. Люминесценция не наблюдается.

Микротвердость арагонитовых слоев стенки раковины составляет в среднем, кг/мм<sup>2</sup>: с красной иризацией – 333, с зеленой – 196; поперечная поверхность слоев – 304. Отмечено, что при



**Рис. 1.** Аммонит рода *Placenticerus* (диаметр 52 см), цена 170 тыс. долл. США, коллекция компании «Корайт», г. Калгари (а) и кабошоны (триплеты) аммонита, изготовленные Д. А. Петровичем (б)

обработке аммонита перламутровый слой с красной иризацией более прочный, чем с зеленой, а с фиолетовой является наиболее хрупким. Можно предположить, что редкость голубого и фиолетового аммонита может быть связана и с его низкой прочностью, не позволяющей сохраниться в процессе диагенеза.

Мергель, являющийся естественной подложкой аммонита, – ровного серого цвета различных оттенков, иногда с мелкими светлыми включениями и тонкими прожилками. Мергель плотный, разламывается с трудом в тонких пластинках, излом мелко-раковистый. Плотность 2,8–3 г/см<sup>3</sup>. Микротвердость в среднем 250 кг/мм<sup>2</sup>. Люминесценция не наблюдается.

Стенки аммонита шириной до 2 мм сильно трещиноватые. Трещины расположены преимущественно вдоль слоев, в меньшем количестве – поперек. На отдельных участках арагонитовые слои смяты и передроблены. По трещинкам развиваются тонкозернистый кальцит и дисперсный пирит. Мергель состоит из мелких (0,05–0,2 мм) включений, сцементированных тонкозернистым карбонатом. Включения представлены преимущественно угловатыми обломками кварца и в небольшом количестве – алюмосиликатами. В мергеле присутствуют обломки стенок аммонита и разноразмерные (до 0,2 мм) включения пирита. Пирит в значительной степени окислен, что приводит к зональному окрашиванию мергеля в характерные коричневые цвета гидроксидов железа.

В процессе электронно-зондовых исследований уточнен минеральный состав аммонита, определен химический состав минералов. Установлены микровключения барийсодержащей гидрослюды, альбита и сфалерита.

**Таблица 1.** Химический состав аммонита по данным РФА

Образец	Массовая доля компонента, %											П. п. п*
	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	
Кан-5	0,48	0,83	5,36	17,32	0,75	23,92	0,29	0,08	18,44	1,98	0,73	29,32
Кан-3	0,48	0,18	0,95	3,33	0,11	51,12	0,06	0,05	1,75	0,84	1,17	40,06

\*П. п. п – потери при прокаливании.

**Таблица 2.** Содержание элементов-примесей в аммоните по данным РФА

Образец	Содержание элемента, мг/кг															
	Cr	V	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	U	Th	Y	Nb	Pb	As
Кан-5	24	38	<10	21	11	43	37	1702	245	861	<5	<5	410	3	<10	<10
Кан-3	<10	<10	<10	51	13	15	10	4007	<10	474	<10	<10	39	<10	<10	<10

По данным РСМА, арагонит содержит характерные для него элементы-примеси в среднем с массовыми долями, %: 0,27 Na; 0,33 Sr. Содержание Ca – 39,18 % выше, чем в кальците. В частично замещенном арагоните отсутствует Na, уменьшается содержание Ca и резко (до 3,2 %) возрастает массовая доля Sr. В кальците из элементов-примесей фиксируется средняя массовая доля элементов, %: 0,67 Mg; 0,27 Mn; 0,95 Fe при очень широком диапазоне значений в спектрах, что указывает на его химическую неоднородность. Соответственно отмечаются и значительные колебания содержаний Ca и O.

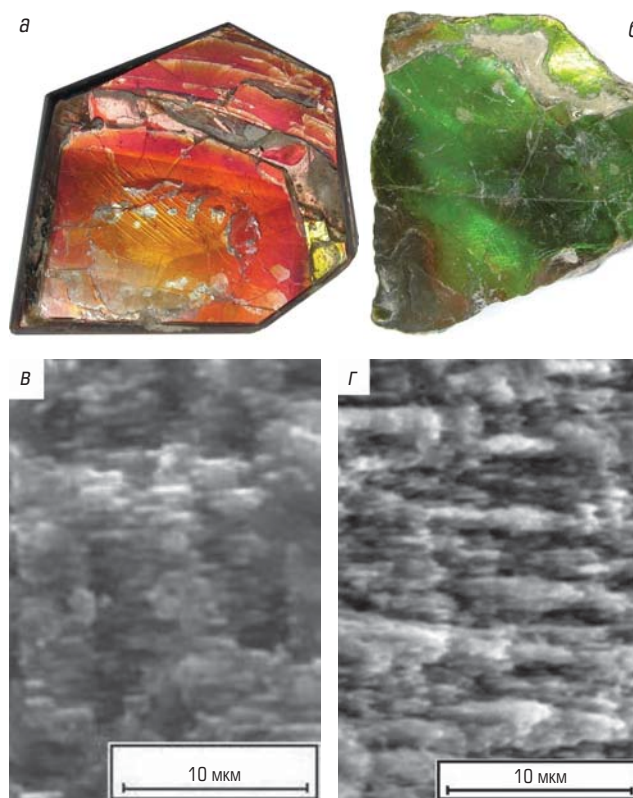
В сидерите из элементов-примесей фиксируется массовая доля, %: 0,21 Na; 3,07 Mg; 0,97 Mn; 3,66 Ca при относительно незначительных колебаниях значений в спектрах. В пирите из элементов-примесей фиксируется Mn, содержание которого колеблется от 0,27 до 2,1 %, в среднем составляя 0,88 %. В частично окисленном пирите уменьшается массовая доля Mn до нулевых значений и S – до 40,73 %, а Fe увеличивается до 48,09 %; фиксируется также содержание O.

По данным электронно-микроскопных исследований, ископаемый перламутр аммонита состоит из большого числа слоев с различной структурой. Сохраняются слои неизмененного или слабоизмененного пластинчатого арагонита. Часть исходных слоев пластинчатого арагонита в значительной степени или полностью перекристаллизованы с образованием скрытокристаллической, коллоидной и аморфной структуры. В таких слоях присутствуют включения и тонкие прожилки кальцита, сидерита с микровключениями алюмосиликатов и пирита. Исходные призматические арагонитовые слои перекристаллизованы, что связано с их меньшей устойчивостью. Процесс перекристаллизации арагонитовых слоев происходил с выносом Na, Sr и привнесом Si, Al, Mg, Mn, Fe, S, K, Ba.

Иризация аммонита связана с сохранившимися пластинчатыми арагонитовыми слоями стенок аммонита. Слои с исходной пластинчатой структурой арагонита могут находиться в верхних, средних и нижних частях аммонита. Следовательно, при полировке последнего иризация может исчезать, появляться, меняться цветовая гамма и ее насыщенность в зависимости от слоя, оказавшегося на поверхности.

Авторами была установлена связь цвета иризации аммонита со структурой и с размером кристаллов арагонита. Изучены два образца с четко выраженной красной и зеленой иризацией (рис. 2, а, б). Для обоих образцов характерна хорошая сохранность арагонитовых слоев. Ширина кристаллов арагонита в аммоните с красной иризацией – около 2 мкм, толщина – около 0,6 мкм. Ширина кристаллов арагонита в аммоните с зеленой иризацией – около 2 мкм, толщина не превышает 0,3 мкм (см. рис. 2, в, г). Эти результаты подтверждаются данными аналогичных исследований [5]. Кристаллы арагонита в аммоните с красной иризацией имеют ширину 1,5–2 мкм при толщине 0,7 мкм, с зеленой иризацией их ширина составляет 2,5 мкм при толщине 0,25 мкм, с фиолетовой иризацией ширина кристаллов увеличивается до 5 мкм, а толщина уменьшается до 0,15–0,2 мкм.

Следовательно, с уменьшением толщины арагонитовых пластин происходит изменение цвета иризации от красного до фиолетового, что соответствует и уменьшению длины световой волны. С разру-



**Рис. 2. Фрагменты аммонита с красной (а) и зеленой (б) иризацией; структура арагонитовых пластинчатых слоев с красной (в) и зеленой (г) иризацией. РЭМ**

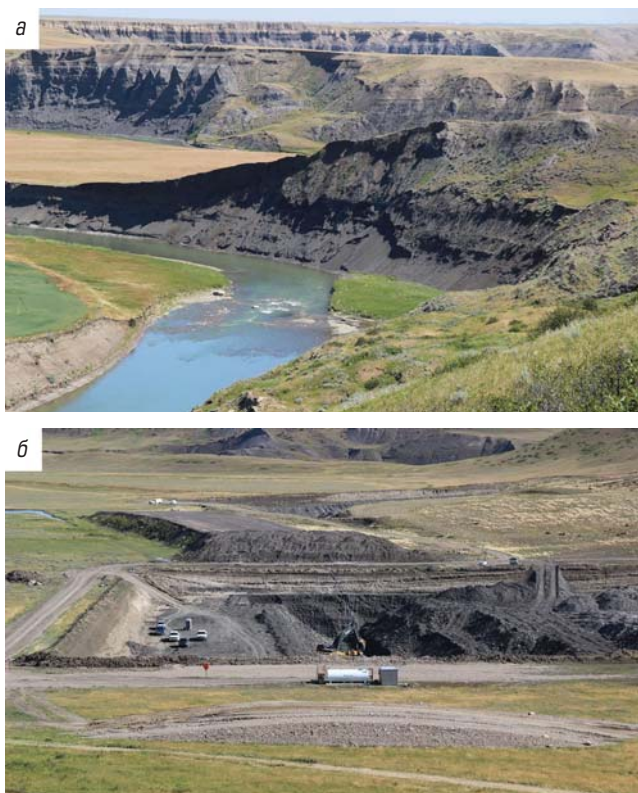
шением арагонитовых пластинчатых слоев происходит рассеивание света, иризация становится менее четкой или исчезает полностью.

### Особенности добычи и обработки аммонитов

Использование раковин аммонитов в Канаде в качестве ювелирного материала было начато с 1962 г. Термин «аммонит» введен в 1967 г. В 1981 г. Комиссия по цветным камням (СIBJO) признала аммонит в качестве драгоценного камня – «коммерческая разновидность арагонита». В 1977 г. организуется компания «Корайт Интернейшенел», которая является в настоящее время основным поставщиком аммонита на мировой рынок. С 1983 г. ведется разработка открытым способом месторождения Кармос, и на мировой рынок стал поступать высококачественный материал в значительных объемах.

Аммониты с перламутровым слоем и их фрагменты, пригодные для изготовления кабошонов аммонита, добывают из Бирповской свиты поздне меловых отложений на юге провинции Альберта (рис. 3). Аммониты ювелирного качества представлены преимущественно родом *Placentieras*. Размер раковин аммонитов достигает 70 см. Основные места добычи расположены в долине р. Св. Мария [5, 6].

Бирповская свита, из которой добывают аммонит, состоит преимущественно из темноокрашенных глинистых сланцев, которые переслаиваются с несколькими слоями песчаников. Отложения содержат большое число прослоев вулканического пепла.



**Рис. 3. Отложения Бирповской свиты в береговых обрывах р. Св. Мария (а); общий вид карьера компании «Корайт» (б).**  
Фото Д. А. Петроченкова

Отложения сформировались 70–75 млн лет назад в Бирповском море. В окрестностях месторождения, расположенного вдоль р. Св. Мария, мощность Бирповской свиты 232 м. Свита перекрыта четвертичными водно-ледниковыми отложениями мощностью 15–30 м, а также на отдельных террасовых участках – современными аллювиальными галечниками и склоновыми осадочными породами мощностью 2–5 м.

Бирповская свита содержит большое количество сидеритовых конкреций. Часто именно в них находят аммолит ювелирного качества. Форма конкреции обычно соответствует форме ядра аммонита, являясь хорошим поисковым признаком. Например, аммонитоносные конкреции в основном дисковидной формы размером 20–60 см, иногда достигают 1 м. Конкреции сферической и округлой формы редко содержат аммониты. Конкрекции малого и среднего размера (15–60 см в диаметре) содержат лучший аммолит [5].

Аммолит находится в различных горизонтах Бирповской свиты. В ходе разведки и добычи на месторождении в свите установлены два горизонта – Зона К и Зона 4, которые содержат коммерческие количества аммолита. Значительное количество коммерчески пригодного аммолита было получено из конкреций в Зоне К. Мощность этой зоны около 3,6 м. Зона 4 имеет мощность около 2 м. Половина аммонитов, полученных из этой зоны, не были заключены в конкреции («безконкреционные»).

Аммониты, как правило, раздавлены, представляют спрессованные стенки раковин. Иногда встречаются нераздавленные

аммониты, камеры которых выполнены серым мергелем и кальцитом. Внутренняя поверхность продольных распилов аммонитов не декоративна и коммерческого интереса не представляет. Помимо аммонитов, встречаются окаменелости морских рептилий. Было найдено несколько хорошо сохранившихся скелетов морских рептилий, которые были переданы в Королевский палеонтологический музей.

Карьеры расположены на земле, принадлежащей фермерам, и на территории индейской резервации. С владельцами земли заключаются договоры на ее аренду. Лицензию на отработку карьера дает государство. Найденные уникальные образцы передают государству безвозмездно. Расстояние между крайними карьерами составляет около 14 км, что свидетельствует о значительной площади распространения аммонитов с коммерческим содержанием.

В 2017 г. компания «Корайт» отработывала карьер, расположенный на террасе р. Св. Мария (см. рис. 3, б). В верхней части разреза аллювиально-озерные галечники имеют мощность около 4 м. Ниже расположена Бирповская свита с аммолитом. Свита представлена неплотными темно-серыми глинистыми сланцами, которые достаточно легко отработывают экскаватором без применения взрывных работ. Вскрываемая мощность свиты – около 5–7 м. На карьере эксплуатируют два экскаватора и один большегрузный самосвал. Численность сотрудников, работающих в карьере, – 4–5 человек. Добыча аммолита экономически целесообразна только до глубины 20 м.

В начальный подготовительный период породу вывозили и складировали для последующей рекультивации карьера. В дальнейшем, по мере подвигания фронта работ, породу перемещали на отработанный участок. Работы ведут с марта по ноябрь. За 1 мес отработывают около 1300 м<sup>3</sup> породы. В день удается найти 1–2 аммонита коммерческого качества. Редко встречаются целые крупные аммониты хорошей сохранности. Все аммониты в карьере «безконкреционные».

Сбор аммонитов проводят рабочие-сборщики, которые просятривают стенки карьера и отколотые экскаватором куски породы. В темно-сером глинистом сланце аммониты и их фрагменты с яркой цветной иризацией хорошо видны. Отмечено, что содержание аммолита в породе крайне мало. Так, в 1999 г. в карьере было выбрано 165 тыс. т глинистого сланца и добыт 21 кг аммолита коммерческого качества, что составило 0,64 карат/т. При этом в результате обработки аммолита в изделие основная часть сланца подложки устраняется, и содержание аммолита на 1 т породы еще существенно уменьшается.

Для сохранения аммолита его проклеивают цианакрилатным клеем Paleo Bond. Собранные в карьере куски аммолита отправляют на базу. С помощью обрезного станка максимально исключают пустую породу. Карбонатный налет удаляют кислотой. Куски аммолита проклеивают, сортируют и складывают в бочки, которые отправляют в г. Калгари в офис компании для дальнейшей обработки. В настоящее время изготовление кабошонов аммолита и ювелирных изделий осуществляют преимущественно в Китае. Крупные куски и целые аммониты, представляющие интерьерные образцы, препарируют в офисе. Компания выполняет также заказы по реставрации бивней и зубов мамонта, скелетов мор-

ских рептилий, отпечатков рыб, найденных в различных районах провинции Альберта [5, 6].

Слои аммолита обычно тонкие — 0,5–8 мм до полировки и 0,1–3 мм после нее. Встречались бесформенные куски сплошного аммолита массой более 100 карат. Кабошоны из аммолитов изготавливают в виде триплетов и дуплетов. Триплет состоит из тонкого слоя аммолита, прикрепленного к подложке из глинистого сланца и покрытого колпачком из синтетической шпинели или кварца (см. рис. 1, б). В дуплете колпачок не используют. Изготавливают также наборные кабошоны из мелких фрагментов аммолита, что позволяет максимально использовать добытый материал. В качестве клея применяют эпоксидную смолу, которой пропитывают аммолит под давлением.

С аммолитом изготавливают большой ассортимент ювелирных изделий: кольца, серьги, кулоны, браслеты, запонки, булавки для галстука, перстни. Оправа — из золота и серебра. Изделия из серебра существенно дешевле, в том числе и за счет более низкого качества аммолита. В дорогих изделиях из золота часто используют бриллианты. Характерным является изготовление в 2017 г. памятного кулона в виде кленового листа с аммолитом, посвященного 150-летию образования Канады. Таким образом, аммолит, наряду с кленовым листом, становится символом страны.

Основными потребителями изделий с аммолитом являются США, Канада, Япония. В последние годы аммолит приобретает популярность в Китае, поскольку сочетание цветов в нем является символическим и благоприятным, согласно древней китайской системе фэн-шуй. В России аммолит из Канады присутствует в крайне ограниченном количестве.

## Выводы

Аммониты Канады широко известны на мировом рынке благодаря ископаемому перламутру с контрастной цветовой иризацией. Ископаемый перламутр на естественной подложке из мергеля используют для изготовления кабошонов, известных под торговой маркой «аммолит». Ископаемый перламутр с цветной иризацией состоит преимущественно из арагонита (массовая доля 92 %) с включениями кальцита, сидерита и незначительного количества пирита, алюмосиликата и РАФ. Мергель состоит преимущественно из кальцита, сидерита, кварца, алюмосиликатов с включениями апатита, пирита, гипса и РАФ.

Иризация аммолита связана с сохранившимися пластинчатыми арагонитовыми слоями стенок аммонита. Цвет иризации аммолита связан со структурой и с размером микрокристаллов арагонита. Иризация красного цвета характерна для микрокристаллов толщиной 0,6–0,8 мкм, зеленого — 0,25–0,3 и фиолетового — 0,15–0,2 мкм. С разрушением арагонитовых пластинчатых слоев иризация становится менее четкой или исчезает полностью.

Добычу аммонитов осуществляют преимущественно на карьерах без применения взрывных работ. Добывающая компания проводит комплексную обработку добываемого материала с изготовлением интерьерных образцов аммонитов и других видов фоссилий, кабошонов аммолита и широкого ассортимента ювелирных изделий, что делает производство рентабельным. Опыт добычи и обработки аммонитов в Канаде может быть использован и в Российской Федерации, обладающей значительными ресурсами аналогичного вида ювелирного сырья.

## Библиографический список

1. Bockwinkel J., Becker R. T., Ebbighausen V. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafalalt Basin, Anti-Atlas, Southern Morocco) // *Fossil Record*. 2013. Vol. 16(1). P. 5–65.
2. Kennedy W. J., Walaszczuk I., Gale A. S., Dembicz K., Praszkie T. Lower and Middle Cenomanian ammonites from the Morondava Basin, Madagascar // *Acta Geologica Polonica*. 2013. Vol. 63. No. 4. P. 625–655.
3. Walaszczuk I., Kennedy W. J., Dembicz K., Gale A. S., Praszkie T. et al. 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. P. 79–132.
4. Zakharov Y. D., Tanabe K., Shigeta Y., Safronov P. P., Smyshlyayeva O. P., Dril S. I. Early Albian marine environments in Madagascar: An integrated approach based on oxygen, carbon and strontium isotopic data // *Cretaceous Research*. 2016. Vol. 58. P. 29–41.
5. Mychaluk K. A., Levinson A. A., Hall R. L. Ammolite: Iridescent Fossilized Ammonite from Southern Alberta, Canada // *Gems & Gemology*. 2001. Vol. 37. No. 1. P. 4–25.
6. Mychaluk K. A. Update on Ammolite Production from Southern Alberta, Canada // *Gems & Gemology*. 2009. Vol. 45. No. 3. P. 192–196.
7. Воробьев И. Е. Поиск ископаемых на Северо-Западном Кавказе: Краснодарский край и Республика Адыгея. — Краснодар, 2014. — 300 с.
8. Петrochenков Д. А. Камнесамоцветное сырье Ульяновской области // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2006. № 5. С. 319–323.
9. Петrochenков Д. А. Минеральный состав и структурные особенности ювелирных аммонитов Костромской области // *Известия вузов. Геология и разведка*. 2017. № 2. С. 22–27.
10. Буканов В. В. Цветные камни и коллекционные минералы: энциклопедия. — СПб., 2014. — 464 с.
11. Полянин В. С., Полянина Т. А., Дусманов Е. Н., Яковлева Е. И. Минерально-сырьевая база цветных камней России: перспективы ее освоения и развития // *Разведка и охрана недр*. 2015. № 9. С. 66–76.
12. Михайлова И. А., Бондаренко О. Б. Палеонтология. — М.: Изд-во МГУ, 1997. Ч. 1. — 448 с.
13. Велижанин А. А., Петrochenков Д. А., Храмов Е. В., Фрей Д. И., Чернышов А. А. Исследование перламутрового слоя раковины Наутилуса методом рентгеновской дифракции и малоуглового рассеяния на синхротронном источнике // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2016. № 2. С. 47–54. **PK**

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 11, pp. 65–70  
DOI: 10.17580/gzh.2018.11.12

### Gem-quality ammonites of Canada: Features of mining and processing

#### Information about authors

D. A. Petrochenkov<sup>1</sup>, Associate Professor, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences, p-d-a@mail.ru

V. V. Kulikov<sup>1</sup>, Pro-Rector of Educational Activities, Professor, Doctor of Engineering Sciences

A. K. Litvinenko<sup>1</sup>, Head of Chair, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences

L. D. Onikienko<sup>1</sup>, Professor, Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences

<sup>1</sup>Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University, Moscow, Russia

#### Abstract

The current world market widely presents ammonites for the collecting and interior decoration purposes. In the last decades, jewellery and souvenir style ammonites enjoy growing demand. This article considers the methods of mining and processing of Canadian gem-quality ammonites, as well as the detailed study results on their gemological characteristics.

Canadian ammonites are popular on the market owing to their fossil nacre and colored iridescence. Fragments of mother-of-pearl layer are used for making cabochons known under the commercial name of ammolite. Iridescence of ammolite is associated with the remaining lamellar aragonite layers of ammonite walls. The color of iridescence is connected with the structure and size of aragonite microcrystals. The experience of mining and processing of ammonites in Canada can be useful for Russia holding considerable reserves of the mineral.

**Keywords:** jewellery and ornamental quality material, ammonite, ammolite, aragonite, jewelry, mining methods, Canada.

#### References

- 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.
- Kennedy W. J., Walaszczuk I., Gale A. S., Dembicz K., Praszkiec T. Lower and Middle Cenomanian ammonites from the Morondava Basin, Madagascar. *Acta Geologica Polonica*. 2013. Vol. 63, No. 4. pp. 625–655.
- Walaszczuk I., Kennedy W. J., Dembicz K., Gale A. S., Praszkiec T. et al. 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.
- Zakharov Y. D., Tanabe K., Shigeta Y., Safronov P. P., Smyshlyayeva O. P., Dril S. I. 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.
- Mychaluk K. A., Levinson A. A., Hall R. L. Ammolite: Iridescent Fossilized Ammonite from Southern Alberta, Canada. *Gems & Gemology*. 2001. Vol. 37, No. 1. pp. 4–25.
- Mychaluk K. A. Update on Ammolite Production from Southern Alberta, Canada. *Gems & Gemology*. 2009. Vol. 45, No. 3. pp. 192–196.
- Vorobiev I. E. Mineral exploration in the North-West Caucasus: Krasnodar Territory and Republic of Adygea. Krasnodar, 2014. 300 p.
- Petrochenkov D. A. Semiprecious stone raw materials in the Ulyanovsk Region. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2006. No. 5. pp. 319–323.
- Petrochenkov D. A. Mineral composition and structural features of jeweler ammonites from Kostroma region. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2017. No. 2. P. 22–27.
- Bukanov V. V. Precious Stones and Minerals for Collecting: Encyclopedia. Saint-Petersburg, 2014. 464 p.
- Polyanin V. S., Polyamina T. A., Dusmanov E. N., Yakovleva E. I. The mineral resource base of colored stones in the Russian Federation: perspectives of development are outlined. *Prospect and protection of mineral resources*. 2015. No. 9. pp. 66–76.
- Mikhailova I. A., Bondarenko O. B. Paleontology. Moscow: Izdatelstvo MGU, 1997. Part 1. 448 p.
- Veligzhanin A. A., Petrochenkov D. A., Khramov E. V., Frey D. I., Chernyshov A. A. Synchrotron X-ray Diffraction and Small Angle X-ray Scattering Analyses of the Nacre of the Nautilus Shell. *Journal of Surface Investigation. X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. 2016. Vol. 10, No. 1. pp. 198–204.

УДК 330.131.7:622.342.1

## ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В КОМПАНИЯХ ЗОЛОДОБЫВАЮЩЕГО СЕКТОРА

**В. Т. БОРИСОВИЧ**, проф., д-р техн. наук, vitaly.bor37@gmail.com

**Н. Х. КУРБАНОВ**, проф., д-р экон. наук

**В. М. ЗАЕРНЮК**, проф., д-р экон. наук

**Б. М. СЕЙФУЛЛАЕВ**, проф., канд. экон. наук

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

### Введение

В Российской Федерации в 2017 г. действовали 475 золотодобывающих предприятий. Шесть самых больших компаний (с добычей более 10 т золота в год) – ПАО «Полюс», Polymetal Int., Kinross Gold, АО ГК «Южуралзолото», Petropavlovsk PLC и Nordgold N.V. – добывают примерно 50 % российского золота. Также стоит отметить, что топ-5 крупнейших золотодобывающих компаний России являются одновременно крупнейшими компаниями с иностранным участием. На долю ведущих золотодобывающих компаний топ-20, определяемых Союзом золотопромышленников из критерия годового размера производства золота (свыше 1 т/год), в 2014 г. приходилось 69 % общей добычи золота в стране, в 2015 г. – 71 %, в 2016 г. – 72 %. Остальные примерно 450 компаний добывают менее 30 % общего объема драгоценного металла в стране [1, 2].

В целях выявления значимости рисков, присущих золотодобывающим предприятиям, и выработки подходов к их оценке при управлении рисками в российских компаниях по золотодобыче было проведено исследование на основе опроса золотодобывающих компаний, действующих в настоящее время на территории Российской Федерации (далее – компании).

### Методика исследований

Основные задачи, которые поставлены авторами статьи при проведении опроса: определение из числа возможных риски,

*Исследована практика управления основными рисками, возникающими в процессе производственно-хозяйственной деятельности российских предприятий золотодобывающего сектора. Приведены данные опроса крупнейших золотодобывающих компаний в отношении рисков, которым они наиболее подвержены. Рассмотрены подходы к идентификации рисков, их оценке и управлению. Подчеркивается социально-экономическая важность внедрения концепции социальной лицензии в российскую практику, позволяющей улучшить качество взаимодействия с местным сообществом, снизить социально-политические риски, обеспечить выгоды компаниям, в том числе за счет улучшения имиджа на национальном и мировом рынке.*

**Ключевые слова:** риск-менеджмент, золотодобывающие компании, операционный риск, процентный риск, валютный риск.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.11.13

которым наиболее подвержены золотодобывающие компании; установление, насколько целенаправленно компании занимаются управлением основных, по их мнению, рисков; определение наличия официальных внутренних документов по управлению основными, по мнению компаний, рисками; оценка характера влияния рыночных, операционных, геологических, финансовых, политических и других рисков на деятельность российских компаний по золотодобыче путем анализа основных объектов, а также факторов возникновения исследуемых видов рисков; определение периодичности оценивания и успешности принимаемых мер по управлению ключевыми для компаний рисками; определение доли компаний, использующих при управлении рисками инструменты стресс-тестирования при оценке размеров финансовых рисков, в том числе в зависимости от масштаба компаний; выявление наиболее распространенных целей, которые ставят компании при управлении операционными, валютными и процентными рисками; определение наиболее распространенных методов оценки опера-