DOI: 10.24411/0869-7175-2019-10041

УДК 549: 535.5 (571.51)
© Д.А.Петроченков, В.А.Радько, Е.Ю.Барабошкин, 2019

# Верхнемеловые коллекционно-поделочные аммониты севера Красноярского края

Д.А.ПЕТРОЧЕНКОВ (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (ФГБОУ ВО РГГРУ); 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23),
В.А.РАДЬКО (Общество с ограниченной ответственностью «НОРД-ПРОСПЕКТОР» (ООО «НОРД-ПРОСПЕКТОР»); 663300, Красноярский край, г. Норильск, ул. Набережная Урванцева д. 33),
Е.Ю.БАРАБОШКИН (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (ФГБОУ ВО МГУ); 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1)

В статье впервые приведены результаты детального изучения аммонитов коммерческого качества нового объекта, расположенного на севере Красноярского края. Установлены характер залегания аммонитов, их минеральный состав и геммологические характеристики.
*Ключевые слова*: аммонит, Красноярский край, туронский ярус, кальцит, арагонит, коллекционно-поделочные камни.

Петроченков Дмитрий Александрович
кандидат геолого-минералогических наук
p-d-a@mail.ru

Радько Виктор Александрович
agatradko@mail.ru

Барабошкин Евгений Юрьевич
доктор геолого-минералогических наук
barabosh@geol.msu.ru

# Upper Cretaceous collection and ornamental ammonites from the north of Krasnoyarsk region

D.A.PETROCHENKOV (Russian State Geological Prospecting University (RSGPU)),
V.A.RADKO (LLC «NORD-PROSPEKTOR),
E.Yu.BARABOSHKIN (Moscow State University)

The article presents for the first time the results of a detailed study of commercial-grade ammonites of a new facility located in the north of the Krasnoyarsk Territory. The nature of the occurrence of ammonites, their mineral composition, and gemological characteristics are established.
*Key words*: ammonite, Krasnoyarsk region, Turonian stage, calcite, aragonite, collection and ornamental stones.

На мировом рынке широко представлены коллекционные и интерьерные аммониты, а также ювелирные и сувенирные изделия из них [1, 6]. Основными поставщиками аммонитов на мировой рынок являются Мадагаскар [10, 12], Марокко [11], Канада [9, 13, 14]. Известны коллекционные и ювелирно-поделочные аммониты из юрских и меловых отложений Ульяновской, Рязанской, Саратовской областей, республик Дагестан и Адыгея Российской Федерации [2, 5, 6].

В 2017 г. на российский рынок поступили аммониты, а также изделия из них с яркой цветной иризацией перламутрового слоя. Объект расположен на севере Красноярского края в Таймырском (Долгано-Ненецком) муниципальном районе, в 130–150 км на северо-восток от г. Норильск. Аммониты коммерческого качества встречаются в долинах рек Кумга, Тальми, Икон – правых притоков р. Пясина. Местонахождение аммонитов обнаружено в поле мезозойских осадочных отложений Енисейско-Хатангского прогиба, перекрытых четвертичными моренными отложениями.

Из-за труднодоступности район геологически слабо изучен. Первые данные по геологии местонахождения

аммонитов относятся к 1945 г. и связаны с сообщениями В.Н.Сакса [8]. При проведении геологической съёмки масштаба 1:200 000 В.А.Марковским (1962) были обнаружены коренные выходы мезозойских отложений, представленных чередующимися пачками глин, алевролитов, песков. Пески серые, зеленоватые, мелкозернистые, глауконитовые с линзовидными прослоями и конкрециями песчаников, часто содержащими обильную фауну аммонитов, белемнитов, пелеципод и гастропод. По определению В.З.Малкина (1962), кроме аммонитов Placenticeras sp. nov., достигающих диаметра одного метра, в конкрециях встречаются Inoceramus ex. gr. labiatus Schioth., I. cf. interruptus Schm. (турон-коньяк) и Lopatinia cf. jenissea Schm., Mytilus lanceolatus J. de C.Sow., Alaria sotnikovi Schm. (турон-сантон). В.А.Марковский считал, что эти отложения обнажаются в эрозионных окнах. По результатам геологического доизучения масштаба 1:200 000 В.В.Комаров выделил здесь только моренные отложения [3].

До 2002 г. палеонтологические остатки р. Икон не рассматривались как коммерческий коллекционный и поделочный материал. Впервые такая возможность была установлена В.А.Радько при сборе геологических материалов (агатов, яшмоидов) в бассейнах рек Кумга, Икон, Тальми летом 2002 г. [7]. Было отмечено наличие яркого перламутрового слоя у раковин аммонитов, представляющего коммерческий интерес. Все палеонтологические остатки находятся в конкрециях песчаника. Конкреции встречаются относительно часто в бортах и руслах рек. Иногда русла временных водотоков и правые берега рек выстланы многочисленными обломками и целыми конкрециями размером до 1×1,5×2,5 м.

**Методы исследований.** Комплекс исследований аммонитов проведён на кафедре минералогии и геммологии ФГБОУ ВО РГГРУ, в ФГБУ «ВИМС» и ФГБУН ИГЕМ (РАН). Он включал определение плотности, микротвёрдости, люминесценции, количественное определение химического и минерального составов, радиационных характеристик, оптико-петрографические, электронно-зондовые и электронно-микроскопические исследования.

Количественное определение химического состава аммонитов выполнено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА). Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА) на установке «X'Pert PRO». Микротвёрдость определялась на микротвердометре «ПМТ-3» с нагрузкой массой 50 г и экспозицией 15 сек; показатели преломления – на геммологическом рефрактометре «КЛИО». Плотность образцов определялась гидростатическим методом на электронных весах «Sartorius Gem G150D». Люминесценция изучалась под ультрафиолетовой лампой «Multispec System Erickhorst» с λ=254 и 365 нм. Электронно-зондовые исследования выполнены на микроанализаторе «Jeol JXA-8100», позволяющем получить химический состав по данным рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), провести анализ образцов в обратно-рассеянных электронах (ОРЭ). Содержание кислорода рассчитывалось по стехиометрии. Электронно-микроскопическое изучение образцов проведено на растровом электронном микроскопе (РЭМ) «Tesla BS-301». Испытание радиационных характеристик проведено в Аналитическом сертификационном испытательном центре (АСИЦ) ВИМС.

**Обсуждение результатов.** Аммониты коммерческого качества находятся в конкрециях известковистого песчаника. Конкреции в отложениях кварц-полевошпатового, буровато-желтого и зеленовато-серого плотного песка расположены хаотично. Мощность отложений с конкрециями, вскрываемых в береговых обрывах, до 30 м. При размыве отложений конкреции

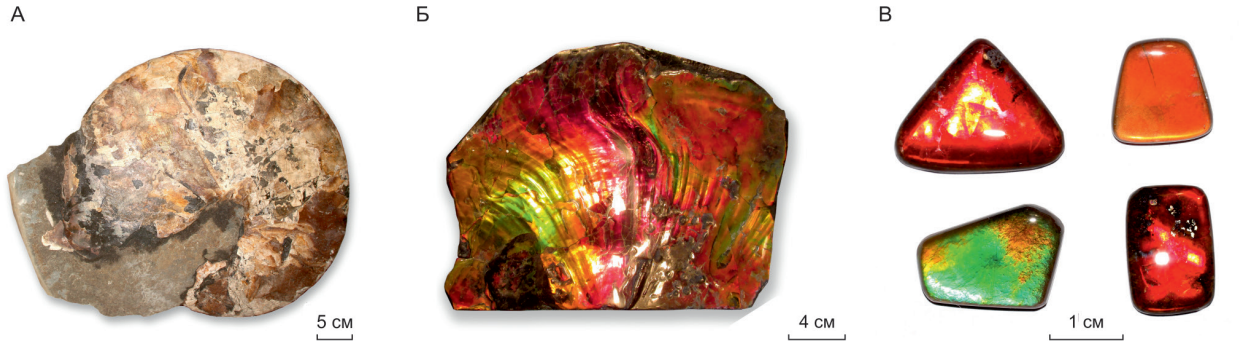



**Рис. 1. Аммонит с фрагментом конкреции (А), фрагмент аммонита с яркой цветной иризацией перламутрового слоя (Б), кабошоны из ископаемого перламутра (В)**

скапливаются в руслах рек и небольших боковых ручьёв, где их и собирают. Горные выработки не применяются, поэтому не нарушается экология среды. Конкреции в отложениях плотные, в руслах рек в результате выветривания трещиноватые, относительно легко разбираются на мелкие фрагменты. Количество конкреций, содержащих аммониты коммерческого качества, не превышает 10%.

В конкрециях Е.Ю.Барабошкин определил хорошо сохранившиеся аммониты рода *Placenticeras* туронского облика с остатками перламутрового слоя. Наряду с аммонитами в конкрециях обнаружены двустворки рода *Inoceramus*, мелкие гастроподы, белемниты и древесные фрагменты. Диаметр аммонитов достигает 70 см, а размер отдельных фрагментов поделочного качества – 40 см (рис. 1). Коммерческий интерес представляют только аммониты с хорошо сохранившимся перламутровым слоем и яркой цветной иризацией.

Перламутровый слой с включениями мергеля состоит из (в мас.%): арагонита – 93, кальцита – 1,5, апатита – 2,5, фатерита – 2, сидерита – 1, фиксируются следы пирита и кварца. Минеральный состав перламутрового слоя указывает на хорошую сохранность исходного арагонита, при этом происходит его частичное замещение другими минералами. Отметим присутствие фатерита – неустойчивой гексагональной минеральной формы $CaCO_3$, являющейся переходной от арагонита к кальциту [4]. Присутствие кварца, пирита, а также частично кальцита, апатита и сидерита связано с песчаником (табл. 1). Минеральный состав подтверждается результатами химических анализов (табл. 2). Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания (в мас.%): Sr – 0,506 и Ba – 0,014 (табл. 3).

Камера, выполненная кальцитом, имеет более однородный минеральный состав. Кальцит составляет 94, а арагонит – 3 мас.% и связан с перегородками и стенками аммонита. В небольшом количестве присутствуют (в мас.%): сидерит – 1, апатит – 1 и анкерит-доломит – 0,5 (см. табл. 1). Зафиксированы повышенные содержания элементов-примесей (в мас.%): Sr – 0,073 и Ba – 0,013 (см. табл. 3).

Песчаник характеризуется широким минеральным спектром (в мас.%): кальцит – 45, кварц – 20, алюмосиликаты – 13,5, арагонит – 5, сидерит – 3, апатит – 2,5, пирит – 1. Фиксируются следы хромита и магнезита (см. табл. 1). Повышенные содержания $TiO_2$ (0,43 мас.%) указывают на присутствие минералов титана (см. табл. 2). Арагонит связан с перегородками и стенками аммонита. Алюмосиликаты представлены (в мас.%): плагиоклазом – 10, калиевым полевым шпатом (КПШ) – 7, амфиболом – 3,

**1. Минеральный состав аммонита.** *По данным РКФА*

| № образца | Характеристика образца | Минеральный состав | Содержание, мас.% |
|---|---|---|---|
| Кр-А | Перламутровый слой с включениями мергеля | Арагонит | 93 |
| | | Кальцит | 15 |
| | | Апатит | 2,5 |
| | | Фатерит | 2 |
| | | Сидерит | 1 |
| | | Пирит | Следы |
| | | Кварц | Следы |
| Кр-К | Камера, выполненная кальцитом | Кальцит | 94 |
| | | Арагонит | 3 |
| | | Сидерит | 1 |
| | | Апатит | 1 |
| | | Анкерит-доломит | 0,5 |
| Кр-М | Камера, выполненная песчаником | Кальцит | 45 |
| | | Арагонит | 5 |
| | | Кварц | 20 |
| | | Сидерит | 3 |
| | | Апатит | 2,5 |
| | | Пирит | 1 |
| | | Плагиоклаз | 10 |
| | | КПШ | 7 |
| | | Амфибол | 3 |
| | | Иллит-глауконит | 1,5 |
| | | Хлорит | 1 |
| | | Магнезит | Следы |
| | | Хромит | Следы |

**2. Химический состав аммонитов.** *По данным РФА*

| № образца | Содержание компонента, мас.% | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Na_2O$ | $Mg_2O$ | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $K_2O$ | CaO | $TiO_2$ | MnO | $Fe_2O_3$ | $P_2O_5$ | S | П.П.П. |
| Кр-А | 0,42 | 0,06 | 0,07 | 0,19 | 0,01 | 52,97 | 0,01 | 0,01 | 0,34 | 1,07 | 0,76 | 42,81 |
| Кр-К | 0,08 | 0,53 | 0,06 | 0,13 | 0,01 | 50,31 | 0,01 | 0,36 | 5,85 | 0,91 | 0,09 | 40,07 |
| Кр-М | 0,81 | 0,94 | 4,74 | 27,18 | 0,94 | 27,18 | 0,43 | 0,28 | 8,68 | 1,69 | 0,56 | 25,53 |

иллитом – 1,5, хлоритом – 1. Кварц, алюмосиликаты, хромит связаны с исходным морским осадком. Кальцит, сидерит, апатит, пирит, магнезит образовались на стадии диагенеза. Зафиксированы повышенные содержания элементов-примесей (в мас.%): Sr – 0,092, Ba – 0,094, Co – 0,010, Ni – 0,010, Zn – 0,024, Pb – 0,017. Элементы с содержанием 0,001–0,01 мас.% – Cr, V, Cu, Rb, Zr, Y и As (см. табл. 3).

Результаты испытаний радиационных характеристик аммонитов показали низкую удельную активность, (Бк/кг): $^{224}Ra$ – 20, $^{226}Ra$ – 20, $^{228}Ra$ – 20, $^{232}Th$ – 20, $^{40}K$ – 217, $^{137}Cs$ – 10, $A_{эфф.}$ – 119. В соответствии с Положением ГОСТа 30108-94 к СП 2.6.1 2800-10 п. 4.5.1 «…изделия художественных промыслов и предметов интерьера из природного камня…» порода относится с I классу ($A_{эфф.}$<740 Бк/кг), позволяющему использовать её без ограничения.

Внешняя стенка аммонита – перламутровый слой толщиной 1–2 мм, редко до 3 мм. Толщина внутренних стенок и перегородок менее 1 мм. Встречаются раздавленные раковины со спрессованными стенками и перегородками. В таких спрессованных фрагментах толщина перламутрового слоя может увеличиться до 5 мм. При этом отдельные арагонитовые слои разделяются песчаником, реже кальцитом. Иризация перламутрового слоя охватывает весь цветовой спектр (см. рис. 1, В). Наиболее характерными цветами являются красный, оранжевый, реже зелёный, и очень редко встречаются голубой, синий и фиолетовый. При изменении наклона образца цвет иризации существенно меняется.

Перламутровые слои плотные, в отдельных фрагментах расслаиваются на тонкие пластины. В образце они не прозрачные, просвечивают в тонких слоях. Полированные пластины толщиной до 1 мм просвечивающие. Показатель преломления колеблется от 1,52 до 1,67, двупреломление 0,13–0,14, связи с цветом иризации не устанавливается. Плотность 2,84–2,86 г/см$^3$, несколько ниже арагонита (2,94 г/см$^3$), что может объясняться присутствием пор и микротрещинок.

Микротвёрдость перламутрового слоя в направлении, перпендикулярном слоистости, составляет 366 кг/мм$^2$, в торцевых средах возрастает до 387 кг/мм$^2$. Микротвёрдость внутренних стенок и перегородок аммонита в торцевых срезах колеблется от 260 до 367 кг/мм$^2$ и зависит от сохранности арагонитовых слоёв. Люминесценция стенок и перегородок не наблюдается. Стенки и перегородки хорошо полируются до перламутрового блеска.

Неразрушенные камеры аммонитов, которые встречаются достаточно редко, выполнены кальцитом (рис. 2, А, Б). Кальцит коричневого, серовато-коричневого цвета, встречаются небольшие фрагменты жёлтых оттенков. Кальцит преимущественно просвечивающий. Присутствуют фрагменты полупрозрачного кальцита, расположенные в центральных частях камер, и непрозрачные, примыкающие к перегородкам и стенкам. Кальцит плотный, излом раковистый. Плотность кальцитовых агрегатов в среднем 2,75 г/см$^3$ с небольшими колебаниями. Микротвёрдость кальцита светлых оттенков – 236 кг/мм$^2$, тёмных возрастает до 264 кг/мм$^2$. Кальцит хорошо полируется до стеклянного блеска с ровной поверхностью, на которой контрастно проявлены арагонитовые перегородки и стенки раковины.

Песчаник серого и бурого цвета с различными оттенками (см. рис. 2, В), плотный, разламывается с большим трудом с мелкораковистым изломом. Плотность песчаника в среднем 2,74 г/см$^3$, микротвёрдость – 257 кг/мм$^2$. Микротвёрдость включений кварца – 1298 кг/мм$^2$.

**3. Содержание элементов-примесей в аммонитах.** *По данным РФА*

| № образца | Содержание компонента, мг/кг (×10$^{-4}$мас.%) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cr | V | Co | Ni | Cu | Zn | Rb | Sr | Zr | Ba | U | Th | Y | Pb | As |
| Та-А | <10 | <10 | 13 | 10 | 12 | 11 | <10 | 5064 | <10 | 136 | <5 | <5 | <5 | <10 | 16 |
| Та-К | <10 | <10 | <10 | <10 | 10 | <10 | <10 | 733 | <10 | 130 | <5 | <5 | <5 | <10 | <10 |
| Та-М | 28 | 32 | 104 | 103 | 13 | 244 | 37 | 916 | 61 | 394 | <5 | <5 | 23 | 171 | 17 |

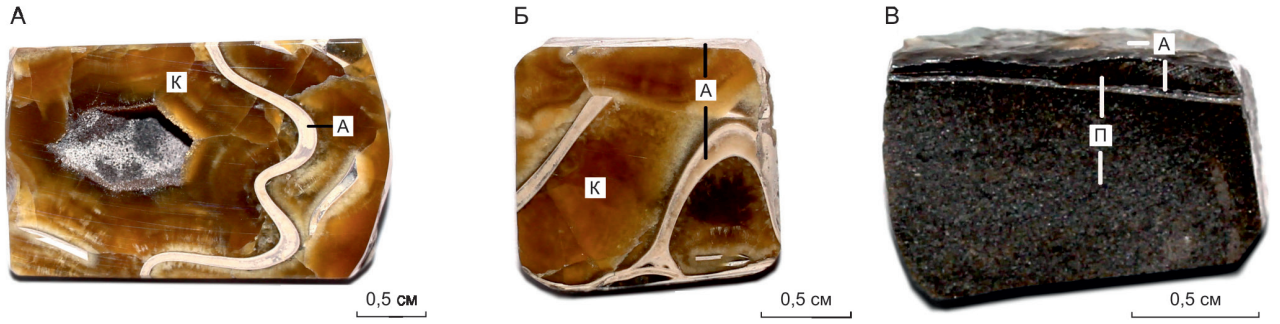



**Рис. 2. Аншлифы фрагментов камер аммонитов, выполненных кальцитом (А, Б) и известковистым песчаником (В):**

А – стенки и перегородки аммонита, выполненные арагонитом, К – кальцит, П – песчаник

Песчаник не люминесцирует, является естественной подложкой перламутра и полируется до стеклянного блеска с ровной поверхностью.

Оптико-петрографические и электронно-зондовые исследования позволили детализировать структурные особенности строения и минеральный состав раковин аммонитов.

Стенки и перегородки аммонита имеют хорошую сохранность. Контакты с песчаником и кальцитом чёткие, ровные (см. рисунки 3, 4). В арагонитовых слоях развиваются микротрещинки и поры размером 1–50 мкм. Поры концентрируются в краевых частях стенок и перегородок, сопровождают микротрещинки. Более крупные трещинки ориентированы вдоль арагонитовых слоёв. Поперёк слоёв микротрещинки в отдельных фрагментах образуют частую сетку, хорошо видимую при больших увеличениях. В трещинках развиваются микропрожилки кальцита, а также микронные выделения пирита и апатита (см. рис. 4, Б, В). Микропрожилки кальцита шириной до 0,03 мм. Кристаллы призматической формы до 0,1 мм по удлинению, ориентированы вдоль микротрещины и имеют различную ориентировку.

Из элементов-примесей в неизменённом арагоните фиксируются устойчивые содержания (средние в мас.%): Na – 0,19 и Sr – 0,22. В отдельных фрагментах наблюдается замещение арагонита, которое отражается в изменении его цвета в ОРЭ (см. рис. 4, Б, В, Е).

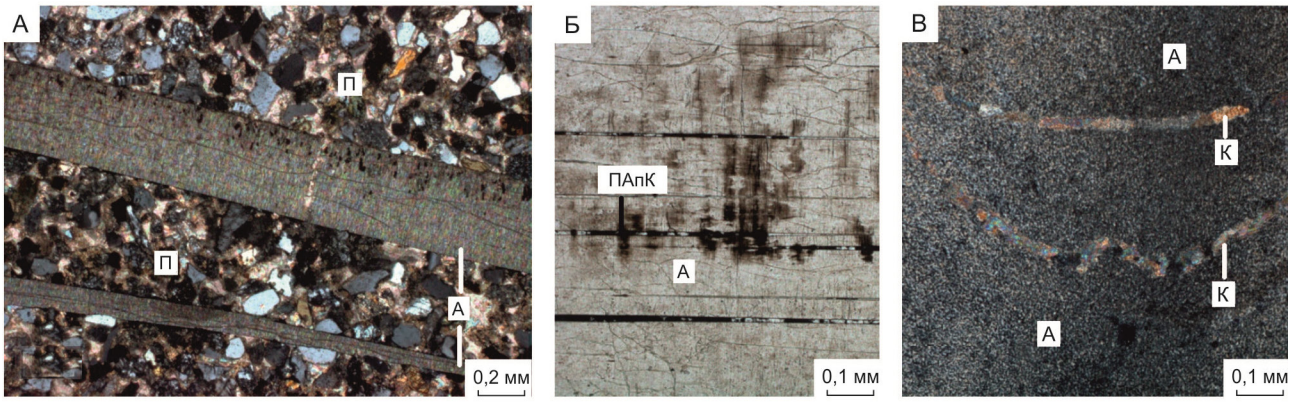



**Рис. 3. Прозрачные шлифы фрагментов стенок аммонита: А – фрагменты стенок, сцементированных песчаником, Б – фрагмент стенки, разбитой микротрещинами, параллельными и перпендикулярными слоистости, выполненными пиритом, апатитом и кальцитом, В – микропрожилки кальцита; николи Х – А, В; || – Б:**

А – стенки аммонита, П – песчаник, К – кальцит, ПАпК – микропрожилки пирит, апатит кальцитового состава

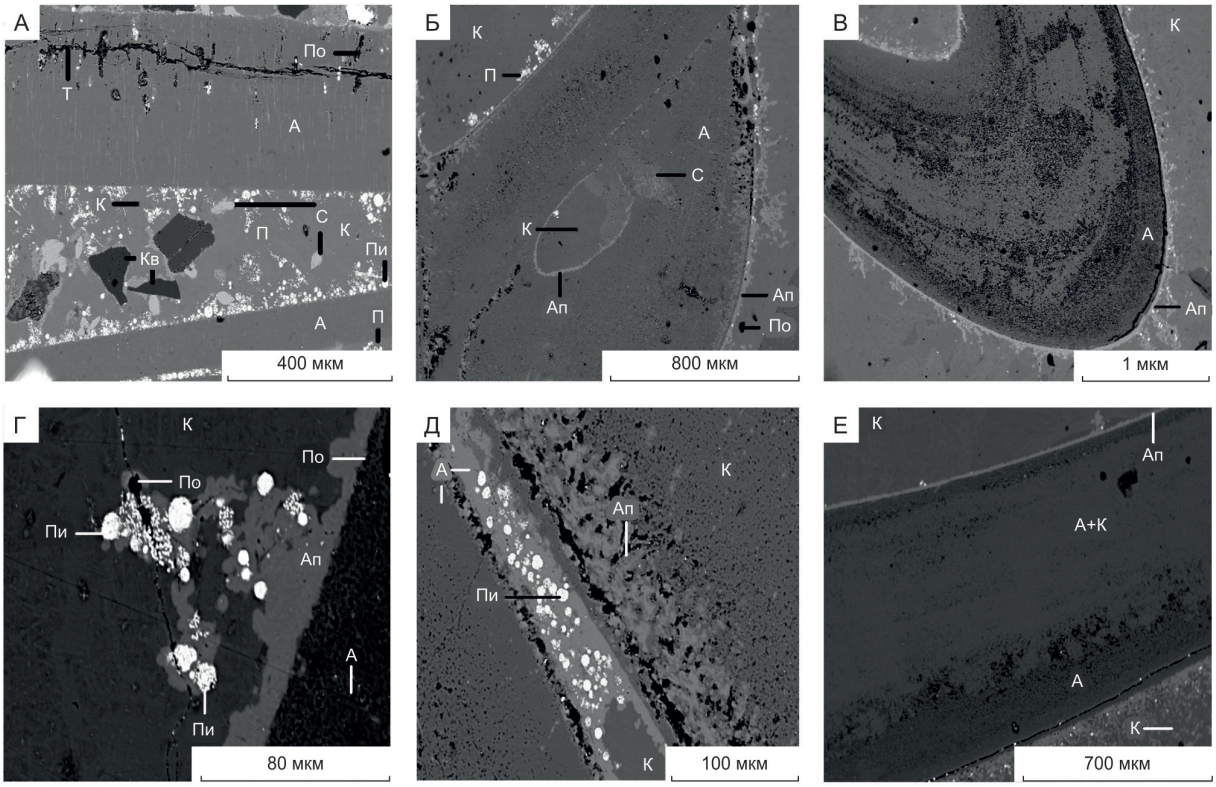



**Рис. 4. Фрагменты аммонита, включающие внешнюю стенку с прослоями песчаника (А); камеры с внутренними стенками и перегородками, выполненные кальцитом (Б–Е); микрозонд, ОРЭ:**

А – арагонит, П – песчаник, К – кальцит, С – сидерит, Ал – алюмосиликаты, Кв – кварц, Пи – пирит, Ап – апатит, По – поры, Т – микротрещина

В таких зонах фиксируются содержания (в мас.%): Mg – до 0,75, Fe – до 1,16, Mn – до 0,25, P – до 2,20, связанные с микронными выделениями кальцита, апатита, пирита.

Кальцит, выполняющий камеры, разнозернистый, кристаллы плотно сросшиеся. Характерны блоки и слои с различной ориентировкой, размером и формой кристаллов (рис.5, А). Вдоль перегородок и стенок расположен тонкий до 0,2 мм слой слабоудлинённых, разноориентированных кристаллов. В таких приконтактовых слоях присутствует большое количество микропор и минеральных включений. Кальцит в образце непрозрачный. В центральных частях камер расположены более крупные кристаллы сильно удлинённой призматической формы, размером до 1–2 мм. Характерны полисинтетические двойники сложной формы с веерным угасанием (см. рис. 5, А, Г). Присутствуют слои с параллельной ориентировкой кристаллов с ровным угасанием. В поперечных срезах к удлинению кристаллов в шлифе наблюдается их изометричная форма в виде пестрой мозаики при скрещенных николях (см. рис. 5, Б). Кальцит в образце непрозрачный. Его структурные особенности указывают на одновременное быстрое формирование кристаллов из многочисленных центров кристаллизации, расположенных на стенках и перегородках раковины, а затем и на образованных слоях. Это привело к многочисленным разноориентированным блокам и слоям кальцита, выполняющим камеры. Прозрачность кальцита определяется размером, взаимоориентированностью кристаллов, количеством пор и включений.

Кальцит в ОРЭ ровного серого цвета, что указывает на его химическую однородность. Вдоль контактов с перегородками и стенками фиксируются многочисленные минеральные включения и поры. Центральные части камер содержат небольшое количество включений и пор, а их размер не превышает 5 мкм (см. рис. 4, А, Г). Включения представлены апатитом, сидеритом и пиритом.

Апатит образует слой шириной 10–40 мкм вдоль перегородок и стенок. Контакт с арагонитовыми слоями ровный, с кальцитом – кармановидный. Характерны

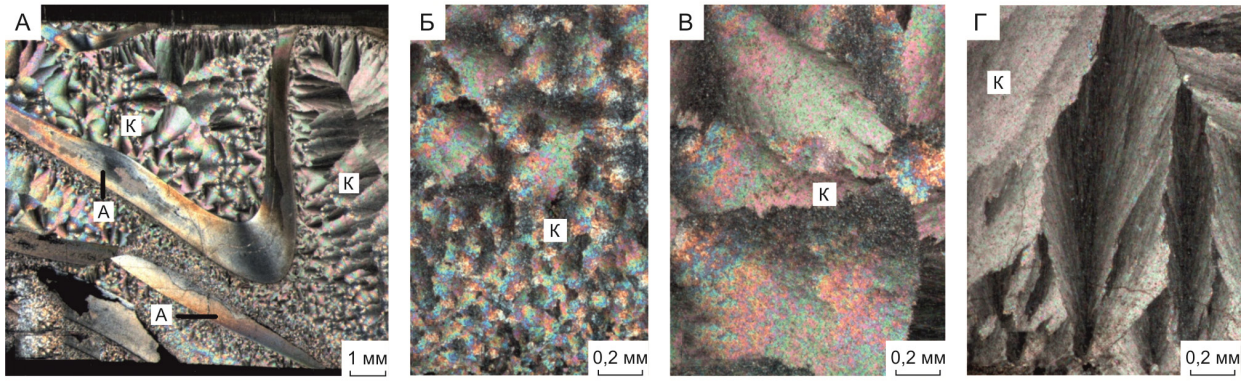



**Рис. 5. Прозрачные шлифы фрагментов камер аммонита, выполненных кальцитом; николи Х:**

А – стенка и перегородки аммонита, выполненные арагонитом, К – кальцит

включения апатита размером до 20 мкм и в кальците. Они ориентированы вдоль микротрещинок, выполняют поры (см. рис. 4, Б–Е).

Сидерит также образует тонкие (до 20 мкм) прожилки вдоль контактов с арагонитовыми слоями, выполняет поры в кальците (см. рис. 4, Б), однако встречается реже апатита. Включения пирита глобулярной формы, размером 1–2 мкм образуют округлые выделения до 12 мкм. Включения пирита формируются в апатите, в порах кальцита (рис. 4, Б, Г, Д). Форма выделений указывает на образование пирита с участием бактерий. Включения апатита, сидерита и пирита более поздние по отношению к кальциту.

Песчаник состоит из достаточно большого количества включений минералов, сцементированных карбонатами с пелитовой структурой. Включения преимущественно угловатой формы размером 0,05–0,2 мм (см. рисунки 3, А и 6). В песчанике присутствуют зёрна кварца, алюмосиликатов, ильменита, хромита, представляющие морской осадок, сцементированные кальцитом и сидеритом, фиксируются апатит и пирит (см. рис. 6). Кварц и алюмосиликаты угловатой формы размером от 12 до 250 мкм. Алюмосиликаты, как правило, замещены вторичными минералами, основным из которых является апатит. Химический состав алюмосиликатов существенно различается, что обусловлено большим количеством минералов, установленным РКФА (см. табл. 1), а также процессами их замещения. По данным РСМА, в алюмосиликатах фиксируются содержания (в мас.%): Na – от 0,12 до 6,25, Mg – от 0,00

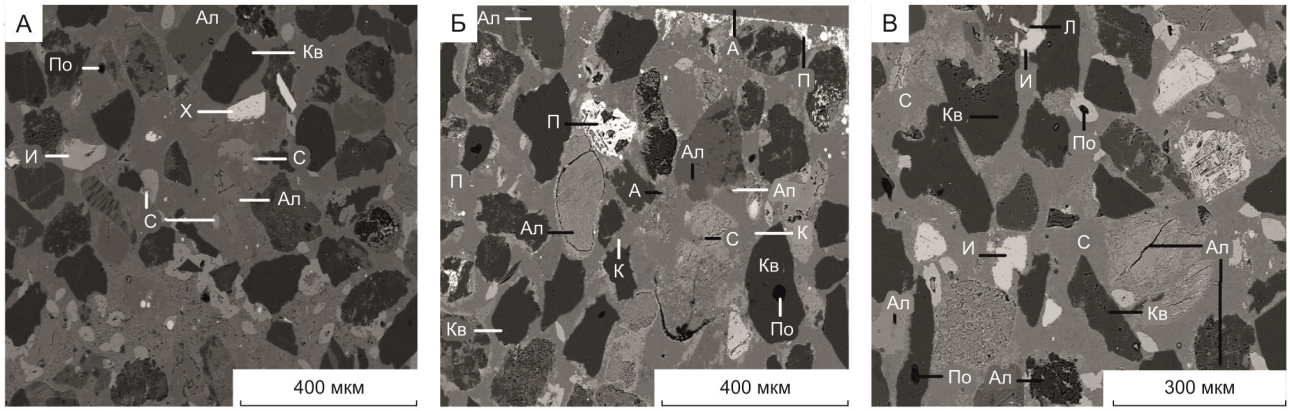



**Рис. 6. Фрагменты песчаника, выполняющего аммонит; микрозонд, ОРЭ:**

А – арагонит, выполняющий перегородку, Кв – кварц, Ал – алюмосиликаты, К – кальцит, С – сидерит, Ап – апатит, П – пирит, И – ильменит, Х – хромит, По – поры

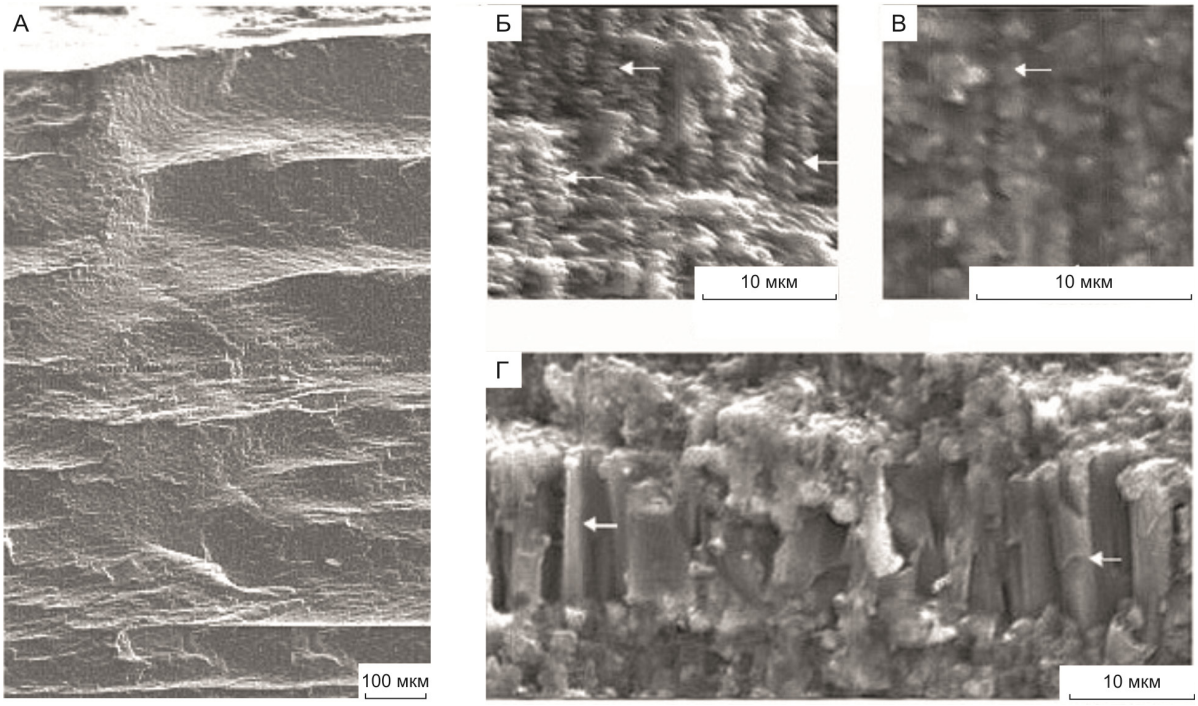



**Рис. 7. Структура арагонитовых слоёв в ископаемом перламутре:**

РЭМ: А – общий вид образца с хорошо видимыми (белый цвет) ступенями скола, Б, В – структура пластинчатых арагонитовых слоёв, Г – структура призматического арагонитового слоя; стрелками показаны кристаллы арагонита

до 10,4, K – от 0,00 до 13,82, Ca – от 0,08 до 17,58, Fe – от 0,09 до 24,52, Al – от 3,99 до 18,98, Si – от 13,10 до 30,16 и O – от 34,81 до 47,93. Высокие содержания Fe (12,40–24,52 мас.%) указывают на присутствие железистого хлорита – шамозита.

Включения хромита редки, угловатой формы, размером до 80 мкм (см. рис. 6, А). По данным РСМА, содержания в нём составляют (в мас.%): Cr – 46,35, Fe – 15,30, Mn – 0,47 и O – 32,25. Включения ильменита также угловатой формы, размером до 95 мкм встречаются чаще (см. рис. 6, А, В). Ильменит замещается лейкоксеном, на что указывают увеличение содержания Ti от 22,40 до 47,17 мас.% и уменьшение содержания Fe от 39,08 до 13,21 мас.%. Из элементов-примесей в ильмените, по данным РСМА, фиксируются (в мас.%): Mn – от 0,13 до 1,32, V – от 0,00 до 0,68 и Co – от 0,00 до 0,49.

Пирит присутствует в небольшом количестве в виде мелких (до 15 мкм) выделений округлой формы и ассоциирует преимущественно с сидеритом. Выделения сидерита в цементе мергеля многочисленны, размером до 100 мкм, имеют сложный неровный контур и отчётливо выделяются в ОРЭ более светлой окраской относительно кальцита (см. рис. 6, А, В).

В кальците, выполняющем неразрушенные камеры и мергель, содержания элементов-примесей, по данным РСМА, в среднем составляют (в мас.%): Mg – 0,50, Mn – 0,33 и Fe – 3,68. В отдельных спектрах отмечены содержания (в мас.%): Na – до 0,29, Sr – до 1,51 и Ba до 0,22. В сидерите из элементов-примесей фиксируются средние содержания (в мас.%): Na – 0,36, Mg – 2,09, Mn – 0,67, Co – 0,27 и Ca – 6,28. Присутствие Co является отличительной чертой сидерита в аммонитах Красноярского края. В апатите из элементов-примесей фиксируются средние содержания (в мас.%): F – 0,72, Na – 0,55, Mg – 0,14, Fe – 0,82, в отдельных спектрах Mn – до 0,12, Ni – до 0,14, Co – до 0,18 и Ba – до 0,25. По химическому составу апатит относится к гидроксиапатиту с повышенным содержанием фтора. В пирите содержания элементов-примесей в среднем составляют (в мас.%): Co – 0,36, As – 0,34, в отдельных спектрах – Ni – до 0,26, Cu – до 0,24, Zn – до 0,29 и Sb – до 0,68. Устойчивые содержания Co отличают пирит в аммонитах Красноярского края от пирита других объектов.

**Электронно-микроскопические исследования** позволили детализировать строение ископаемого перламутра. Изучен фрагмент перламутра толщиной 1,8 мм с красной и оранжевой иризацией (см. рис. 1). В образце

отчётливо проявлены ступени скола (белый цвет на фотографии), отражающие слоистую текстуру перламутра (рис. 7, А). Толщина ступеней от 0,1 до 0,6 мм. По контактам таких слоёв при дальнейшем разрушении арагонита будет происходить разделение перламутра на пластины.

Исходные арагонитовые слои раковины аммонита хорошо сохранились. В изученном образце отсутствуют трещины и минеральные включения. Слои состоят из пластинчатых кристаллов арагонита, фиксируются два слоя призматических кристаллов (см. рис. 7, Б–Г). Пластинчатые слои арагонита состоят из кристаллов шириной 1,5–2,5 мкм и толщиной 0,4–0,6 мкм. Кристаллы плотно сросшиеся, образуют вертикальные колонны, а по горизонтали параллельные слои. Призматические слои образованы сильно удлинёнными призматическими кристаллами, ориентированными перпендикулярно слоистости. Кристаллы плотно сросшиеся, длиной 10–15 мкм и толщиной 1–1,5 мкм. Ширина призматических слоёв соответствует длине кристаллов. Контакты с пластинчатыми слоями чёткие, ровные (см. рис. 7, Г).

Иризация перламутра и её цвет определяются размером пластинчатых кристаллов арагонита. С уменьшением толщины кристаллов происходит изменение цвета иризации от красной до фиолетовой, что соответствует и уменьшению длины световой волны. Иризация отсутствует, если толщина кристаллов больше 0,9 мкм. С разрушением арагонитовых слоёв происходит рассеивание света, иризация становится менее чёткой или полностью исчезает.

Из представленных материалов можно сделать следующие выводы. Коллекционно-поделочные аммониты Красноярского края связаны с отложениями туронского яруса верхнего мела и находятся в конкрециях известковистого песчаника. Коммерческий интерес представляет преимущественно ископаемый перламутр аммонитов с яркой цветной иризацией. Перламутровый слой состоит из арагонита (до 93 мас.%), присутствуют кальцит, апатит, фатерит, сидерит, пирит. Из элементов-примесей зафиксированы Sr, Ba. Неразрушенные газовые камеры раковин выполнены кальцитом с включениями сидерита, апатита, анкерит-доломита. Жилые и разрушенные камеры выполнены песчаником, состоящим из кальцита, кварца, алюмосиликатов, арагонита, сидерита, апатита, пирита; присутствуют ильменит, хромит, магнезит. Из элементов-примесей повышенными содержаниями обладают Sr, Ba, Co, Ni, Pb.

Иризация ископаемого перламутра связана с сохранившимися пластинчатыми арагонитовыми слоями стенок аммонита. Цвет иризации определяется структурой и размером микрокристаллов арагонита. Ископаемый перламутр с цветной иризацией получил коммерческое название «Перликон» от р. Икон (места, где он был найден). Содержания радиоактивных и канцерогенных элементов не превышают допустимые нормы, что позволяет использовать аммониты в поделочных изделиях и предметах интерьера без ограничения.

Аммониты могут собираться в береговых обнажениях и руслах рек, что не требует капитальных вложений и не нарушает экологию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Буканов В.В.* Цветные камни и коллекционные минералы.// Энциклопедия. – СПб., 2014.
2. *Быстров И.Г., Петроченков Д.А., Барабошкин Е.Ю.* Нижнемеловые ювелирно-поделочные аммониты Республики Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 1. С. 32–41.
3. *Геологическая* карта Норильского рудного района масштаба 1:200 000. Объяснительная записка / Б.М.Струнин, О.А.Дюжиков, О.А. Бармина, В.В. Комаров. – М.: АО «Геоинформмарк», 1994.
4. *Костов И.* Минералогия. – М.: Мир, 1970.
5. *Петроченков Д.А., Барабошкин Е.Ю.* Коллекционные, интерьерные и ювелирные аммониты из отложений нижнего апта Ульяновской области // Отечественная геология. 2019. № 1. С. 79–88.
6. *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.
7. *Радько В.А.* Агаты, сердолики, яшмоиды Норильска. – СПб., 2013.
8. *Сакс В.Н., Ронкина З.З.* Юрские и меловые отложения Усть-Енисейской впадины // Тр. НИИГА. 1957. Т. 90.
9. *Ювелирные* аммониты Канады: особенности добычи и обработки // Д.А.Петроченков, В.В.Куликов, А.К.Литвиненко, Л.Д.Оникиенко // Горный журнал. 2018. № 11. С. 65–70.
10. *Ammonite* and inoceramid biostratigraphy and biogeography of the Cenomanian through basal Middle Campanian (Upper Cretaceous) of the Morondava Basin, western Madagascar / I.Walaszczyk, W.J.Kennedy, K.Dembicz et al. // Journal of African Earth Sciences. 2014. Vol. 89. P. 79–132.
11. *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). P. 5–65.
12. *Early* Albian marine environments in Madagascar: An integrated approach based on oxygen, carbon and strontium isotopic data / Y.D.Zakharov, K.Tanabe, Shigeta Y. et al. // Cretaceous Research. 2016. Vol. 58. P. 29–41.
13. *Mychaluk K.A.* Update on Ammolite production from Southern Alberta, Canada // Gems & Gemology. 2009. Vol. 45. № 3. P. 192–196.
14. *Mychaluk K., Zevinson A., Russelle H.* Ammolite: Iridescent fossilized ammonite from Southern Alberta, Canada // Gems & Gemology. 2001. Spring. Vol. XXXVII. P. 4–25.