

За драгоценными опалами в пустыню Австралии

В опале вы можете увидеть огненное пламя карбункула, великолепный пурпур аметиста, зеленое море изумруда, все разноцветия, собранные воедино в невероятную по красоте смесь. Некоторые опалы по богатству оттенков не уступают палитре художника, другие — пламени серы или огненным языкам горящего масла.

Плиний Старший (27—79 гг.)

М.Ю.Поваренных, Е.Н.Матвиенко, В.Ф.Хаммер

Благородный опал по своей стоимости вполне сопоставим с драгоценными камнями первого класса — алмазом, изумрудом, рубином и сапфиром. Но его весьма существенное отличие от них — способность искриться и переливаться всеми цветами радуги даже в необработанном виде.

Летом 2012 г. одному из нас (М.Ю.П.) посчастливилось предпринять трехмесячное путешествие по штату Южная Австралия с посещением опаловой столицы мира — старательского городка Кубер-Педи (что в переводе с местного наречия означает «Белый человек в яме»), расположенного в пустыне. При подготовке к поездке на этот край света мы проштудировали большое количество специальной минералогической литературы, изучили множество геологических, ландшафтных географических и топографических карт разного масштаба. Подобные материалы в подавляющем большинстве написаны зарубежными исследователями, так как в нашей огромной стране существовало лишь одно небольшое месторождение благородного опала — Радужное в северном Приморье. Соответственно, у нас весьма мало специалистов по геологии, минералогии и методике поисков этого драгоценного камня. И лишь в русском переводе книги немецкого профессора Г.Гюриха о благород-



Михаил Юрьевич Поваренных, кандидат геолого-минералогических наук, докторант Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН. Область научных интересов — теория минералогии и петрографии, минералогическое картирование, минералогия гранитов, карбонатитов, скарнов, опаленосных кор выветривания и углей.



Елена Николаевна Матвиенко, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая научным сектором Минералогического музея им.А.Е.Ферсмана РАН. Специалист в области кристаллографии, кристаллохимии и онтогении минералов.



Вера Хаммер, доктор естествознания, ведущий сотрудник департамента минералогии и петрографии Музея естественной истории, а также Государственного ювелирного института (Вена, Австрия).

ном опале на Руси — «медосоцветном камне», «земляном перле», известно, как оказалось, еще со времен Киевской Руси, — мы обнаружили, что «в России его находят в Волынской, Киевской, Херсонской и Харьковской губерниях, а также в Нерчинском округе» [1].

Промышленные проявления благородного опала ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), в основном гидротермального поствулканического и в меньшей

© Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н., Хаммер В.Ф., 2015

степени осадочного корового происхождения, издревле известны на территории нынешних Бразилии, Венгрии, Гондураса, Индонезии, Мексики, Словакии, США, Украины, Чехии, Эфиопии и других стран [2–5]. Но его месторождения в Австралии, расположенные в пределах Большого Артезианского бассейна, которые дают 85–90% мировой добычи ювелирных опалов, по праву считаются уникальными.

До сих пор нет общепринятой гипотезы образования австралийских опалов. Одни исследователи считают, что под действием пустынного выветривания кремнезем вместе с растворами проникал вниз, образуя опалы [6], другие, напротив, связывают их возникновение с восходящими подземными водами в местах интенсивного испарения [7].

Полевые работы и лабораторные исследования

Каменистая пустыня на многие сотни квадратных километров простирается почти в центре Австралийского континента. В районе вокруг старательского поселения Кубер-Педи для поисков драгоценного опала пробурено около 2 млн скважин диаметром от 17 см до 3 м. Здесь обрабатывается около 18 месторождений (рис.1).

Обыкновенный и благородный опалы (рис.2) мы обнаружили в серовато-белой или серовато-розовой окремненной глинистой породе мелового возраста — $K_{mb}(w)$. Местные старатели называют ее песчаником. Это химически выветрелый тонкозернистый каолинитизированный и силифицированный слюдястый алевролит. Хорошо выделяются

пять форм залегания опалов. Основная часть (80–85%) добываемого благородного камня находится в виде тонких (от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров) ветвящихся субгоризонтальных жил (рис.3). Они ассоциируются с гипсовыми (селенитовыми) $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ прожилками мощностью до 5–10 см и с прослоями до 1 м скрытокристаллического алунита $KAl_3[SO_4]_2(OH)_6$. Этот комплекс пород здешние старатели обычно называют левелом (от англ. level — горизонт, уровень). Следующий комплекс «вертикал» (от англ. vertical), с которым связано 5–7% благородных опалов, представляет собой их маломощные прожилки в ассоциации с гипсом и гётитом $FeO(OH)$. Они залегают субвертикально с углами падения до 70–85°. Это более ранняя генерация опала. Также отмечаются прожилки обломочных опалов в субвертикальных, довольно мощных (10–20 см) зонах брекчирования, сцементированных красно-коричневым материалом, который состоит из гётита, каолинита и гипса (так называемого гипскрета). Кроме того, вне видимой связи с опаловыми прожилками встречаются в разной степени опализированные остатки фауны — обломки раковин двусторчатых моллюсков, улиток, ростров белемнитов, костей плезиозавров и др. (рис.4). И наконец, благородные опалы мы находили в пестро-

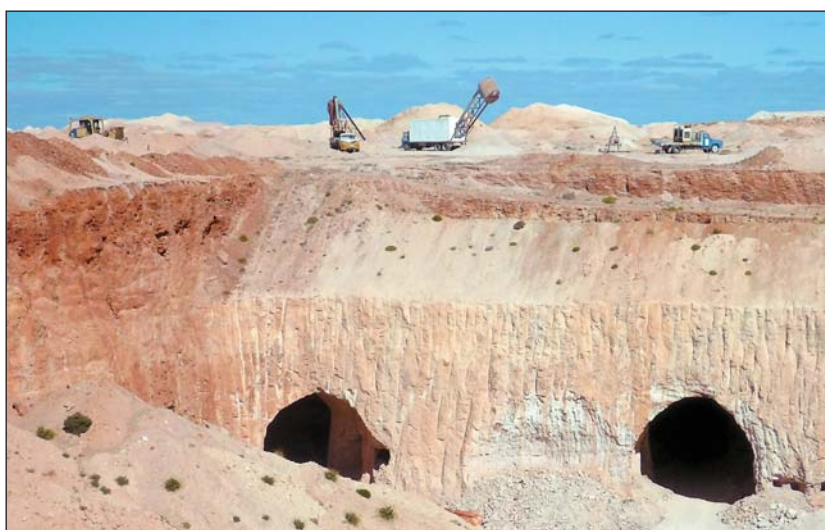


Рис.1. Каменистая пустыня в районе старательского поселка Кубер-Педи в штате Южная Австралия (слева) и открытые и подземные горные выработки по добыче благородного опала.

Фото М.Ю.Поваренных



Рис.2. Опалы из месторождения Кубер-Педи. Слева — благородный опал (длина образца 2.9 см), справа — обыкновенный. Сбор М.Ю.Поваренных.

Фото Е.Н.Матвиенко

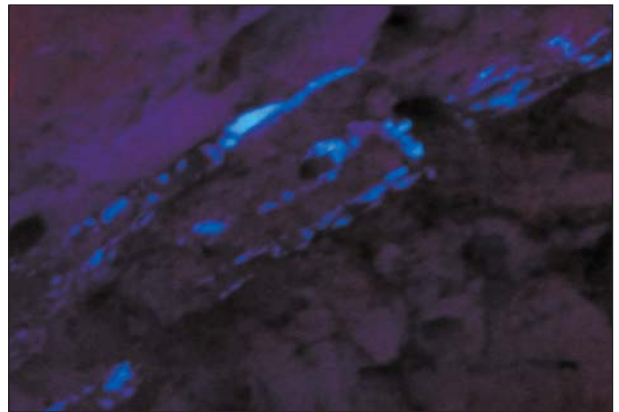
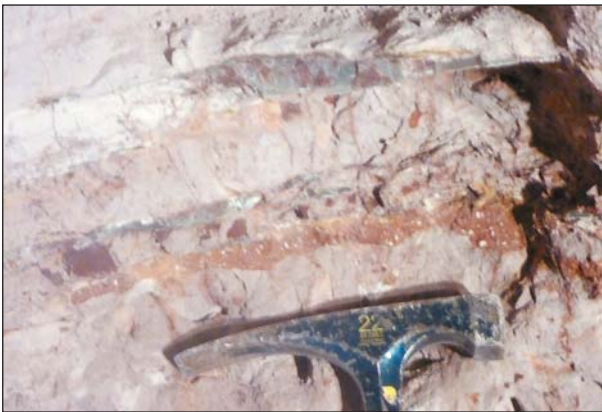


Рис.3. Голубовато-серые прослои обыкновенного опала в розовато-коричневом «песчанике» (слева) и свечение опала в ультрафиолетовом свете. Это может служить одним из его поисковых признаков.

Фото М.Ю.Поваренных



Рис.4. Псевдоморфозы опала по раковинам двусторчатого моллюска *Bivalvia*. Слева — раковина, нацело опализированная благородным (в верхней части) и обыкновенным (в нижней) опалом. Справа — раковина, частично опализированная благородным (внизу) и обыкновенным (вверху) опалом. Месторождение Кубер-Педи. Сбор М.Ю.Поваренных.

Фото А.А.Евсеева



Рис.5. Фрагмент нацело опализированной раковины двусторчатого моллюска *Bivalvia* из месторождения Кубер-Педи. Хорошо видны две генерации опала: ранняя — обыкновенный, серовато-голубого цвета, и поздняя — благородный, с иризацией в голубовато-синей гамме. Длина образца 2.4 см. Сбор М.Ю.Поваренных.

Фото А.А.Евсеева

окрашенных существенно силифицированных алевритах и алевролитах (силкретах) или внутри валунов и гальки кварцитов ледникового происхождения (так называемые боулдер-опалы, от англ. boulder — валун, галька). С последними тремя типами отложений связано около 10–15% добываемых благородных опалов. По нашим наблюдениям, взаимоотношения обыкновенного и благородного опалов интерпретируются как фазовые (не фациальные), причем обыкновенный опал — ранняя генерация, а благородный — более поздняя (рис.5).

На территории 40×40 км вокруг Кубер-Педи с помощью анализа данных аэрокосмического дистанционного зондирования мы выделили наиболее перспективные на поиски благородных опалов участки (рис.6). Здесь по простиранию некоторых разломных структур были обнаружены достаточно давние (более 20–30 лет) неглубокие выработки. Часть из них, по-видимому, незадолго заброшена. Скорее всего, старатели просто не дошли до основного продуктивного слоя.

Опалоносные горизонты нередко располагаются на одном гипсометрическом уровне, маркируя слабо наклоненную к юго-востоку плоскость кайнозойского несогласия. Эта закономерность сохраняется на протяжении многих десятков километров. Субгоризонтальные жилы с опалами в «песчанике» часто встречаются на абсолютных высотах 195 м (южнее Кубер-Педи) и 225–230 м (севернее старательского поселка), что хорошо согласуется с созданной компьютерной прогнозно-поисковой моделью [8, 9].

Возможно, что нисходящие перемещения фронта окисленных близповерхностных вод внутрь восстановленных осадочных пород (с обильным пиритом FeS_2) влияют на формирование благоприятных условий для образования опалов гораздо больше, чем перенос вязкого геля водного кремнезема по каналам стока и последующее его созревание. Гелеобразный водный кремнезем заполняет поровое пространство во вмещающих породах, скапливается в трещинах, кавернах и полостях (нередко связанных с кислотным выщелачиванием карбонатного и фосфатного вещества, из которого слагались остатки ископаемых животных и растений).

Собранные нами образцы изучались в стационарных лабораториях.

Собранные нами образцы изучались в стационарных лабораториях.

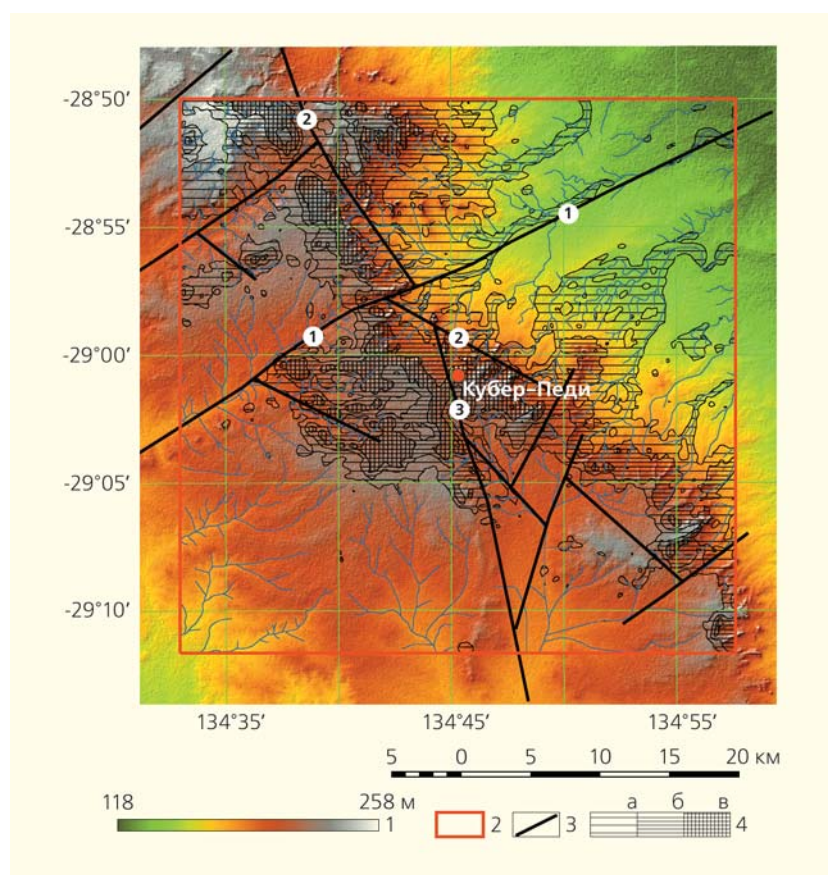


Рис.6. Прогнозно-поисковая модель месторождений благородного опала Кубер-Педи [8]. 1 — шкала высот, 2 — границы участка, 3 — линейменты, в том числе разломы, 4 — прогнозные площади: а — малоперспективные, б — перспективные, в — высокоперспективные. Цифры в кружках — ранг (значимость) разломов.

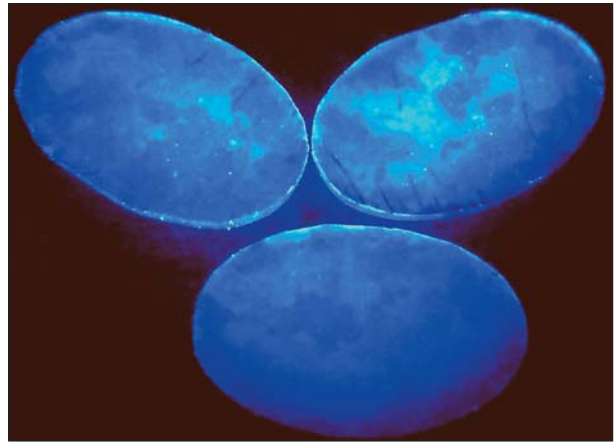


Рис.7. Фрустумация (кусковатость) в образце искусственного благородного опала. Слева — иризация (игра цвета) при естественном освещении; справа — фрустумы, выявленные в опалах при УФ-излучении. Длина кабошонов 3 мм.

Фото В.В.Морошкина

раторных условиях. Мы глубоко признательны за помощь в препарировании опалов и их исследовании на начальных этапах Б.Белошевичу, Д.Флеману и Э.Гершвицу из Кубер-Педи, а также коллекционерам из Москвы В.Тарасову и Э.Ахметшину.

Минеральный состав выветрелых нижнемеловых пород включает помимо первичных (размером 8–50 нм) и вторичных (диаметром 150–450 нм) глобул кремнезема диагенетические гипс, барит, каолинит, смектит, ярозит, алунит, гётит, голландит и др. [10].

С помощью методов люминесценции и растровой электронной микроскопии мы впервые показали, что мозаичный узор цветовой игры в природных австралийских и искусственных благородных опалах напрямую связан с их фрустумационным (агрегативным, кусковатым) внутренним строением, обусловленным не только неоднородностью пространственного распределения глобул кремнезема, но и вариациями их квазиплотнейшей кубической упаковки. Именно опалы (включая благородные) в качестве супертонкозернистых мономинеральных и простых по генезису горных пород — наиболее удобные модели для изучения явления фрустумации [11–13]. Благородные опалы из осадочных и вулканогенных пород состоят из однородных по размеру (диаметром от 150 до 450 нм) сфероподобных частиц (глобул) кремнезема [14], которые образуют участки (фрустумы) с квазиплотнейшей кубической гранецентрированной упаковкой (или гексагональной и квадратной), дифрагирующие свет (в соответствии с преобладающим размером глобул и характерным расстоянием между соседними интерстициями).

Они играют роль своеобразной дифракционной решетки (при длине волны ~380–550 нм наблюдаются холодные тона цвета, а при ~555–770 нм — теплые). Такие участки-фрустумы и дают иризацию однородного цвета. Они могут изменяться по размерам (от 0.05 до 5.5 мм) и по форме (от сферической до амебовидной и перистой). Так образуются различные структуры и текстуры (узоры) благородных опалов: мелкие разноцветные точки, похожие на булавочные уколы, более крупные (как лоскутное одеяло) пятна, цветковые сплохи. Размер и форма фрустумов зависят, по-видимому, от условий консервации и созревания геля кремнезема (в периоды относительно спокойные в тектоническом отношении и без локальных перепадов давления) [11–13].

В искусственных опалах размер фрустумов (визуализированных с помощью длинноволнового УФ-излучения и подтвержденного на сканирующем электронном микроскопе) варьировал в пределах 0.3–1.3 мм, а их форма была причудливой в плане и конусовидно-столбчатой в сечении (рис.7, 8).

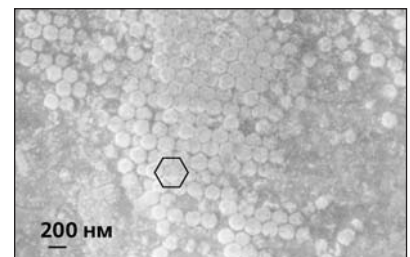
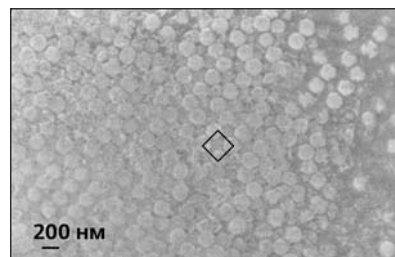


Рис.8. Монодисперсные вторичные глобулы кремнезема в образце искусственного благородного опала. Слева — расстояние между соседними интерстициями 221 нм соответствует в оптическом диапазоне синему цвету ($\lambda = 440\text{--}485$ нм). Справа — расстояние между соседними интерстициями 248 нм соответствует в оптическом диапазоне зеленому цвету ($\lambda = 495\text{--}565$ нм).

Фото А.В.Кнотько

Австралийские опалы в музеях мира

Со времен Римской империи заслуженной славой пользовались европейские драгоценные опалы, добывавшиеся в Карпатах, на территории современных Венгрии, Словакии и Чехии. Лучшие представители этих (так называемых венгерских) опалов можно увидеть в Вене, в сокровищницах Хофбурга и в Музее естественной истории. Просвещенные правители обладали высокохудожественными драгоценностями с самоцветами со всего мира (рис. 9).



Рис.9. Украшения из словацкого драгоценного опала. Венский Музей естественной истории.

Фото Е.Н.Матвиенко

Однако на рубеже XIX—XX вв. европейские опалы вытесняются австралийскими [6]. В конце XIX в. прекрасные австралийские опалы появляются в лучших собраниях знаменитых музеев и в изделиях прославленных ювелиров.

Первые благородные опалы в Австралии были найдены в 1872 г. в Листауэл-Даунсе [5], а чуть позже — близ городка Спрингшур, что в северо-восточной части континента, в штате Квинсленд (рис.10).

В 1884 г. недалеко от поселка Уайт Клифф (штат Новый Южный Уэльс) также были обнаружены драгоценные опалы, а уже через девять лет население там резко возросло за счет прибывших на поиски драгоценных камней старателей и покупателей. В поселке начала издаваться газета «Добытчик опалов» (The Opal Miner). За более чем 20 лет Уайт Клифф стал жемчужиной этой английской колонии, произведя опалов более чем на 1.5 млн фунтов стерлингов. Здесь встречались и образцы опализованного дерева, раковин, остатков растений и животных, а также знаменитые опаловые псевдоморфозы по икаиту $\text{CaCO}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$, известные как «ананасы» (рис.11).

Самое крупное месторождение не только в Австралии, но и в мире — Кубер-Педи. В нем добывается около 85% всех опалов Австралии, в том числе одни из наиболее красивых опалов сорта «crystal» — водяно-прозрачные или слабо окрашенные молочно-белые просвечивающие разновидности с сильной игрой цвета (рис.12). А было открыто месторождение в феврале 1915 г. 14-летним мальчиком Вилли Хатчинсоном, посланным отцом на поиски воды. Уже к 1920 г. стоимость добытых там опалов превысила стоимость всех других полезных ископаемых, извлекаемых (за исключением меди) в штате Южная Австралия.

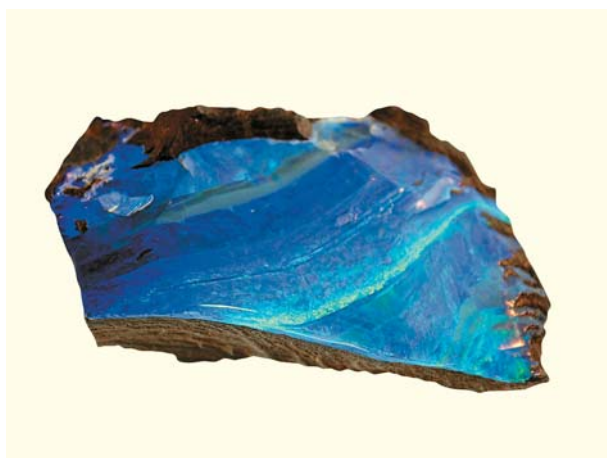


Рис.10. Драгоценные опалы из штата Квинсленд. Слева — боулдер-опал (матричный) размером 7.5 × 4.2 см с зелено-сине-фиолетовой иризацией на железном «песчанике». В 1896 г. приобретен у американского дилера минералов Дж.Л.Инглиша. Справа — полихромный прослой опала размером 5 × 6 см на «пустынном песчанике». Преподнесен в дар в 1900 г. Ф.Стайндахнером, интендантом королевского музея. Венский музей естественной истории.

Фото из архива Музея естественной истории

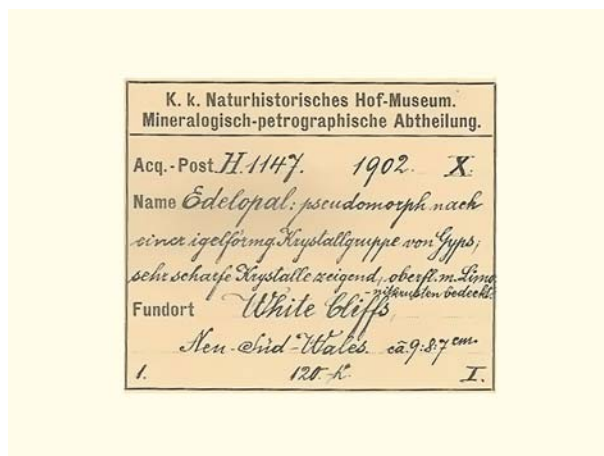


Рис.11. Драгоценный опал размером $9 \times 8 \times 7$ см, напоминающий ананас, из Уайт Клифф и его каталожная карточка. Приобретен в 1902 г. у австрийского путешественника А.Варгеса. Венский музей естественной истории.

Фото из архива Музея естественной истории

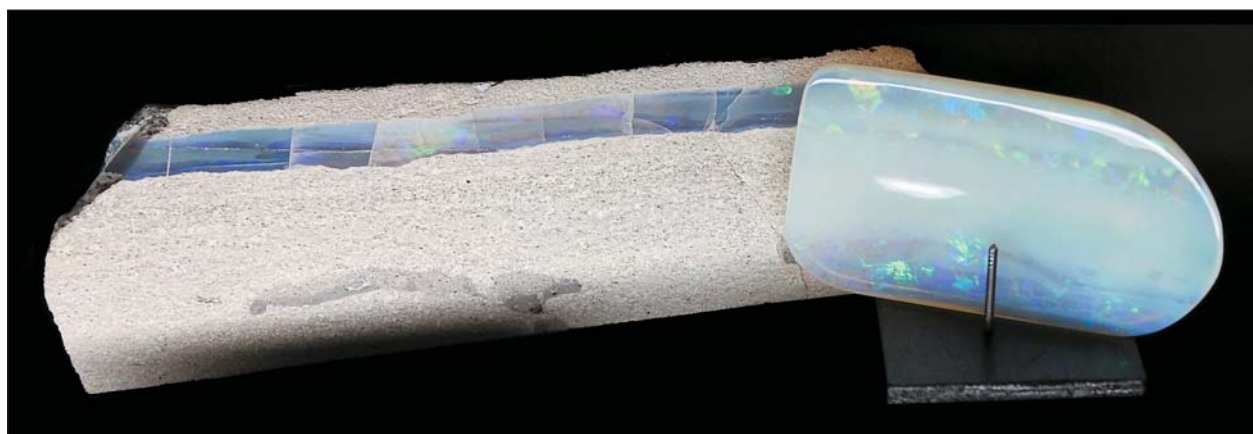
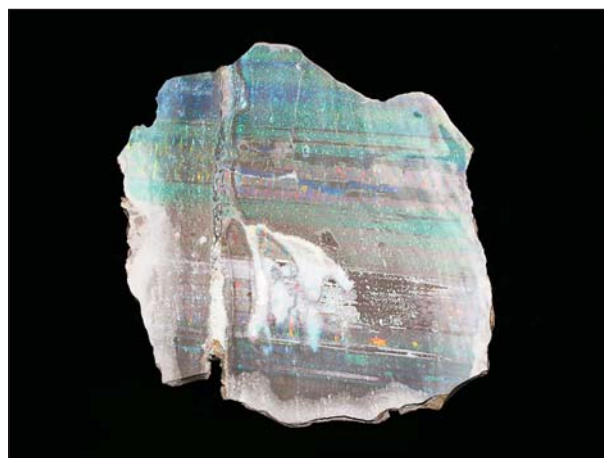


Рис.12. Драгоценные опалы. Вверху — благородный опал размером $6 \times 4 \times 3.5$ см из Уайт Клифф, Минералогический музей СПбГУ (слева) и полированная пластина слоистой осадочной горной породы, поры которой заполнены опалом из Андамуки. Размер образца $27 \times 25 \times 1$ см. Приобретен в 1999 г. Внизу — прозрачный опал сорта «crystal» из Кубер-Педи с молочно-белой основной массой на фоне опалового прожилка в «песчанике». Размеры образцов $7 \times 4 \times 0.5$ см и $16.5 \times 4.5 \times 1.5$ см. Приобретены в 2008 г. Венский музей естественной истории.

Фото Е.Н.Матвиенко (вверху слева) и из архива Музея естественной истории



Рис.13. Образец боулдер-опала «Морской пейзаж» размером 5.5 × 5 × 3.5 см из месторождения Билла Крик. Поступил в 1918 г. в составе коллекции В.А.Иоссы. Минералогический музей им.А.Е.Ферсмана РАН.

Фото Е.Н.Матвиенко



Рис.14. Вставки из черного драгоценного опала размером до 1 см. Заготовки для изделий фирмы Фаберже (вверху) и опаловые кабошоны К.Фаберже сорта «crystal» размером 2.2—4 см. Переданы А.К.Фаберже академику Ферсману. Минералогический музей им.А.Е.Ферсмана РАН.

Фото Е.Н.Матвиенко

Сенсационная находка аборигенкой Тодди Брант в 1945 г. в районе, позднее названном Восьмая Миля, практически на поверхности крупных замечательных образцов опала, привела к окончательному установлению за Кубер-Педи славы мировой столицы опалов. Сейчас этот городок, расположенный на шоссе Стюарта, которое связывает юг континента (г.Аделаиду) и его север (г.Дарвин), представляет собой поселение примерно с 2500 старателями с семьями, налаженной инфраструктурой, туристическим бизнесом, церквями, отелями, музеями, кафе.

Одно из самых знаменитых месторождений опала в Австралии — Андамука (в переводе с местного наречия — «Большая скважина на воду») — тоже находится в штате Южная Австралия. Оно было открыто в 1935 г., а достигло своего расцвета к 1960 г., когда население в поселке составляло около 3 тыс. человек. В удачные годы объем добычи драгоценных опалов здесь был сопоставим с тем, что в среднем ежегодно достигается в Кубер-Педи. К сожалению, Андамука исчерпала себя и с 1970 г. вырабатывает очень мало опалов (рис.12).

Богатейший отечественный Минералогический музей им.А.Е.Ферсмана РАН также экспонирует замечательную подборку этих драгоценных камней. Лучшие необработанные боулдер-опалы из Квинсленда (рис.13) поступили в музей в 1918 г. в составе коллекции известного знатока камня, горного инженера и коллекционера минералов В.А.Иоссы [5].

Интересна история появления в собрании музея опалов Карла Фаберже. Этот легендарный ювелир императорского двора имел четверых сыновей. После революции, напуганный политикой военного коммунизма, он фактически бежал с женой, в то время как его сыновья пытались продолжать дела фирмы. Один из них — Агафон Фаберже — ювелир, геммолог, эксперт Бриллиантовой комнаты Зимнего дворца, а впоследствии Гохрана, был хорошо знаком с директором Минералогического музея академиком А.Е.Ферсманом. Они вместе работали в Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Деятельность в Стране Советов для потомка придворного ювелира оказалась бесперспективной, но перед бегством в Финляндию в 1927 г. Агафон Карлович передал «остатки» фирмы Ферсману*. Так в собрании музея появились изделия фирмы Фаберже, а также фотографии, зарисовки, заготовки для украшений. Среди них были как высокого качества обработанные вставки редких дорогих самоцветов, так и рядовой материал, дающий представление о разнообразии камней, использовавшихся фирмой (рис.14). Наиболее ценны образцы из личной коллекции Карла Фа-

* См. Белоусова Т.А. Король экспертов, эксперт королей // Совершенно секретно. 2004. №1.

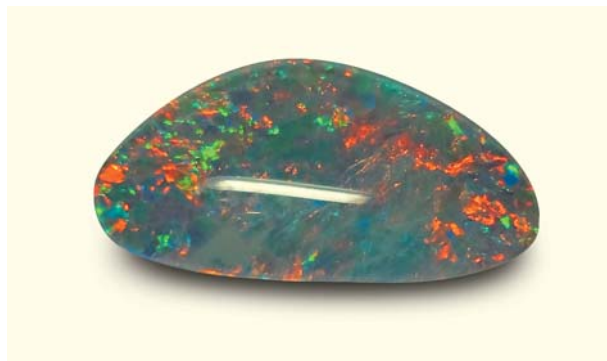


Рис.15. Опалы современной добычи. Триплет размером 3 × 2 см из Кубер-Педи (слева) и брошь с драгоценным опалом сорта «grey» из Уайт Клиффс. Выставка «Симфония самоцветов». Москва, 2014 г.

берже. Сведения о них записаны в музее со слов В.И.Крыжановского — старшего хранителя и правой руки Ферсмана в те годы, ставшего впоследствии также директором музея [15, 16]. Среди этого собрания прославленного ювелира, получавшего лучшие камни со всего света, видное место за-

нимают светлые благородные кабошоны сорта «crystal» (рис.14).

Каждый посетитель нашего музея на экспозиции поделочных и драгоценных камней (рис.15) может любоваться чудесными творениями природы, найденными сейчас и более 100 лет назад. ■

Литература

1. Гюрих Г. Минеральное царство / Пер. с нем. С.И.Сазонова. СПб., 1904.
2. Аббат Гаюи. Техническое распределение драгоценных камней с отличительными признаками их. Извлечения графа Г.К.Разумовского, с прибавлениями и замечаниями, по собственным его наблюдениям / Пер. А.Танкова. СПб., 1833. С.36—42, 103—105.
3. Плиний Секунд Старший. Естественная история ископаемых тел. СПб., 1812.
4. Нерудные полезные ископаемые. Драгоценные камни. М., 1979. С. 646—657.
5. Gregor M. Opal mineralization of western Carpathians: mineralogy and petrogenesis. Bratislava, 2011.
6. Здорик Т.Б. Опал // Природа. 1990. №10. С.44—48.
7. Ray P. Opalisation of the Great Artesian Basin (central Australia): an Australian story with a Martian twist // Australian Journal of Earth Science: An International Geoscience Journal of the Geological Society of Australia. 2013. V.60. №3. P.291—314.
8. Денискина Н.Д., Калинин Д.В., Казанцева Л.К. Благородные опалы (природные и синтетические). Новосибирск, 1987.
9. Поваренных М.Ю., Загубный Д.Г., Корчуганова Н.И. Поиски благородного опала в Южной Австралии с использованием дистанционных методов прогноза // Разведка и охрана недр. 2014. №7. С.12—17.
10. Ахметова Г.Л., Ахметов С.Ф. От авантюрина до яшмы. М., 1990. С. 138—143.
11. Поваренных М.Ю. Об установлении нового свойства горных пород — скрытой текстуры // Доклады Академии наук. 2008. Т.419. №2. С.233—236.
12. Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н., Кнотько А.В. О фрустумационном (кусковатом) внутреннем строении благородного и обыкновенного опала как супертонкозернистых горных пород (месторождение благородного опала Кубер-Педи, штат Южная Австралия) // Материалы 14-й Международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». Москва; Ярославль, 2013. С.218—221.
13. Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н. Развитие теории минералогии и петрографии. Теоретико-системное обоснование естественной классификации горных пород и Периодической системы минералов. Саарбрюккен, 2014.
14. Поваренных М.Ю., Бурмистров А.А., Матвиенко Е.Н. и др. Особенности иризации в благородных опалах в свете их фрустумационного внутреннего строения // Докл. Академии наук. 2015. В печати.
15. Чистякова М.Б. Камнерезные изделия фирмы Фаберже в коллекции Минералогического музея имени А.Е.Ферсмана РАН // Новые данные о минералах. 2004. №39. С.124—140.
16. Матвиенко Е.Н. Коллекция В.И.Крыжановского в собрании Минералогического музея Академии наук // Материалы V Международного симпозиума по сохранению минерального разнообразия. София, 2011. С.65—68.