

сированные с локальными моделями промышленных типов известных рудных месторождений [5, гл. 7].

4. Как показал сравнительный анализ результатов вычисления ресурсов АГХП, выполненных по атомарной и молекулярной (минеральной) моделям, использование сведений о минеральном составе руд позволяет существенно повысить качество прогноза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. / Под ред. Э.К. Буренкова / В.В. Иванов. — М.: Недра, 1966. — Кн. 3: Редкие р-элементы. — 352 с.
2. Григорьев, Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры / Н.А. Григорьев // Геохимия. — 2003. — № 7. — С. 785–792.
3. Григорьев, Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры / Н.А. Григорьев. — Екатеринбург: УрО РАН, 2009. — 371 с.
4. Силин, И.И. Прогноз минеральных ресурсов на основе численной модели аномального геохимического поля континентальной земной коры / И.И. Силин, В.А. Килипко, И.Н. Межеловский // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 7. — С. 3–10.
5. Силин, И.И. Геохимические методы прогнозирования и поисков рудных месторождений: методическое руководство / Под ред. Н.В. Межеловского / И.И. Силин, Н.В. Межеловский и др. — М.: Геокарт, GEOS, 2019. — 375 с.
6. Соловов, А.П. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. — М.: Недра, 1990. — 335 с.

© Коллектив авторов, 2020

Силин Игорь Иванович // igorivsil@yandex.ru  
Килипко Виктор Алексеевич // kilipko@rambler.ru  
Межеловский Николай Васильевич // centergeokart@mail.ru  
Межеловский Илья Николаевич // centergeokart@mail.ru

УДК 553.5:549 (64)

**Петроченков Д.А. (МГРИ-РГГРУ), Иоспа А.В.,  
Кривошёков Н.Н. (ФГБУ «ВИМС»)**

### **СРЕДНЕЮРСКИЕ ЮВЕЛИРНЫЕ АММОНИТЫ МАРОККО. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ГЕММОЛО- ГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

*Аммониты ювелирно-поделочного качества из Марокко в течение длительного времени в больших объемах поступают на мировой рынок, включая российский. В статье впервые представлены результаты детальных минералогических исследований среднеюрских аммонитов ювелирного качества из Марокко. Аммониты состоят преимущественно из гётита от 26 до 94 масс. % и кальцита от 1 до 56 масс. %, в значительных количествах присутствует барит от 2 до 20 масс. %; установлены гематит, кварц, хлорит, каолинит, фторопатит, целестин, доломит, диоксид титана, циркон, монацит и рентгеноаморфная фаза. Монацит — вторичный минерал, образовался после гётита, выполняя в нем пустотки. Арагонит, образующий исходную раковину аммонита, не обнаружен. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb. По декоративным и технологическим характеристикам*

*среднеюрские аммониты Марокко являются высококачественным ювелирным материалом. **Ключевые слова:** аммонит, ювелирное сырье, юрские отложения, гематит, кальцит, монацит, Марокко.*

Petrochenkov D.A. (MGRI), Iospa A.V., Krivoshchekov N.N. (VIMS)

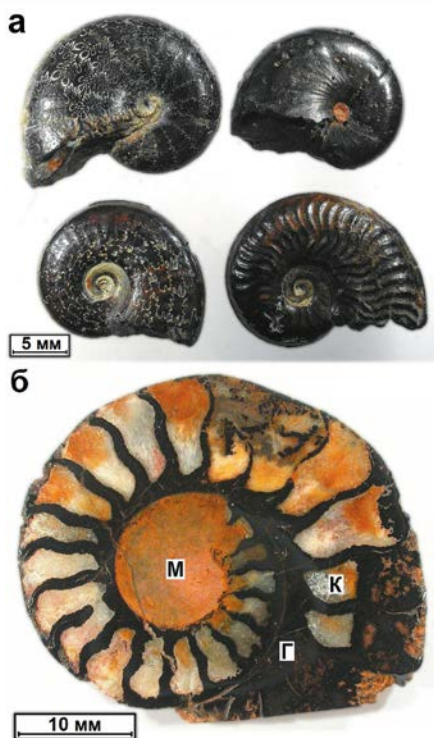
### **MIDDLE JURASSIC JEWELRY AMMONITES OF MOROCCO. MINERAL COMPOSITION, GEMMOLOGICAL CHARACTERISTICS**

*Ammonites of jewelry-ornamental quality from Morocco for a long time in large volumes enter the world market, including the Russian. The article presents for the first time the results of detailed mineralogical studies of Middle Jurassic jewelry-grade ammonites from Morocco. Ammonites consist mainly of goethite from 26 to 94 wt. % and calcite from 1 to 56 wt. %, in significant quantities, barite is present from 2 to 20 wt. %; hematite, quartz, chlorite, kaolinite, fluorapatite, celestine, dolomite, titanium dioxide, zircon, monazite and the X-ray amorphous phase have been identified. Monazite is a secondary mineral formed after goethite, performing voids in it. Aragonite, forming the initial shell of ammonite, was not found. Of the impurity elements, increased contents of V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb are recorded. According to the decorative and technological characteristics, the Middle Jurassic ammonites of Morocco are high-quality jewelry material. **Keywords:** ammonite, jewelry raw materials, Jurassic deposits, hematite, calcite, monazite, Morocco.*

Аммониты входят в группу биоорганических ювелирно-поделочных материалов и широко используются в качестве интерьерных образцов для изготовления сувенирных и ювелирных изделий [2, 4]. На мировом рынке в больших объемах представлены аммониты ювелирно-поделочного качества из Марокко. Основной объем аммонитов связан с верхнедевонскими отложениями, из которых изготавливают широкий ассортимент изделий, сувениров и в относительно небольших количествах кабошоны для ювелирных изделий [3]. В последнее десятилетие на мировом рынке появились марокканские аммониты небольшого размера ювелирного качества с характерной контрастной желтовато-оранжевой, коричневой и черной окраской из среднеюрских отложений.

Регион слабо изучен и в научной литературе о местах добычи аммонитов, стратиграфии отложений приводятся отрывочные сведения [6–11]. Отсутствует информация о минералогии аммонитов. В данной работе приведены результаты детальных минералогических исследований среднеюрских аммонитов, представляющих интерес в качестве ювелирного материала.

Аммониты ювелирного качества связаны с отложениями ааленского яруса средней юры. Отложения яруса, мощностью 450–1500 м, представлены мергелем с прослоями известняков. В отложениях присутствует большое количество родов подотряда Ammonitina, а также аммониты подотряда Lytoceratina [8, 10]. Месторождение среднеюрских аммонитов расположено в



**Рис. 1.** Марокканские аммониты из отложений ааленского яруса средней юры (а), продольный распил аммонита (б). М — мергель, К — кальцит, Г — гётит

окрестностях г. Мидельт-Рич. Аммониты не крупные от 1,5 до 10 см (рис. 1). Для продольных поверхностей раковин характерно сочетание черной и оранжево-коричневой окраски. Камеры раковин часто выполнены белым кальцитом, который придает большую контрастность (рис. 1 б).

#### Методы исследований

Комплекс исследований марокканских аммонитов ювелирного качества включал определение микротвердости, плотности, люминесценции, оптико-петрографический анализ, определение минерального и химического состава, электронно-зондовые исследования.

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгеновского флуоресцентного анализа (РФА) на вакуумном спектрометре последовательного действия Axios MAX Advanced. Оптико-петрографический и минераграфический анализ выполнен с использованием микроскопа «Полам Р-112». Микротвердость определялась на микротвердомере «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и выдержкой 10 сек. Плотность образцов определялась 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 «Дрон-3». Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратнорассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии.

#### Минеральный состав и геммологические характеристики аммонитов

По данным РКФА минеральный состав среднеюрских аммонитов изменяется в широком диапазоне (табл. 1). Основным минералом, присутствующим во всех раковинах ювелирного качества, является гётит, содержание которого варьирует от 26 масс. % в раковинах, сочетающих белый, оранжевый и черный цвета, до 94 масс. % в раковинах черного цвета. В аммонитах в значительных количествах могут присутствовать, масс. %: кальцит — до 56 и барит — до 20. Установлены также гематит, кварц, хлорит, каолинит и, возможно, лимонит. Арагонит, которым была сформирована исходная раковина, не обнаружен.

Минеральный состав аммонитов подтверждается данными РФА (табл. 2). Отметим повышенные содержания  $TiO_2$  — 0,10 масс. %, что указывает на присутствие минералов оксида титана, характерных для донных морских осадков. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb (табл. 3). Содержания радиоактивных элементов Th и U близки к фоновым.

Цвет в распилах аммонитов неоднородный, индивидуальный для каждого образца. Характерны сочетания оранжевого, желтого, красновато-коричневого, белого и черного цветов (рис. 1 б). Распределение цвета контрастное, пятнисто-мозаичное. Черный цвет обусловлен гётитом, который преимущественно выделяется вдоль перегородок и стенок раковин. В отдельных случаях гётит выполняет раковину практически полностью (рис. 1 а).

**Таблица 1**

#### Минеральный состав среднеюрских аммонитов по данным РКФА

№ образца	Характеристика	Минеральный состав	Содержание, масс. %
М-1	Камеры аммонита; сочетание оранжевого и черного цвета	Гётит Кальцит Барит Гематит Кварц Хлорит	52 21 20 3 3 1
М-2	Аммониты черного цвета	Гётит Гематит Кварц Кальцит	94 4 следы 1
М-3 М-Ю	Камеры аммонита; сочетание белого, оранжевого и черного цвета	Кальцит Гётит Барит Кварц Гематит Каолинит	55–56 26–37 2–12 1–3 1–3 следы-2

Таблица 2

Химический состав аммонитов по данным РФА

№ обр.	Содержание компонента, масс. %												
	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	BaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	ППП
М-Ю	0,05	0,50	0,89	2,87	0,07	29,29	0,03	0,05	1,07	44,91	0,15	0,93	19,17
М-1	0,07	1,02	1,03	10,40	0,20	6,23	0,10	0,03	4,20	60,21	0,09	2,21	13,83

Таблица 3

Содержание элементов-примесей в аммонитах по данным РФА

№ обр.	Содержание элемента, мг/кг ( $\times 10^{-4}$ масс. %)												
	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Y	Pb	Th	U
М-Ю	117	<10	76	420	1318	225	127	286	<10	14	935	<10	<10
М-1	110	<10	71	540	620	160	95	1200	14	<10	160	<10	<10

Большинство раковин ювелирного качества полностью минерализованы. В этих случаях текстура мозаичная. Реже раковины минерализованы частично с сохранением пустот в неразрушенных камерах. Кальцит выполняет неразрушенные камеры, нарастая на гётит. Для него характерны белый и серый цвета. Кальцит этих цветов не прозрачный. Встречаются камеры, выполненные бесцветным полупрозрачным и прозрачным кальцитом. Перламутровый слой аммонитов не сохранился.

Очищенная поверхность целых раковин благодаря гётиту черного цвета с алмазным блеском. На поверхности раковин часто проявлены лопастные линии, иногда сохраняется первоначальная скульптура раковин (рис. 1 а).

Раковины обладают достаточной прочностью и даже продольные распилы разламываются с трудом, что важно для ювелирных украшений. Излом неровный, обусловленный неоднородным минеральным составом.

Люминесценция проявлена слабо и характерна для кальцита, выполняющего камеры и замещающего арагонит перегородок и стенок раковин. Люминесценция белесого и голубовато-фиолетового цвета.

Плотность аммонитов от 3,0 до 3,42 г/см<sup>3</sup>. Повышенная плотность характерна для аммонитов, выполненных преимущественно гётитом. У гётита фиксируется и высокая микротвердость — 509 кг/мм<sup>2</sup>.

Кальцит, выполняющий камеры, имеет наименьшую микротвердость — 135 кг/мм<sup>2</sup>. Центральные зоны оранжевого цвета, выполненные мергелем, микротвердость которого — 162 кг/мм<sup>2</sup>, серого — 190 кг/мм<sup>2</sup>. Существенное различие твердости раковин аммонитов затрудняют их полировку.

Во всех аммонитах отчетливо проявлены стенки и перегородки раковины, выполненные кальцитом (рис. 2 а). Ширина стенок до 0,3 мм, перегородок до 0,1 мм. Кальцит, их выполняющий, изометричной или слабо вытянутой формы, разно-ориентированный. В отдельных фрагментах тонких (0,08 мм) перегородок присутствуют сильно удлиненные кристаллы, полностью выполняющие пространство. Большинство кристаллов пересекают стенки и перегородки камер. Контуры кристаллов неровные, контакты с гётитом зубчатые, четкие (рис. 2 б). Отдельные перегородки выполнены полностью гётитом. Их контур слабо проявлен. Кальцит, выполняющий перегородку раковины в ОРЭ однороден с небольшим количеством мелких пор и микротрещин. В кальците фиксируются мелкие до 30 мкм включения барита (рис. 3 а).

Гётит в аммоните с неразрушенными камерами развивается вдоль стенок и перегородок раковины (рис. 2 а, б). Ширина выделений гётита от 1 до 2 мм, в центральной части раковины достигает 3 мм. Контакты гётита с кальцитом, выполняющим камеры, волнистые, преимущественно четкие. Характерно

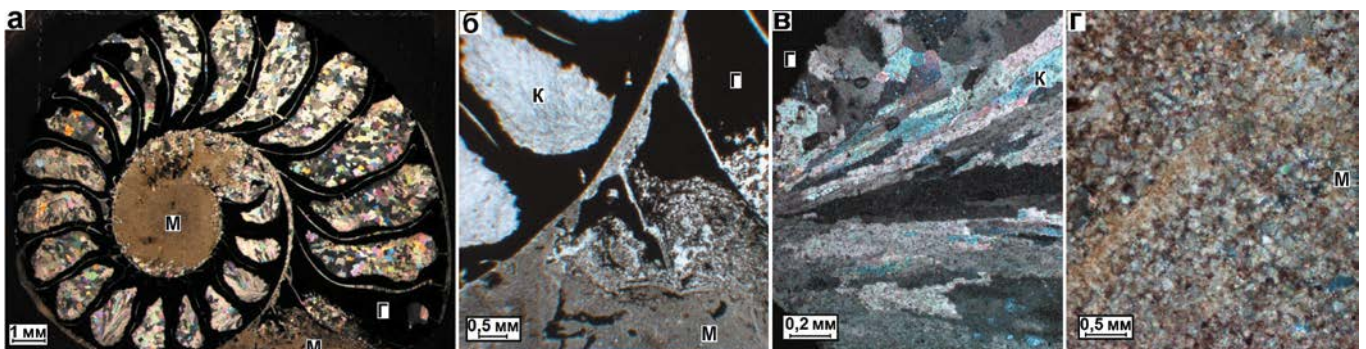


Рис. 2. Прозрачный шлиф аммонита (а) и фрагменты детализации б-г. Никели скрещены. К — кальцит, Г — гётит, М — мергель

проникновение гидроксидов железа в кальцит по микротрещинкам и контактам кристаллов. Этот процесс создает фрагментарную красновато-коричневую камеру по контуру гётита. В гётите присутствуют мелкие — около 0,03 мм трещинки, выполненные кальцитом. При этом в самом кальците присутствует поздний гётит. Гётит насыщен мелкими порами.

В отдельных фрагментах наблюдаются неоднородные образования сферической формы размером около 0,5 мм, оконтуренные кальцитом (рис. 3 а). По данным РСМА помимо Fe и O в гётите отмечается большое количество элементов с максимальными содержаниями, масс. %: Mg — 0,43, Al — 0,17, Si — 1,66, P — 0,28, S — 0,49, Cl — 0,24, K — 1,08, Ca — 0,32, Sr — 0,57, указывающих на присутствие микронных включений различного минерального состава. В ОРЭ образование имеет мозаичное строение. В светлых зонах не фиксируются содержания Mg при повышенных содержаниях Ca и Fe.

Для кальцита, выполняющего камеры раковины, характерна изометричная, слабо вытянутая форма кристаллов и различная ориентировка (рис. 2 б). Размер кристаллов изменяется в широком интервале от 0,05 до 1,5 мм. Структура гранобластовая. Последовательного роста кальцита от стенок камер не наблюдается, что во многом обусловлено их небольшими — 3–6 мм размерами. Ряд камер выполнен удлиненными кристаллами до 3 мм по длинной оси, при ширине до 0,2 мм. Такие кристаллы могут пересекать всю камеру (рис. 2 в). Кристаллы образуют полисинтетические двойники, радиально-лучистые агрегаты с веерным угасанием. Выполнение камер происходило из нескольких точек кристаллизации, расположенных на стенках.

Кальцит, выполняющий камеры раковины, содержит большое количество минеральных включений, пор размером 10–50 мкм и неоднороден по цветовым оттенкам в ОРЭ (рис. 3 б). В кальците на контакте с гётитом фиксируется большое количество включений барита размером от первых микрон до 0,3 мкм. Барит развивается по микротрещинам, порам и на контакте зерен кальцита, что указывает на его более позднее образование. Присутствуют включения доломита. Включение вытянутой формы, размером 10×40 мкм, имеет ровные, четкие границы с кальцитом (рис. 3 б).

Барит содержит в среднем, масс. %: Ba — 57,59, S — 13,92, O — 28,00, из элементов-примесей — Ca — 0,70 и Sr — 0,95. Ca связан с включениями кальцита, Sr — возможно, с целестином. Доломит содержит в среднем, масс. %: Mg — 8,65, Ca — 24,71, O — 17,55, из элементов-примесей — Fe — 4,44, связанного с включениями гётита. В отдельных спектрах фиксируется — Sr — до 0,61 масс. %.

Структура мергеля, выполняющего разрушенные камеры раковин, пелитовая. Размер отдельных кристалликов меньше 0,01 мм (рис. 2 г). На границе с гётитом характерна оторочка преимущественно кальцитового состава. Цементом мергеля служит кальцит. Мергель красновато-оранжевого и серого цветов пред-

ставляет тонкозернистый агрегат кальцита, гётита, барита с многочисленными микронными включениями кварца, двуоксида титана, циркона и других минералов (рис. 3 в). В мергеле присутствует большое количество мелких пор. Зоны серого цвета более однородны, содержат меньше гётита и барита и больше кварца и

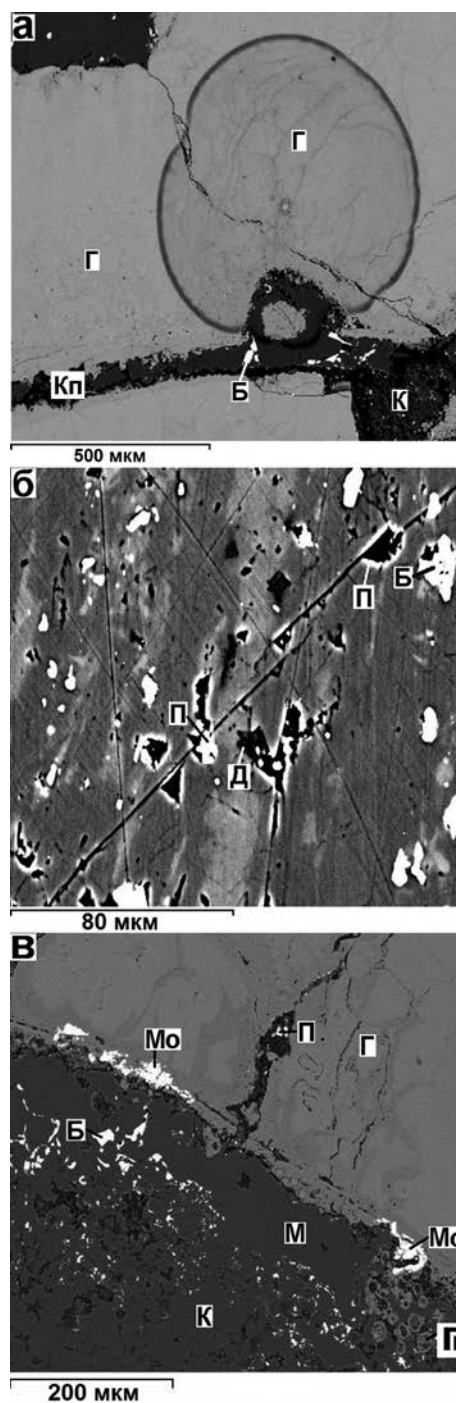
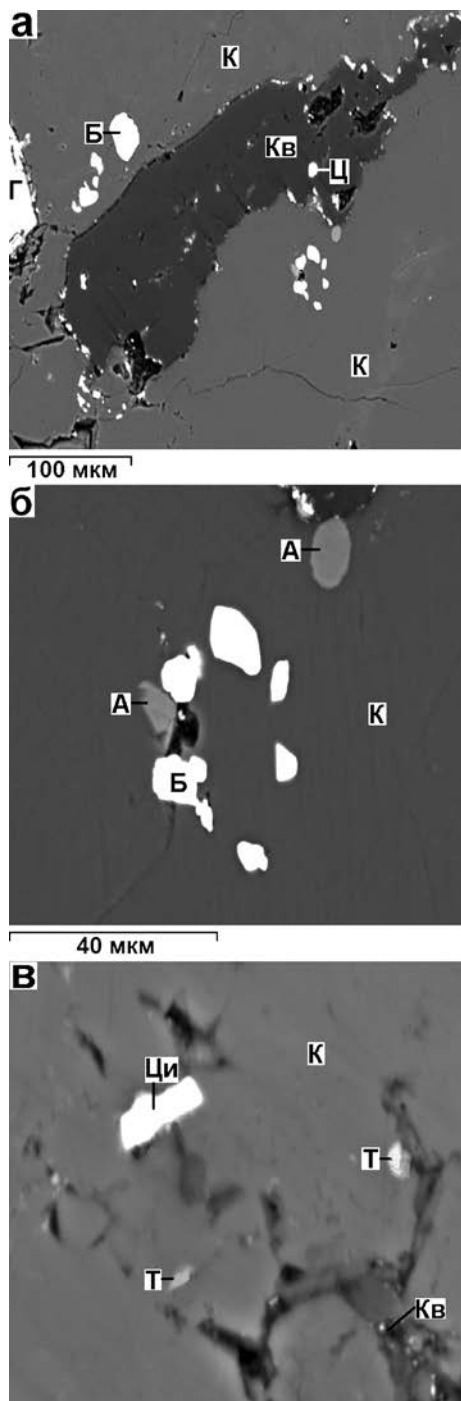


Рис. 3. Перегородка раковины, выполненная кальцитом (Кп) с включениями барита (Б) и примыкающие слои гётита (Г) с неоднородным сферическим образованием (а); кальцит (К), выполняющий камеру с включениями барита (Б), доломита (Д) (б); контакт слоя гётита (Г) с мергелем (М) с включениями кальцита (К), монацита (Мо), барита (Б) и глобулами гётита (Гг) (в). Микрозонд, ОРЭ. По — поры, трещины

двуоксида титана. Гётит определяет красновато-оранжевый цвет мергеля.

Кварц присутствует в мергеле в виде мелких 1–5, иногда до 30 мкм, зерен овальной формы (рис. 4 а). Зафиксировано относительно крупное 100×430 мкм зерно кварца вытянутой формы с неровными краями, связанное с морскими осадками. В нем содержится большое количество мелких от 1 до 6 мкм минеральных включений, выполняющих поры. Часть пор,



**Рис. 4.** Включения кварца (Кв), барита (Б), целестина (Ц) в кальците (К) мергеля в зоне контакта со слоем гётита (Г) (а); включения барита (Б), апатита (А) в кальците (К) (б); включения циркона (Ци), двуоксида титана (Т), кварца (Кв) в кальците мергеля (К) (в). Микросонд, ОРЭ

размером до 30 мкм, не минерализована. По данным РСМА в кварце фиксируется включение целестина эллипсоидной формы размером 7×12 мкм (рис. 4 а) с содержанием Sr 45,8 масс. %. Из элементов-примесей целестин содержит, масс. %: Ca — 0,24, Ba — 1,87, связанные с кальцитом и баритом. В кальците на этом участке зафиксированы включения барита размером до 35 мкм и включения фторапатита (рис. 4 б). Фторапатит овальной формы размером до 15 мкм содержит, масс. %: F — до 6,25, P — до 17,37, Ca — до 39,40. Размер включений двуоксида титана не превышает 2–3 мкм, а циркона — 7–8 мкм (рис. 4 в). В связи с малыми размерами аксессуарных минералов, анализы РСМА качественные и в тексте не приводятся.

Слой гётита, расположенные вдоль перегородок раковин на границе с мергелем, неоднородного цвета в ОРЭ. Более темные зоны, приуроченные к контакту с мергелем и трещинам, выполненным кальцитом. Для них характерно более высокое содержание H<sub>2</sub>O и более низкое Fe. В кальците, выполняющем мергель, на границе с гётитом формируются овальные образования размером до 20 мкм (рис. 3 в). На первой стадии мельчайшие глобулы гётита цепочкой образуют в кальците овоид, который может быть ими полностью затем заполнен. Овоиды, состоящие из гётита, характерны для зоны контакта. За счет них частично происходило наращивание слоя гётита. Такой процесс, вероятно, происходил с участием бактерий.

В гётите на контакте с мергелем, по данным РСМА, фиксируется монацит (рис. 5). Включения монацита, размером до 45 мкм, с неровными краями образуются вдоль контакта. Монацит — вторичный минерал, образовался после гётита, выполняя в нем маленькие пустоты. В монаците в среднем содержания, масс. %: P — 12,33, La — 11,19, Ce — 29,43, Pr — 2,58, Nd — 11,47, O — 27,50, а также S — 0,96, Ca — 0,27, Fe — 1,90, связанными с включениями кальцита и гётита. Отмечается отсутствие урана и тория. Ранее гипергенный монацит был установлен в литеритизированных карбонатах Чадобецкого поднятия Сибирской платформы. Вторичный гипергенный монацит образовался на месте растворения карбонатов, оксидов железа, барита и апатита [5].

Содержания элементов в кальците по данным РСМА изменяются в широком диапазоне (табл. 4), что обусловлено попаданием в спектр микровключений других минералов. Из элементов-примесей в кальците фиксируются относительно низкие содержания Mg, Fe и Sr. Характерной особенностью кальцита среднеюрских аммонитов Марокко является отсутствие Mn [4]. Кальцит, выполняющий различные структурные элементы раковин, по химическому составу близок.

Гётит, выполняющий различные структурные элементы раковин аммонитов, также неоднороден по химическому составу. В среднем он содержит, масс. %: Fe — 54,71, O — 26,86, из элементов-примесей Mg — 0,39, Si — 1,93 и Ca — 0,31. Содержания элементов-примесей связаны с микровключениями кальцита, доломита и, по-видимому, вторичного кварца.

Таблица 4

Химический состав кальцита среднеюрских аммонитов по данным РСМА

Структурное положение кальцита	Содержание элемента, масс. %				
	Mg	Fe	Sr	Ca	O
Перегородки (3)**	$\frac{0,00-0,29^*}{0,19}$	$\frac{0,31-0,51}{0,38}$	0,00	$\frac{39,04-39,67}{39,33}$	$\frac{15,86-15,98}{15,93}$
Неразрушенные камеры (11)	$\frac{0,00-0,43}{0,13}$	$\frac{0,00-0,44}{0,10}$	$\frac{0,00-1,11}{0,29}$	$\frac{37,82-39,66}{38,83}$	$\frac{14,96-15,89}{15,50}$
Кальцит мергеля (33)	$\frac{0,00-0,43}{0,12}$	$\frac{0,00-1,61}{0,17}$	$\frac{0,00-0,94}{0,12}$	$\frac{36,37-40,96}{38,39}$	$\frac{14,82-16,35}{15,39}$

\* — над чертой минимальные и максимальные значения, под чертой — средние

\*\* — число спектров

Наличие в раковинах аммонитов значительного количества гётита указывает на условия их минерализации. Известно, что гётит — гидроксид железа, содержащий до 12–14 масс. % воды, — образуется преимущественно в приповерхностных экзогенных условиях при полном доступе кислорода и влаги. Большие массы гидроксидов железа образуются в прибрежных зонах морских бассейнов путем коагуляции приносимых поверхностными водами коллоидных растворов под действием электролитов [1]. Гётит образуется как за счет дегидратации лимонита, так и самостоятельно в виде

параллельно-волокнистых корочек с черной блестящей поверхностью, что мы и наблюдаем в аммонитах. Определенную роль в его образовании играли и ферробактерии. При дегидратации гётита образуется гематит, который также присутствует в раковинах среднеюрских аммонитов. Гётит не устойчив в кислых средах, в том числе при воздействии гуминовой кислоты, образующейся при разложении растительного вещества во влажных средах. Эти условия не характерны для местоположения месторождения, представляющего каменистую пустыню, что и обусловило сохранение гётита.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что выполнение раковин аммонита в процессе диагенеза шло поэтапно с замещением арагонитовых слоев перегородок и стенок. На первом этапе выделялся гётит, образуя ленточные образования вдоль арагонитовых стенок и перегородок раковин. После образования гётита неразрушенные камеры раковин выполнялись кальцитом, который также замещал и арагонит. Кристаллизация кальцита в камерах преимущественно шла одновременно во всем объеме из многочисленных центров кристаллизации. Иногда рост кристаллов шел от стенок из нескольких центров кристаллизации. Так как кальцит выполняет трещинки в гётите, этим подчеркивается его более позднее образование. С другой стороны, в кальците на границе с гётитом присутствуют более поздние выделения гидроксидов железа. На последних этапах образовались барит, монацит, которые выполняли поры растворения и трещинки. Разрушенные камеры заполнялись морскими осадками, содержащими кварц, двуоксид титана, циркон. В процессе диагенеза осадок цементировался кальцитом, с вновь образованными включениями гётита, барита, фторапатита, целестина.

#### Выводы

Аммониты среднеюрского возраста Марокко состоят преимущественно из кальцита, гётита, барита. Присутствуют кварц, гематит, хлорит. Установлены микровключения доломита, целестина, фторапатита, циркона, двуоксида титана, монацита. Арагонит, образовавший исходную раковину аммонита, не обнаружен. Среднеюрские аммониты Марокко по минеральному составу существенно отличаются от аммонитов ювелирно-поделочного качества других регионов мира и выделены в кальцит-гётитовый минеральный тип [4].

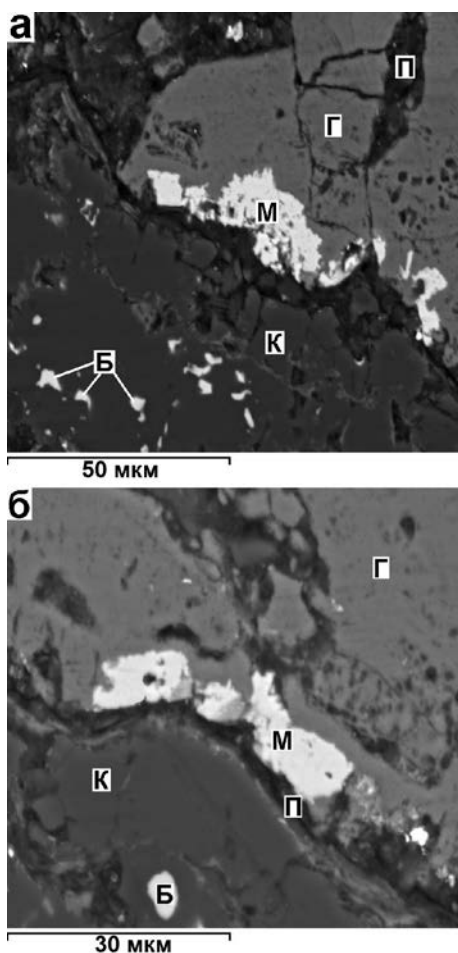


Рис. 5. Включения монацита (М) в гётите (Г) и барита (Б) в кальците (К), выполняющем мергель. Микросонд. ОРЭ. П — поры, трещины

Перегородки и стенки выполнены кальцитом, гётитом с включениями барита. Неразрушенные камеры выполнены кальцитом и гётитом, разрушенные — мергелем оранжевого и красновато-коричневого цвета, связанного с микровключениями гётита. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания, масс. %: Sr — 0,120 и Ni — 0,054, Cu — 0,062, Zn — 0,016, Pb — 0,016, V — 0,011. Для кальцита характерны низкие содержания Mg, Fe, Sr и отсутствие Mn.

Среднеюрские аммониты имеют небольшие размеры, контрастную цветовую гамму, сочетающую черные, желтые, оранжевые, белые, серые, красновато-коричневые цвета, положительные технологические характеристики, позволяющие широко использовать их в ювелирных изделиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бетехтин, А.Г. Минералогия / А.Г. Бетехтин — М.: Госгеолтехиздат, 1950. — 675 с.
2. Буканов, В.В. Цветные камни. Энциклопедия / В.В. Буканов — СПб, 2008. — 416 с.
3. Петроченков, Д.А. Особенности отработки верхнедевонских ювелирно-поделочных аммонитов Марокко / Д.А. Петроченков // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 2. — С. 34–41.
4. Петроченков, Д.А. Ювелирно-поделочные аммониты: проблемы оценки и перспективы добычи / Д.А. Петроченков, Л.З. Быховский // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2018. — № 4. — С. 15–22.

5. Слукин, А.Д. Латеризированные карбонатиты и ассоциирующие с ними осадочные каолины и бокситы с высокими содержаниями REE, Nb, Ti и других элементов (Чадобецкое поднятие Сибирской платформы) / Прикладная геохимия. Вып. 7: Сб. научных статей / А.Д. Слукин — М.: ИМГРЭ, 2005 — 368 с.
6. Bockwinkel, J. Upper Givetian ammonoids from Dar Kaoua (Tafilalt, SE Anti-Atlas, Morocco) / J. Bockwinkel, R.T. Becker, V. Ebbighausen // Berliner paläobiologische Abhandlungen. 2009. — V. 11. — P. 61–128.
7. Bockwinkel, J. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, southern Morocco) / J. Bockwinkel, R.T. Becker, V. Ebbighausen // Fossil Record. — 2013. — V. 16(1). — P. 5–65.
8. Bourillot, R. Early-Middle Jurassic Lytoceratid ammonites with constrictions from Morocco: palaeobiogeographical and evolutionary implications / R. Bourillot, P. Neige, A. Pierre, C. Durllet // Paleontology. — 2008. — V. 51. — Part 3. — P. 597–609.
9. Ebbighausen, V. Morphometric analyses and taxonomy of oxyconic Goniatites (Paratornoceratinae n. subfam.) from the Early Famennian of the Tafilalt (Anti-Atlas, Morocco) / V. Ebbighausen, R.T. Becker, J. Bockwinkel // Abhandlungen Der Geologischen Bundesanstalt. — 2002. — V. 57. — P. 167–180.
10. Hammichi, F. Toarcian-Aalenian ammonite faunas of the southwestern Middle Atlas (Morocco). Les faunes d'Ammonites du Toarcien-Aalénien du Moyen Atlas sud-occidental (Maroc) / F. Hammichi, K. Benshili, S. Elmi // Revue de Paléobiologie, Genève. — 2008. — V. 27(2) — P. 429–447.
11. Klud, C. Early Emsian ammonoids from the eastern Anti-Atlas (Morocco) and their succession / C. Klud // Paläontologische Zeitschrift. — 2001. — V. 74. — P. 479–515.

© Петроченков Д.А., Иоспа А.В., Кривощёков Н.Н., 2020

Петроченков Дмитрий Александрович // p-d-a@mail.ru  
Иоспа Анастасия Владимировна // ada-heals@mail.ru  
Кривощёков Николай Николаевич // vims-niknik@mail.ru

## ГЕОФИЗИКА

УДК: 550.343; 556.38; 556.5.01; 550.37

Манукьян В.А (ЗАО «Спецгеоэкология»)

### ГЕНЕЗИС ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА И ЕГО МОНИТОРИНГ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ИНДИКАЦИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЗОНАХ СОВРЕМЕННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Рассмотрено аномальное положение подпочвенного радона в современных тектонических нарушениях зоны аэрации, его генезис, взаимодействие с региональными и глобальными сейсмическими событиями, приливными процессами, взаимосвязь с подземными водами и атмосферным давлением, приуроченность радоновых аномалий к авариям на промышленных сооружениях, влияние аномалий на биологические объекты. **Ключевые слова:** современные тектонические нарушения, зона аэрации, подпочвенный радон, гамма-картаж скважин, мониторинг природных параметров, напряженно-деформированное состояние, дихотомия деревьев, электромагнитные импульсы.

Manukyan V.A. (Spetsgeoeкологиya)

### GENESIS OF UNDERGROUND RADON AND ITS MONITORING FOR EFFECTATIVE INDICATION OF STRESS-DEFORMED STATE OF EARTH CRUST IN ZONES OF MODERN TECTONIC DISTURBANCES

*The subject of this article concerns the anomalous position of the subsurface radon in modern tectonic breaks of the zone above free water level, genesis, interaction with the regional and global seismic events, tidal processes, relationship with groundwaters and atmospheric pressure, coincidence in time of radon anomalies and industrial incidents, the influence of these anomalies on biological objects. **Keywords:** modern tectonic breaks, zone above free level water, subsoil radon, gamma-radiation well logging, monitoring of natural parameters, stress strain state, doubling trunks, electromagnetism impulses.*

#### Введение

Автор отталкивается от классических работ А.А. Спивака [1, 13] об основных источниках радона — обогащенных ураном по всему разрезу — от юрских глин до архейских гранитов. П.С. Микляев [10]