

МИНЕРАЛОГИЯ

Научная статья
УДК 553.8 (571.51)
doi: 10.17223/25421379/23/6

ГЕММОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НОРИЛЬСКИХ АММОЛИТОВ

Виктор Александрович Радько¹, Сергей Анатольевич Ананьев²,
Светлана Сергеевна Бондина³



¹ ООО «НОРД-ПРОСПЕКТОР», Норильск, Россия

^{2,3} Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

¹ agatradko@mail.ru

² sananiev@mail.ru

³ svetlana.bondina@gmail.com

Аннотация. В 2017 г. на российский рынок поступили аммониты с цветной иризацией перламутрового слоя, относящиеся к аммолитам ювелирного качества. Объект расположен в Таймырском муниципальном районе Красноярского края в окрестностях г. Норильска. Аммониты связаны с отложениями туронского яруса верхнего мела и размещены в конкрециях известковистого песчаника. Иризация ископаемого перламутра усилена облагораживанием – пропитыванием в вакууме эпоксидной смолой, и связана с сохранившимися пластинчатыми арагонитовыми слоями стенок аммонита. Микрокристаллы арагонита имеют длину 10–15 мкм и толщину 0,4–1,5 мкм. Цвет иризации определяется их структурой и размером. Аммолиты Красноярского края являются качественным декоративным материалом и могут использоваться для изготовления широкого ассортимента сувенирных изделий и ювелирных украшений.

Ключевые слова: аммолит, Красноярский край, туронский ярус, иризирующий перламутр, ювелирные камни, перламориск

Для цитирования: Радько В.А., Ананьев С.А., Бондина С.С. Геммологические особенности норильских аммолитов // Геосферные исследования. 2022. № 2. С. 101–111. doi: 10.17223/25421379/23/6

Original article
doi: 10.17223/25421379/23/6

GEMMOLOGICAL FEATURES OF NORILSK AMMOLITES

Viktor A. Radko¹, Sergey A. Ananyev², Svetlana S. Bondina³

¹ Nord-Prospector LLC, Norilsk, Russia

^{2,3} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

¹ agatradko@mail.ru

² sananiev@mail.ru

³ svetlana.bondina@gmail.com

Abstract. In 2017, ammonites showing a colorful iridescent nacreous surface began to appear on the Russian market. The deposit is located near Norilsk in the Taymyr Municipal District, Krasnoyarsk Krai, northwestern Siberia. Geographically, the site is located at the junction of the northwestern part of the Kharayelakh mountains and the western ending of the North-Siberian lowlands, in the field of sedimentary deposits of the Yenisei-Khatanga trough, in the lower reaches of the Ikon, Kumga and Talmi Rivers — the right tributaries of the Pyasina River. The ammonites *Placenticerias* sp. nov. up to 1.2 m across are encased in calcareous sandstone concretions associated with Late Cretaceous (Turonian) sedimentary deposits.

Gigantic ammonite shells have white and black nacre, with weak iridescence of a part of them. Iridescence of the fossilized nacreous surface has been enhanced by impregnation in vacuum with epoxy resin and is associated with preserved platy aragonite layers of the ammonite walls. It is assumed that the intervals between aragonite layers and micropores in original shells were filled by organic material — conchiolin, which was later destroyed as a result of lithification. When these cavities are filled with colorless epoxy resin, the optical properties of the nacre — translucence and iridescence are restored.

The study of the fossilized nacre showed that the aragonite microcrystals are 10–15 μm long and 0.4–1.5 μm thick. The nacreous layer consists of (wt. %): aragonite – 93, calcite – 1.5, apatite – 2.5, faterite – 2, and siderite – 1; traces of pyrite and quartz are present.

The observed iridescence colors of ammolite – red, yellow, green, blue and violet – are determined by the thickness of aragonite layers and intervals between them, as well as the difference in the size and shape of micropores in the nacre. The iridescence color varies when the angle of view changes.

The iridizing fossil nacre from the north of the Krasnoyarsk Krai is a high-quality jewelry material in terms of its decorative and technological properties. Moreover, it can be used to manufacture a wide range of souvenir items, jewelry ornaments, collection items, interior items and a highly decorative facing stone. The Norilsk ammolite samples are of significant collection interest. Items made of whole shells are unique. This is evidenced by the result of a giant ammonite shell refinement. The largest shell is called "Emperor of Taimyr" and is 62×46×15 cm in size.

In terms of its quality and sizes, the Norilsk ammolite is comparable with the best examples of ammolites from the known Medvezhya lapa deposit in the south of the Alberta Province (Canada) and beats all currently known occurrences of similar resources in the Ulyanovsk and Yaroslavl Regions, which makes it unique for the Russian Federation.

Keywords: ammolite, Krasnoyarsk Krai, Turonian Stage, iridescent nacre, gem stone, pearlanorisk

For citation: Radko, V.A., Ananyev, S.A., Bondina, S.S. (2022) Gemmological features of Norilsk Ammolites. *Geosfernye issledovaniya – Geosphere Research*. 2. 101–111. (In Russian). doi: 10.17223/25421379/23/6

Введение

На мировом рынке широко представлены коллекционные интерьерные аммониты, а также ювелирные и сувенирные изделия из них. На рынок они поступают под коммерческим названием «аммолит». Впервые такой материал начали использовать в ювелирной отрасли в 1960-х гг. В 1981 г. Всемирная ювелирная конфедерация (CIBJO) официально при-

своила аммолилу статус драгоценного камня, после чего началась его промышленная добыча на месторождении Bear paw («Медвежья лапа») на юге канадской провинции Альберта (рис. 1).

Основными поставщиками аммолитов в настоящее время являются Мадагаскар [Walaszczyk et al., 2014; Zakharov et al., 2016], Марокко [Bockwinkel et al., 2013], Канада [Петроченков и др., 2018a; Mychaluk et al., 2001; Mychaluk, 2009; Walaszczyk et al., 2014].

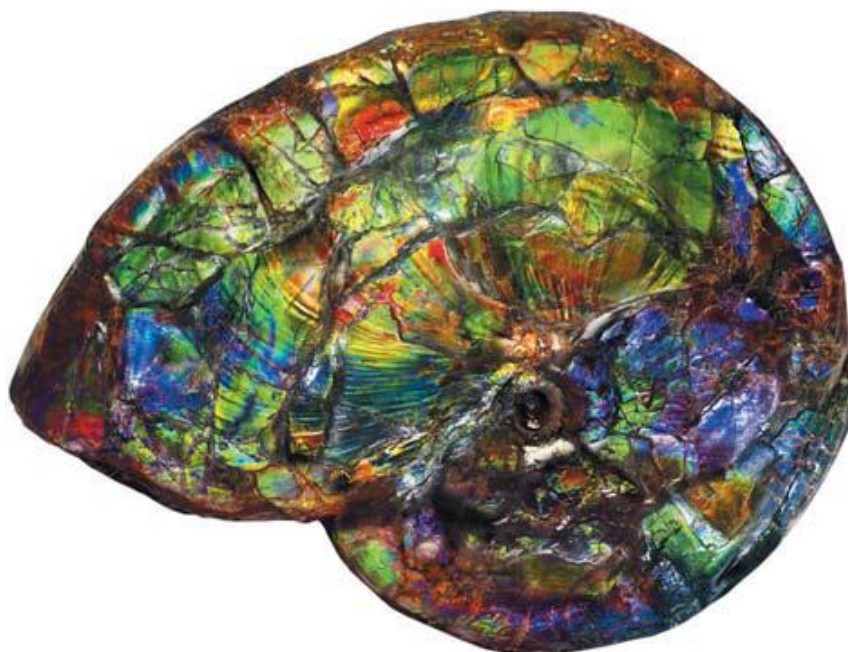


Рис. 1. Аммолит месторождения «Медвежья лапа», канадская провинция Альберта. Диаметр 47,3 см [Mychaluk et al., 2001]

Fig. 1. Ammolite of the Medvezhya lapa deposit, Alberta Province (Canada). Diameter 47.3 cm [Mychaluk et al., 2001]

В России до 2017 г. были известны аммониты коллекционного и ювелирно-поделочного качества из юрских и меловых отложений Ульяновской, Рязанской, Саратовской областей, республик Дагестан

и Адыгея [Быстров и др., 2018; Петроченков и др., 2018b; 2019a].

В Таймырском муниципальном районе Красноярского края, в 130–150 км к северо-востоку от г. Но-

рильска, летом 2002 г. были обнаружены фрагменты раковин аммонитов с высоко декоративным перламутром [Радько, 2013; Radko et al., 2021]. В географическом отношении участок располагается на сочленении северо-западной части гор Хараелах и западной оконечности Северо-Сибирской низменности. В геологическом отношении участок расположен в поле осадочных отложений Енисейско-Хатангского прогиба (рис. 2) и практически полностью перекрыт

моренными отложениями [Геологическая..., 1994]. В низовьях рек Икон, Кумга, Тальми – правых притоков р. Пясины – в аллювиальных и моренных отложениях отмечаются обломки пород мезозойского возраста, представленных слабоокатанными плитками темно-бурых песчаников с обильной фауной белемнитов, пелеципод, остракод и редко – раковин гигантских аммонитов *Placenticeras* sp. [Петроченков и др., 2019b; Радько, 2019].

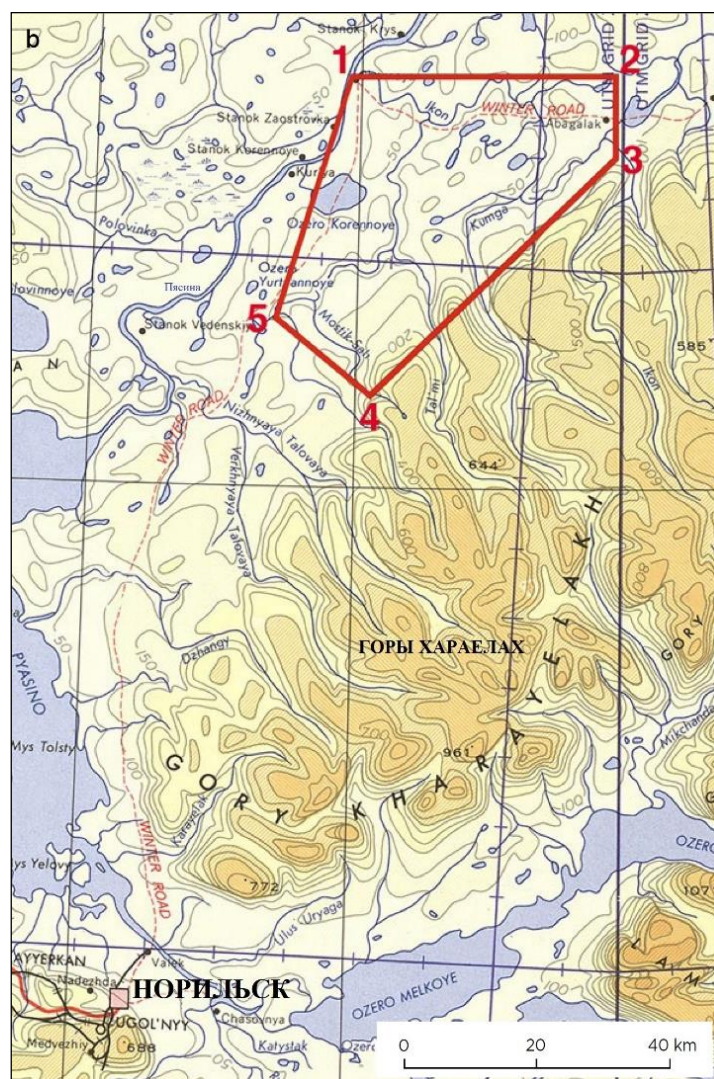


Рис. 2. Схема расположения участка (выделен красным цветом) сбора ископаемых раковин аммонитов
Координаты угловых точек: 1 – 70°31'43" N и 88°59'05" E; 2 – 70°31'43" N и 90°00'00" E; 3 – 70°25'30" N и 90°00'00" E; 4 – 70°07'11" N и 89°04'06" E; 5 – 70°12'59" N и 88°42'22" E

Fig. 2. Layout of the ammonite fossil shells collection area (red)

Corner points coordinates: 1 – 70°31'43" N and 88°59'05" E; 2 – 70°31'43" N and 90°00'00" E; 3 – 70°25'30" N and 90°00'00" E; 4 – 70°07'11" N and 89°04'06" E; 5 – 70°12'59" N and 88°42'22" E

Геологическая характеристика района

Район труднодоступен и геологически слабо изучен. Первые данные по геологии местонахождения

аммонитов относятся к 1945 г. и связаны с сообщениями В.Н. Сакса [1957]. Наиболее ранние определения фауны из верхнемеловых отложений рек Икон и Тальми приведены в отчете о геологической съем-

ке масштаба 1:200 000 В.А. Марковского в 1962 г. [Геологическая..., 1994]. Он отмечал, что в конкрециях наблюдаются скопления фауны, в том числе гигантские аммониты *Placenticerus* sp. nov., достигающие в поперечнике 1,2 м. Этот род известен в туронском веке верхнего мела Усть-Енисейского района. По определению В.З. Малкина [Геологическая..., 1994], кроме аммонитов *Placenticerus* sp. nov. в конкрециях встречаются *Inoceramus* ex. gr. *Labiatulus* Schioth., *I. cf. interruptus* Schm. (турон-коньяк) и *Lopatinia cf. jensisea* Schm., *Mytilus lanceolatus* Sow., *Alaria sothikovi* Schm. (турон-сантон).

В.А. Марковский считал, что эти отложения обнажаются в эрозионных окнах вышележащих толщ. В.В. Комаров по результатам ГДП-200 выделил здесь только моренные отложения. С.А. Вилинский по результатам бурения картировочных скважин при производстве групповой геологической съемки масштаба 1:50 000 также установил, что меловые отложения в долине р. Икон залегают на глубинах не менее 200 м [Геологическая..., 1994]. До 2002 г. остатки ископаемых раковин р. Икон не рассматривались как коллекционный и поделочный материал. Впервые такая возможность была установлена летом 2002 г. В.А. Радько при сборе геологических материалов (агатов, яшмоидов) в бассейнах рек Кумга, Икон, Талнах (см. рис. 2) [Радько, 2013]. Тогда же

было отмечено наличие иризирующего перламутрового слоя у аммонитов, что позволило рассматривать данные палеонтологические остатки в качестве интерьерных, коллекционных образцов, поделочного и ювелирного материала.

Все палеонтологические остатки располагаются внутри конкреций. Фрагменты конкреций, очевидно, в результате водно-ледникового переноса, встречаются относительно часто в бортах и русле низовьев рек Тальми, Кумга и Икон (рис. 3).

Конкреции залегают в толще кварц-полевошпатового буровато-желтого и зеленовато-серого песка. В нем конкреции располагаются хаотично. Большинство (более 90 %) конкреций «пустые» и не содержат окаменелых органических остатков. В 4 % случаев затравками являются крупные раковины пелиципод, иногда размером до 25 см. В 3 % случаев, обычно у идеально круглых конкреций размером до 80 см, затравками являются биогермы. Конкреции сложены кварц-полевошпатовым песчаником, содержащим до 30 % детрита мелких раковин пелиципод, целых раковин пелиципод, остракод и мелких аммонитов размером до 10 см. Очень редко отмечались мелкие, до 7 см, белемниты. Биогермы, как правило, образуют внутреннюю округлую часть таких конкреций, достигая в размерах 1/3 от их общего диаметра.



Рис. 3. Находка раковины гигантских аммонитов *Placenticerus* sp. nov. в береговых отложениях р. Кумги.
Фото В.А. Радько

Fig. 3. Finding of a gigantic ammonite *Placenticerus* sp. nov. shell in coastal deposits of the Kumga River
(photo by V.A. Radko)

Конкреции с раковинами аммонитов достаточно редки. Крупные аммониты встречаются приблизительно в каждой 30-й конкреции, и примерно в равных долях они сложены черным и белым перламутром. Реже встречаются раковины с черным полупрозрачным перламутром, характеризующиеся более сильной иризацией, очевидно, обусловленной их меньшей выветрелостью. Целых раковин гигантских аммонитов обнаружить не удалось. Все раковины аммонитов в той или иной степени разрушены. Как правило, более сохранной является нижняя сторона, верхняя часть разрушена значительно сильнее, что придает раковинам тазообразную форму. Иногда у раковин сбоку отмечаются двусторонние треугольные по форме вмятины, а также борозды в перламутре глубиной 1–2 мм, шириной до 7 мм, длиной до 10–15 см, трактуемые нами как следы от зубов хищников – «кукусы ихтиозавров». С 2017 по 2020 г. было обнаружено 28 конкреций, содержащих раковины аммонитов размером от 20 до 63 см, из них 12 раковин имели хорошую сохранность, остальные при разборке конкреций распались на куски. Приблизительно половина имела белый или бурый цвет, являющийся результатом выветривания, остальные – достаточно яркую иризацию в зеленых и красных цветах. Общий вес собранных образцов составил более 3 300 кг.

Ископаемый перламутр аммонитов Норильского района

Как было отмечено выше, раковины гигантских аммонитов имеют перламутр черного и белого цветов. Часто раковины с черным перламутром включают большие зоны белого перламутра. Очевидно, последние являются продуктом выветривания. Обломки белых раковин встречаются чаще, составляя около 90 % от общего количества. Белая окраска обусловлена замещением арагонита кальцитом с превращением аммонитов в типичный для палеонтологических остатков известняк. Известкование раковин, вероятно, произошло еще в палеогене. Обломков черных и бурых раковин не более 10 %, причем в половине из них происходит замещение арагонита гидроксидами железа, что также приводит к утрате иризации.

Вещественный состав, морфологические особенности, оптические и физические свойства ископаемого перламутра раковин норильских аммолитов подробно освещены в работе Д.А. Петроченкова и соавт. [2019b]. Количественное определение химического состава раковин аммонитов выполнено методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА). Минеральный состав определялся рентгенографическим количественным фазовым анализом (РКФА)

на установке X'Pert PRO. Электронно-микроскопическое изучение образцов проведено на растровом электронном микроскопе (РЭМ) Tesla BS-301.

Внешняя стенка аммонита – перламутровый слой толщиной 1–2 мм, редко до 3 мм. Толщина внутренних стенок и перегородок менее 1 мм. Встречаются раздавленные раковины, в которых стенки и перегородки спрессовываются. В таких спрессованных фрагментах толщина перламутрового слоя может увеличиться до 5 мм. При этом отдельные арагонитовые слои разделяются песчаником, реже кальцитом.

Перламутровый слой с включениями мергеля составляют (мас. %): арагонит – 93, кальций – 1,5, апатит – 2,5, фатерит – 2, сидерит – 1, фиксируются следы пирита и кварца. Минеральный состав перламутрового слоя соответствует хорошей сохранности ископаемого арагонита. При этом происходит его частичное замещение другими минералами. Отметим присутствие фатерита – редкой неустойчивой гексагональной минеральной формы CaCO_3 . Присутствие кварца, пирита, а также частично кальцита, апатита и сидерита связано с вмещающим раковины песчаником. Минеральный состав перламутра подтверждается данными РФА. Содержание компонентов (мас. %): Na_2O – 0,42; Mg_2O – 0,06; Al_2O_3 – 0,07; SiO_2 – 0,19; K_2O – 0,01; CaO – 52,97; TiO_2 – 0,01; MnO – 0,01; Fe_2O_3 – 0,34; P_2O_5 – 1,07; S – 0,76; ППП – 42,81. Из элементов-примесей фиксируются повышенные содержания (мас. %): Sr – 0,506 и Ba – 0,014 [Петроченков и др., 2019b].

Геммологические особенности ископаемого норильского перламутра - перланориска

Норильская разновидность ископаемого перламутра получила авторское коммерческое название «перланориск» – **перламутр норильский ископаемый**.

Иризация естественного перламутра раковин обычно слабая (см. рис. 3). Поэтому все образцы – раковины аммонитов, их обломки, изделия из них – пропитаны бесцветной ювелирной эпоксидной смолой в вакууме, что позволяет заполнить поры, склеить (склеить) перламутровые пластины раковин и после полировки значительно усилить цветовые эффекты. Мы предполагаем, что промежутки между арагонитовыми слоями и микропоры в исходных раковинах были заполнены органическим материалом – конхиолином, который впоследствии в результате литификации разрушился. При заполнении этих полостей бесцветной эпоксидной смолой оптические свойства перламутра – просвечиваемость и иризация – восстанавливаются. Данный способ мы рассматриваем как метод облагораживания норильских аммолитов.

Иризация перланориска и его цвет зависят от размера пластинчатых кристаллов арагонита, которые определяют толщину арагонитовых слоев и размеры микропор в них. Растровая электронная микроскопия показывает, что исходные арагонитовые слои раковин аммонитов хорошо сохранились. Они состоят преимущественно из плотно сросшихся пластинчатых кристаллов арагонита длиной 10–15 мкм,

шириной 1,5–2,5 мкм, толщиной 0,4–0,6 мкм (рис. 4). Кристаллы образуют в одном направлении вертикальные колонны, а в другом – параллельные слои. Призматические кристаллы арагонита ориентированы перпендикулярно слоистости. Ширина призматических слоев арагонита соответствует длине кристаллов. Контакты с пластинчатыми слоями четкие, ровные.

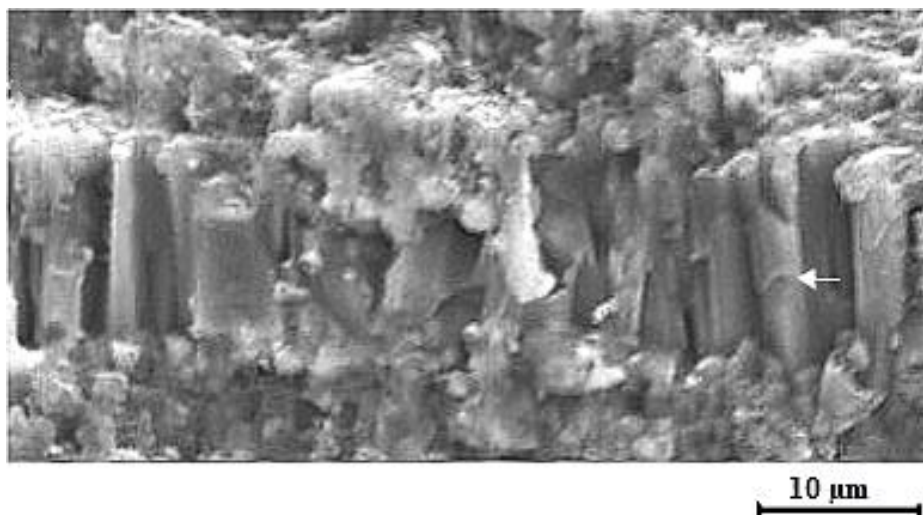


Рис. 4. Структура призматического арагонитового слоя (РЭМ)
Стрелкой показаны кристаллы арагонита [Петроченков и др., 2019b]

Fig. 4. Structure of the aragonite prismatic layer (SEM)
Aragonite crystals are marked with an arrow [Petrochenkov et al., 2019b]

Наблюдаемые цвета иризации – красный, желтый, зеленый, синий, фиолетовый – определяются толщиной арагонитовых слоев, которая соответствует длине арагонитовых кристаллов и промежутками между ними, а также разницей в размере и форме микропор в перламутре. Как считают Д.А. Петроченков и соавт. [2019b], на иризацию влияет также толщина кристаллов арагонита. С уменьшением толщины кристаллов происходит изменение цвета иризации от красной до фиолетовой, что соответствует уменьшению длины световой волны (рис. 5). Иризация отсутствует, если толщина кристаллов больше 0,9 мкм. С разрушением арагонитовых слоев происходит рассеивание света, иризация становится менее четкой или полностью исчезает.

Классической формой ювелирной продукции из данного сырья являются вставки – кабошоны. Все представленные кабошоны в силу значительной прочности имеют естественную подложку – кварц-полевошпатовый песчаник. Они бывают двух типов: одни представлены полированным перламутром с естественной подложкой; вторые, и их большинство, имеют покрытие либо горным хрусталем, либо

кварцевым стеклом, т.е. являются дублетами. Примеры таких изделий показаны на рис. 6.

На рис. 6, 1–4 представлены разновидности черного перланориска:

1 – наиболее распространенная разновидность с иризацией в красно-желто-бурых цветах. Обычно при прямом взгляде образец имеет черный или бурый цвет, но под косым углом наблюдается красная, темно-красная или вишневая иризация;

2 – обычный тип иризации: в красно-вишневых цветах под прямым углом и зеленая – под косым. Реже красный цвет меняется до желтого, еще реже до синего;

3 – полихромная иризация в ярких рубиново-красных, золотисто-желтых, изумрудно-зеленых и сапфирово-синих цветах, видимая под любым углом зрения. В кабошонах практически нет «серых зон»;

4 – образец при дневном свете аналогичен кабошонам 1-го типа, а при искусственном освещении появляется яркая радужная «побежалость».

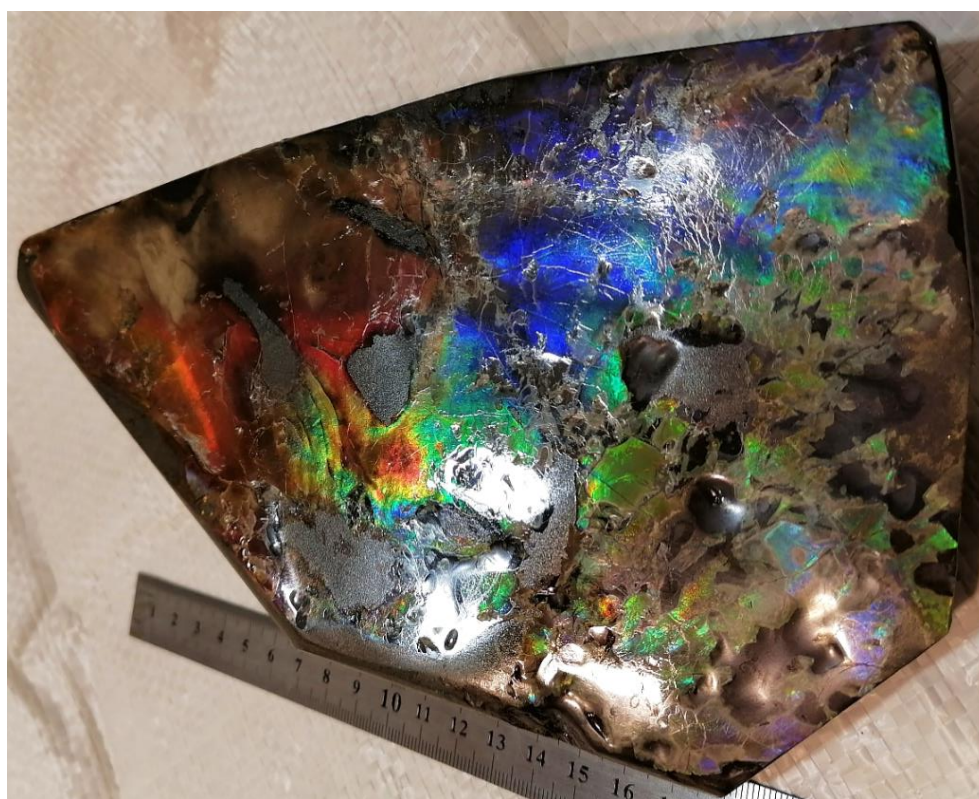
Разновидности белого перланориска (рис. 6, 5) представлены дублетами и имеют «опалесцирующий» тип иризации. Это редкое явление. Опалесци-

рующий образец имеет множество участков разного цвета, его вид меняется при изменении положения. Множество мелких разноцветных участков в образце отличает его от большинства других, в которых

один цвет меняется по всему образцу одновременно либо разные цвета проявляются на больших по площади участках. В разновидностях с тонким белым перламутром может наблюдаться фиолетовая окраска.



а



б

Рис. 5. Цветовая игра полированных пластин перланориска

а – иризация в зеленых, желтых и красных цветах (размер 19×16 см); б– иризация в синих, зеленых и красных цветах (размер 25×22 см). Фото В.А. Радько

Fig. 5. Iridescence of polished plates of pearlanorisk

а – iridescence in green, yellow and red colors (size 19×16 cm); б – iridescence in blue, green and red colors (size 25×22 cm) (photo by V.A. Radko)

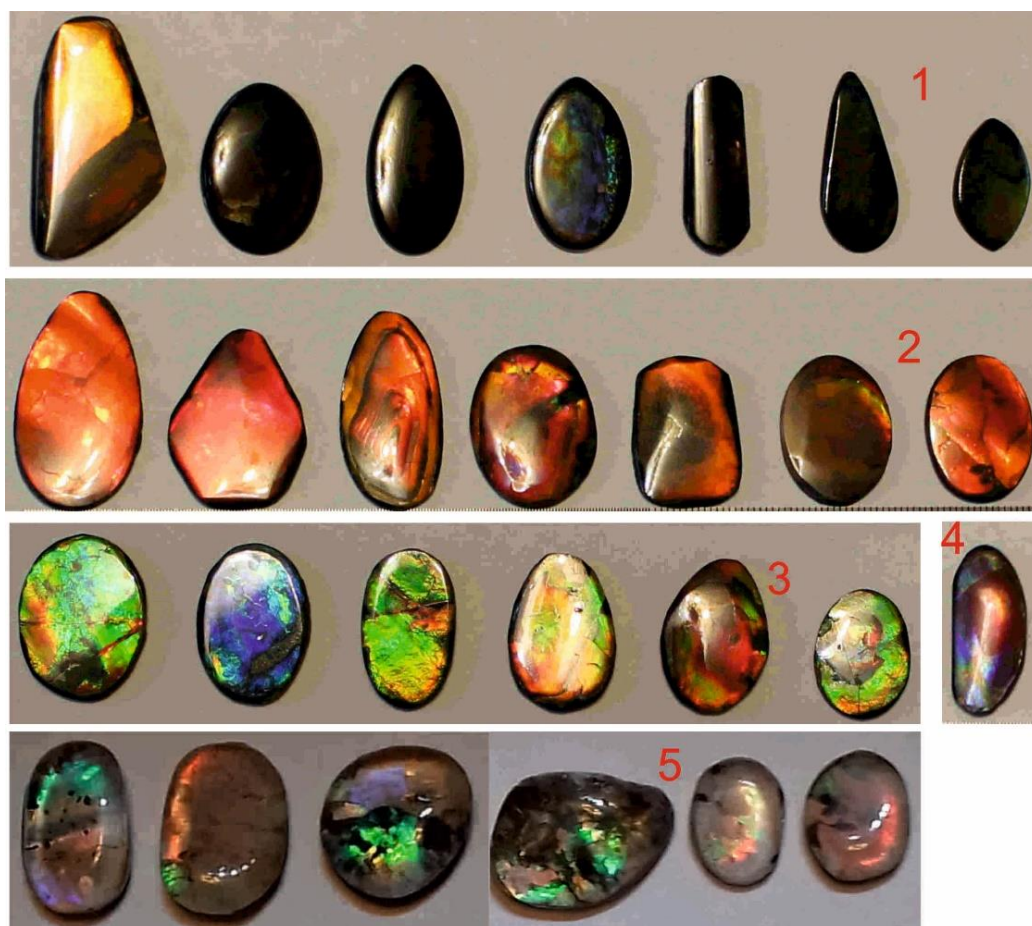


Рис. 6. Кабошоны из черного и белого перланориска, размеры до $3 \times 1,5$ см. Фото В.А. Радько

Fig. 6. Cabochons of black and white pearlanoirisk; size up to 3×1.5 cm (photo by V.A. Radko)

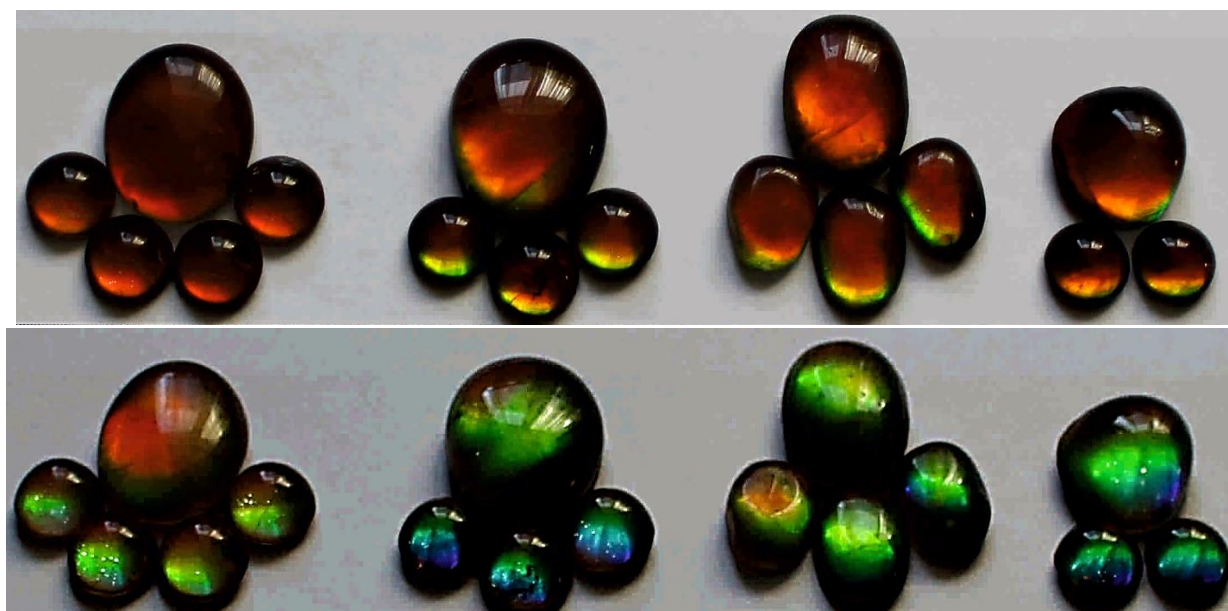


Рис. 7. Смена цвета иризации дублетов аммолитов при разных углах зрения

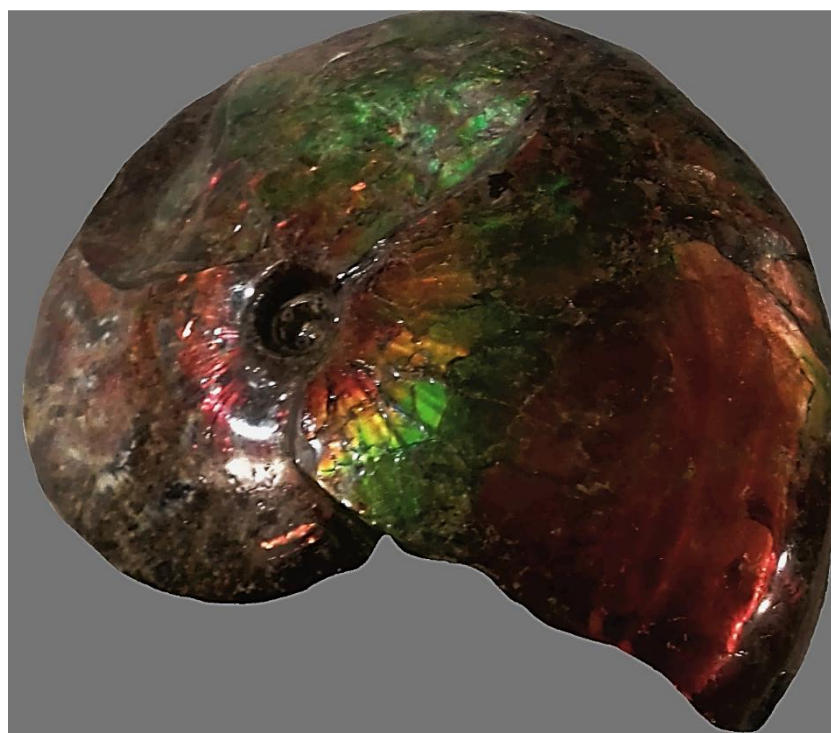
Размеры кабошонов варьируют от 1×1 см до $2 \times 2,5$ см. Фото В.А. Радько

Fig. 7. Changing colors of iridescence of ammolite duplets at different viewing angles

The cabochon sizes vary from 1×1 cm to 2×2.5 cm (photo by V.A. Radko)



a



b

Рис. 8. Облагороженные раковины перланориска

a – размер $24 \times 16 \times 7$ см; b – «Император Таймыра», размер $62 \times 46 \times 15$ см. Фото В.А. Радько

Fig. 8. Enhanced pearlanorisk shells

a – size $24 \times 16 \times 7$ cm; b – Emperor of Taimyr, size $62 \times 46 \times 15$ cm (photo by V.A. Radko)

Цвет иризации перламутра часто зависит от угла зрения, о чем свидетельствует следующая подборка дублетов норильских аммолитов (рис. 7).

Пятнистость цветовой иризации присуща всем образцам. С одной стороны, она обусловлена первич-

ной внутренней неоднородностью слоев перламутра. При этом в очень тонких слоях иризация проявлена иногда контрастно различным цветом. С другой стороны, образцы могут иметь значительную поперечную и продольную трещиноватость, и по трещинам про-

исходит сдвиг участков перламутра. Это главные причины, которые при сошлифовании образца в плоскость делают его пятнистым. Для перланориска характерна «пейзажность». Цветовая игра перламутра может создавать четкий рисунок, например «букет цветов», «зеленые горы с розовым небом», «языки пламени». Следует отметить, что разнообразие рисунков и цветовых оттенков норильских аммолитов существенно осложняет подбор вставок для изготовления комплектов ювелирных изделий, так как требует выборки из нескольких десятков или даже сотен изделий.

Образцы норильских аммолитов имеют значительный коллекционный интерес и способны украсить экспозицию любого музея. Экспонаты перланориска выставлены в Музейно-выставочном комплексе «Музей Норильска», в Музее «Самоцветы» в Москве, в Секторе геологии музея СФУ г. Красноярска и других местах. Особенно уникальными являются изделия из цельных раковин. Об этом свидетельствует результат облагораживания раковин гигантских аммонитов (рис. 8, а, б).

Заключение

Представленный выше материал показывает, что перламутр ископаемых раковин Таймырского района после облагораживания путем пропитки в вакууме бесцветной эпоксидной смолой и последующей полировки становится по декоративным и технологическим характеристикам качественным ювелирным материалом. Более того, он может использоваться для изготовления широкого ассортимента сувенирных изделий, ювелирных украшений, предметов коллекционирования, интерьерных образцов и высокодекоративного облицовочного камня. Иризирующий ископаемый перламутр севера Красноярского края по своему качеству и размерам сопоставим с лучшими экземплярами аммолитов месторождения «Медвежья лапа» юга канадской провинции Альберта и превосходит все известные к настоящему времени проявления аналогичного сырья Ульяновской и Ярославской областей, что делает его уникальным для Российской Федерации.

Список источников

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.

Геологическая карта Норильского рудного района масштаба 1:200 000. Объяснительная записка. / Б.М. Струнин, О.А. Дюжики, О.А. Бармина, В.В. Комаров. М.: Геоинформмарк, 1994. 118 с.

Петроченков Д.А., Куликов В.В., Литвиненко А.К., Оникиенко Л.Д. Ювелирные аммониты Канады: особенности добычи и обработки // Горный журнал. 2018а. № 11. С. 65–70.

Петроченков Д.А., Быховский Л.З. Ювелирно-поделочные аммониты: проблемы оценки и перспективы добычи // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2018б. № 4. С. 15–22.

Петроченков Д.А., Барабошкин Е.Ю. Коллекционные, интерьерные и ювелирные аммониты из отложений нижнего апта Ульяновской области // Отечественная геология. 2019а. № 1. С. 79–88.

Петроченков Д.А., Радько В.А., Барабошкин Е.Ю. Верхнемеловые коллекционно-поделочные аммониты севера Красноярского края // Отечественная геология. 2019б. № 5. С. 76–84

Радько В.А. Агаты, сердолики, яшмоиды Норильска. СПб., 2013. 128 с.

Радько В.А. Перламутр норильский ископаемый // Научный вестник Арктики. 2019. № 6. С. 23–26.

Сакс В.Н., Ронкина З.З. Юрские и меловые отложения Усть-Енисейской впадины. М.: Госгеолотехиздат, 1957. 232 с. (Труды НИИГА; т. 90).

Bockwinkel J., Becker R.T., Ebbighausen V. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, southern Morocco) // Fossil Record. 2013. V. 16 (1). P. 5–65.

Mychaluk K.A. Update on Ammolite production from Southern Alberta, Canada // Gems & Gemology. 2009. V. 45 (3). P. 192–196.

Mychaluk K.A., Levinson A.A., Hall R.L. Ammolite: Iridescent fossilized ammonite from southern Alberta, Canada // Gems & Gemology. 2001. V. 37 (1). P. 4–25.

Radko V., Ananyev C., Petrochenkov D., Bondina S. Iridescent Ammonite Fossil Shell Material from Norilsk, Krasnoyarsk Krai, Russia // The Journal of Gemmology. 2021. V. 37 (6). P. 596–605.

Walaszczyk I., Kennedy W.J., Dembicz K., Gale A.S., Praszkiar T., Rasoamiramanana A.H., Randrianaly H. Ammonite and inoceramid biostratigraphy and biogeography of the Cenomanian through basal Middle Campanian (Upper Cretaceous) of the Morondava Basin, western Madagascar // Journal of African Earth Sciences. 2014. V. 89. P. 79–132.

Zakharov Y.D., Tanabe K., Shigeta Y., Safronov P.P., Smyshlyaeva 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. V. 58. P. 29–41.

References

Bystrov I.G., Petrochenkov D.A., Baraboshkin E.Y. Lower Cretaceous jewellery-ornamental ammonites of the Republic of Dagestan. Dagestan State Pedagogical University Journal: Natural and Exact Sciences, 2018. 12(1), 32–41, <https://doi.org/10.31161/1995-0675-2018-12-1-32-41>. In Russian

Geologicheskaya karta Noril'skogo rudnogo rayona masshtaba 1:200 000. Ob'yasnitel'naya zapiska [Geological Map of the Noril'sk Ore District, Scale 1 : 200 000. Explanatory Note] // Strunin, B.M., Dyzhikov, O.A., Barmina, O.A. & Komarov, V.V., Moscow, Geoinformmark, 1994. 118 pp. In Russian

- Petrochenkov D.A., Kulikov V.V., Litvinenko A.K., Onikiyenko L.D. Gem-quality ammonites of Canada: Features of mining and processing // *Gornyi Zhurnal - Mining Journal*, 2018a. No. 11, 65–70, <https://doi.org/10.17580/gzh.2018.11.12> In Russian
- Petrochenkov D.A., Bykhovsky L.Z. Jewellery-ornamental ammonite: Problems of valuation and production prospects // *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2018b. No. 4, pp. 15–22. In Russian
- Petrochenkov D.A., Baraboshkin E.Y. Collection, interior and jewellery ammonites from of [sic] the Lower Aptian deposits, Ulyanovsk region // *Otechestvennaya Geologiya - National Geology*, 2019a. No. 1, 79–88. <https://doi.org/10.24411/0869-7175-2019-10009>. In Russian
- Petrochenkov D.A., Radko V.A., Baraboshkin E.Y. Upper Cretaceous collection and ornamental ammonites from the north of Krasnoyarsk region // *Otechestvennaya Geologiya - National Geology*, 2019b. No. 5. pp. 76–84, <https://doi.org/10.24411/0869-7175-2019-10041>. In Russian
- Radko V.A. *Agaty, serdoliki, yashmoidy Noril'ska* [Agates, Carnelians, and Jasperoids of Norilsk]. Published by the author, St Petersburg, 2013. 128 pp. In Russian.
- Radko V.A. *Perlamutr noril'skiy iskopayemyy* [Pearl of Norilsk, fossilized] // *Nauchny Vestnik Arktiki*, 2019. No. 6. pp. 23–26. In Russian.
- Saks V.N., Ronkina Z.Z. The Jurassic and Cretaceous sediments of the Ust'-Yenisei Trough. Proceedings of NIIGA (Nauch.-Issled. Inst. Geol. Arkt.) [Scientific Research Institute of Arctic Geology], Moscow : Gostoptekhizdat, 1957, 232 pp. In Russian.
- Bockwinkel J., Becker R.T., Ebbighausen V. Late Givetian ammonoids from Hassi Nebech (Tafilalt Basin, Anti-Atlas, southern Morocco) // *Fossil Record*, 2013. 16(1), 5–65, <https://doi.org/10.1002/mmng.201300001>.
- Mychaluk K.A. Update on Ammolite production from southern Alberta, Canada // *Gems & Gemology*, 2009. 45(3), pp. 192–196, <https://doi.org/10.5741/gems.45.3.192>.
- Mychaluk K.A., Levinson A.A., Hall R.L. Ammolite: Iridescent fossilized ammonite from southern Alberta, Canada // *Gems & Gemology*, 2001. 37(1), pp. 4–25, <https://doi.org/10.5741/gems.37.1.4>.
- Radko V., Ananyev C., Petrochenkov D., Bondina S. Iridescent Ammonite Fossil Shell Material from Norilsk, Krasnoyarsk Krai, Russia // *The Journal of Gemmology*, 37(6), 2021. pp. 596–605.
- Walaszczuk I., Kennedy W.J., Dembicz K., Gale A.S., Praszkie T., Rasoamiamanana A.H., Randrianaly H. Ammonite and inoceramid biostratigraphy and biogeography of the Cenomanian through basal Middle Campanian (Upper Cretaceous) of the Morondava Basin, western Madagascar. *Journal of African Earth Sciences*, 2014. 89, pp. 79–132, <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2013.10.007>.
- Zakharov Y.D., Tanabe K., Shigeta Y., Safronov P.P., Smyshlyaeva 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. 58, pp. 29–41, <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2015.08.014>.

Информация об авторах:

Радько В.А., генеральный директор ООО «НОРД-ПРОСПЕКТОР», Норильск, Россия.

E-mail: agatradko@mail.ru

Ананьев С.А., кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра геологии, минералогии и петрографии, Институт горного дела геологии и геотехнологии, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

E-mail: sananiev@mail.ru,

Бондина С.С., кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедра геологии, минералогии и петрографии, Институт горного дела геологии и геотехнологии, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

E-mail: svetlana.bondina@gmail.com

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors:

Radko V.A., Director General, NORD-PROSPECTOR LLC, Norilsk, Russia.

E-mail: agatradko@mail.ru

Ananyev S.A. Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Associate Professor, Department of Geology, Mineralogy and Petrography, Institute of Mining, Geology and Geotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

E-mail: sananiev@mail.ru

Bondina S.S. Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Associate Professor, Department of Geology, Mineralogy and Petrography, Institute of Mining, Geology and Geotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

E-mail: svetlana.bondina@gmail.com

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.05.2021; одобрена после рецензирования 16.12.2021; принята к публикации 14.06.2022

The article was submitted 31.05.2021; approved after reviewing 16.12.2021; accepted for publication 14.06.2022