

Е.Н. Матвиенко¹, М.Ю. Поваренных², Т.Б. Шаталова³, А.А. Фролов⁴, В.В. Туров⁵

¹ – *Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН (ФММ РАН), г Москва, ematvienko@mail.ru*

² – *Институт естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН (ИИЕТ РАН),*

³ – *Химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ),*

⁴ – *АО «Центрквиц»,*

⁵ – *ООО «Спецгеострой»*

О КОЛЛЕКЦИИ ОПАЛОВ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМ. А.Е. ФЕРСМАНА РАН

Коллекция опалов Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН составляет более 670 образцов (систематическая коллекция ~ 70 %, месторождения ~ 12 %, псевдоморфозы ~ 3 %, синтетические ~ 1 %, поделочные и драгоценные камни (ПДК) ~ 14 %).

Промышленные проявления благородного опала ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) гидротермального пост-вулканического и осадочного корового (ОК) происхождения издревле известны на территории нынешних Венгрии, Словакии, Чехии, Украины, Мексики, Гондураса, Бразилии, США, Индонезии, Эфиопии и других стран [Нерудные..., 1979; Денискина и др., 1987; Здорик, 1990; Калинин и др., 1998; Gregor, 2011; Ray, 2013; Бурмистров и др., 2013; Поваренных и др., 2013; 2014; Povarennykh, Matvienko, 2014; Поваренных, Матвиенко, 2015]. Но его месторождения в Австралии, расположенные в пределах Большого Артезианского бассейна, которые дают 85–90 % мировой добычи ювелирных опалов, по праву считаются уникальными.

Первые сведения о благородном опале на Руси – «медосоцветном камне», «земляном перле», известном, как оказалось, еще со времен Киевской Руси, – можно узнать из русского перевода книги немецкого профессора Г. Гюриха: «в России его находят в Волынской, Киевской, Херсонской и Харьковской губерниях, а также в Нерчинском округе» (1904 г.) [Поваренных и др., 2015].

К одним из наиболее ранних поступлений в собрание опалов Минералогического музея весьма хорошего выставочного качества относятся образцы из коллекций государственного деятеля и коллекционера И.П. Балашева (1842–1919): благородный опал (БО), Словакия, 1868 г.; археолога и минералога К.А. Шишковского (1834–1907): крупная галька зеленовато-голубого обыкновенного опала (ОО) из Нерчинска, Забайкалье, поступление 1909 г.; знаменитой коллекции тайного советника знатока минералов П.А. Кочубея (1825–1892): БО в породе из Квинсленда, Австралия, гиалит из Чехии; горного инженера В.А. Иоссы (1848 – не ранее 1917): прекрасный квинслендский БО в породе, БО из Керетаро, Мексика, ОО из США: гейзерит, Йеллоустонский парк, и псевдоморфоза по дереву, Кловер Крик, Айдахо; и наконец, из коллекции самого Карла Фаберже (1846–1920), переданной его сыном Агафоном в 1925 г., в виде галтованных и полированных БО Кубер-Педи и Квинсленда. Последние украшают коллекцию ПДК, составляя пятую часть ее опалов (рис. 1).

В коллекции опалов ФММ РАН представлены почти все наиболее известные месторождения и местонахождения мира БО и ОО: от так называемых австро-венгерских (Червеница), австралийских (Кубер-Педи, Лайтнинг-Ридж, Уайт-Клифс, штаты Новый Ю. Уэльс, Квинсленд и Ю. Австралия), эфиопских (Волло, Мезезо), мексиканских (Керетаро) и казахских (огненный опал Кара-Агача) до менее известных американских (Аризона, Орегон), СССР (зеленый ОО из Кемпирсая, Казахстан; российский белый и зеленый из никелевого м-ния Халилово, Ю. Урал). Кемпирсайские и халиловские образцы поступали в основном в 30–50-е гг. (последние начиная с автопробега академика А.Е. Ферсмана по Ю. Уралу в 1935 г.) и составляют значительную часть привозов опала сотрудниками музея. Образцы советского периода включают и такие, например, как кахолонг из Ахалцихе (с. Гуркели и Цохтеви, Грузия, от П.А. Белинского, 1936 г.), псевдоморфозы ОО по хризотилу (Ю. Урал, пос. Халилово, от И.И. Гинзбург, 1944 г.) (рис. 2), яркий розовый ОО из Квинси (департамент



Рис. 1. Коллекция БО из раздела экспозиции ФММ РАН ПДК «Поделочные и драгоценные камни», включая изделия из австралийского благородного опала коллекции Карла Фаберже в ФММ РАН (до 1918 г.).



Рис. 2. Псевдоморфоза обыкновенного опала по хризотилу, пос. Халилово, Оренбургская область, Ю. Урал, Россия (И.И. Гинзбург, 1944 г.), 8 см.

Шер, Франция, 1940–1950-е гг.). Из более поздних примечательны ОО-сталактиты из Хибин, г. Кукисвумчорр (А.А. Годовикова, 1986 г.) и две миндалины из риолита с благородным опалом, Эфиопия (дар князя А. Волконского, 2012 г.). В последнее время поступили образцы из единственного в стране месторождения БО (Радужное, Сев. Приморье, дар. А.А. Фролова, 2019 г.) (рис. 3), а также опала и кахолонга (Томское, Томская обл., дар В.В. Турова, 2020 г.) (рис. 4).



Рис. 3. Образцы БО из месторождения Радужное (Сев. Приморье) коллекции Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН. Дар 2019 г. А.А. Фролова, геологическая партия Приморгеологии.

Образцы благородного опала из коллекции ФММ им. А.Е. Ферсмана РАН научно изучены весьма скудно. Дело в том, что благородные опалы являются «неудобными» для исследований объектами. Их трудно получить для любого их вида, тем более для разрушающих методов анализа. Но для отдельных дубликатов образцов БО из коллекции ФММ им. А.Е. Ферсмана РАН и их аналогов из частных коллекций авторов исследования удалось произвести ([Бурмистров и др., 2013; Поваренных и др., 2013; 2014; Povarennykh, Matvienko, 2014] и др.).



Рис. 4. Кахолонг из Томского месторождения (дар В.В. Турова, 2020 г.), 11 см.

Для образцов БО измерен средний диаметр фрустумов (кусков-кластеров, закономерно организованных агрегатов глобул кремнезема, иризирующих по-разному) [Бурмистров и др., 2013; Поваренных и др., 2013; 2014; Povarennykh, Matvienko, 2014].

С помощью неразрушающего метода изучения химического состава (ЛРСМА) и петрофизических свойств: диэлектрическая проницаемость, плотность и эффективная пористость [Бурмистров и др., 2013; Поваренных и др., 2013; 2014; Povarennykh, Matvienko, 2014] – исследованы образцы БО и ОО различного генезиса (Лайтнинг-Ридж, Кубер-Педи, Австралия; Харт-Маунтин,

Орегон, США; Либанка, Червенице, Словакия; Куэнтеро и Керетаро, Мексика; Волло и Мезезо, Эфиопия; Радужное, Сев. Приморье, Россия; кахолонг из Томского месторождения) [Бурмистров и др., 2013; Поваренных и др., 2013; 2014; Povarennykh, Matvienko, 2014] (табл. 1, 2).

Таблица 1

Химический состав опалов (по данным ЛРСМА, ат. %)

Номер образца	Тип	Si	O	Al	Fe	Mg	Ca	Na	Cl	K	S	Cr	Сумма
РОК-МП-1/13-кор ОО	ГВ	30.21	68.35	0.23		0.82		0.12		0.23			100.01
РОО-МП-1/13 ОО	ГВ	30.35	68.2	0.11	0.22	0.70		0.17			0.14		99.89
РБО-МП-2/13 полу РО	ГВ	33.20	66.60	0.05	0.00			0.06	0.03			0.05	99.99
РБО-МП-2/13-кор	ГВ	33.11	66.53	0.11	0.02				0.06			0.03	99.86
РБО-МП-2/13-зел	ГВ	33.07	66.50	0.13	0.03			0.18	0.07			0.03	100.01

Примечание. Здесь и в табл. 2. ОО – обыкновенный опал; БО – благородный опал; ГВ – гидротермальный поствулканический генезис; ОК – осадочный коровый (из коры выветривания).

Таблица 2

Результаты изучения петрофизических свойств образцов опалов

№ пп	№ образца	Диэлектрич. проницаемость (ϵ)	Плотность (d , г/см ³)	Эффективная пористость, (Пэф, %)	Тип опала	Генезис опала	Месторождение, проявление опала
1	РОО-МП-1/13 (бесцв.)	4	1.95	<1 %	ОО	ГВ	Радужное, Сев. Приморье
2	РОО-3/14 (бесцв.)				ОО	ГВ	Радужное, Сев. Приморье
3	РОК-1/13 (огненный)	5	1.94	<1 %	ОО	ГВ	Радужное, Сев. Приморье

Проведены термические исследования [Бурмистров и др., 2013; Поваренных и др., 2013; 2014; 2016] образцов благородного опала из Эфиопии, Мексики и Австралии, а также из месторождения Радужное (Россия) (аналитик Т.Б. Шаталова на приборе STA 409 PC Luxx с возможностью масс-спектрометрии газовой фазы на квадрупольном масс-спектрометре QMS 403C Aëolos NETZSCH, Германия).

ИК-спектроскопические исследования проводились на кафедре минералогии геологического факультета МГУ и в центре коллективного пользования (химический факультет МГУ).

Дифрактометрически (Rigaku, Япония, медный анод) исследовались порошковые препараты, приготовленные из образцов гетерогенных БО и ОО из России (Радужное), Чехословакии, Эфиопии, Австралии, Мексики и Гондураса.

Изучение внутреннего строения опалов проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа SUPRA 50VP LEO в центре коллективного пользования (химический факультет МГУ) (рис. 5). Как показали исследования Высоцкого [Высоцкий и др., 2008] и наши [Povarennykh, Matvienko, 2014; Поваренных, Матвиенко, 2015; Поваренных и др., 2019], гидротермальные иризирующие опалы месторождения Радужное отличаются по наноструктуре и режиму образования от экзогенных благородных опалов. Они сложены более мелкими глобулами (60÷100 нм), и в них отсутствует структурированность наночастиц по законам плотнейшей упаковки, которая характерна для экзогенных благородных опалов. В процессе формирования гидротермальные опалы подвергались пневматолитовому отжигу – воздействию высокотемпературного пара при повышенном давлении. По результатам исследования внутреннего строения природных благородных опалов с помощью сканирующего электронного микроскопа большого числа образцов разного генезиса различных месторождений мира можно сделать предварительный вывод: в природных БО, выросших в неспокойных условиях, они отличаются слоистой толстотаблитчатой или пластинчатой текстурой (так называемые 2D-фрустумы) (см. рис. 5).

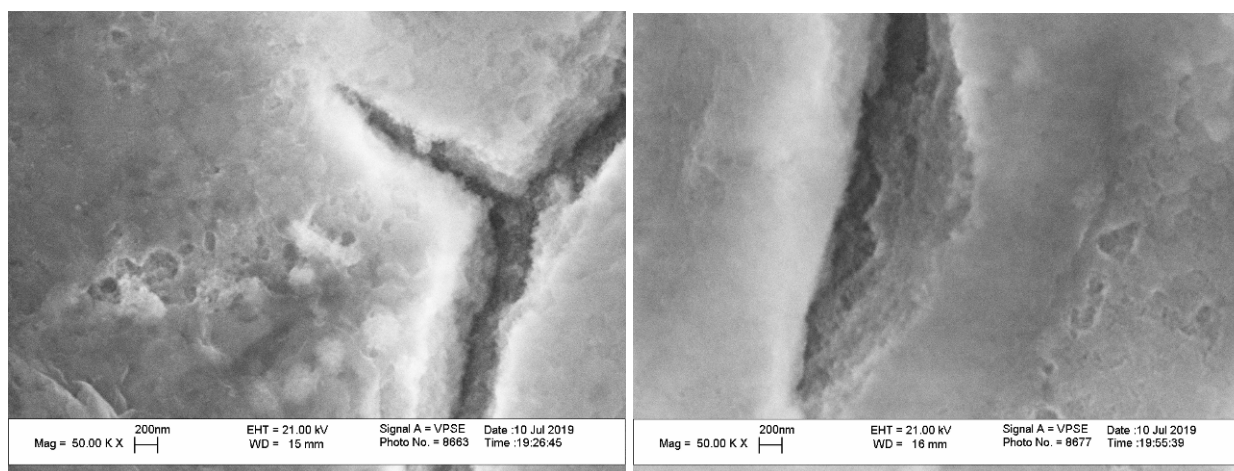


Рис. 5. Слоисто-глобулярное внутреннее строение БО Радужного месторождения. Размер первичных глобул необыкновенно мал: 60÷100 нм. Фото на растровом электронном микроскопе LEO SUPRA VP50 (Германия). Оператор А.В. Кнотько (химический факультет МГУ).

Литература

Бурмистров А.А., Поваренных М.Ю., Кнотько А.В., Матвиенко Е.Н. Стадиальность становления внутренней структуры обыкновенного опала (месторождение благородного опала, район Кубер-Педи, штат Южная Австралия). Нанотектоника // Мат. Межд. конф. «Физико-химич. и петрофизич. исследования в науках о Земле». М., 2013. С. 63–66.

Высоцкий С.В., Курявый В.Г., Карабцов А.А. Наноструктура благоприятного опала месторождения Радужное (Северное Приморье, Россия) // ДАН. 2008. Т. 420. № 4. С. 516–519.

Денискина Н.Д., Калинин Д.В., Казанцева Л.К. Благородные опалы (природные и синтетические). Новосибирск: Наука, 1987. 173 с.

Здорик Т.Б. Опал // Природа. 1990. № 10. С. 44–48.

Калинин Д.В., Восель С.В., Сердобинцева В.В. Новая интерпретация структуры благородного опала и энергетический анализ взаимодействия сферических частиц кремнезема при его образовании // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 7. С. 1013–1016.

Нерудные полезные ископаемые. Драгоценные камни. М., 1979. С. 646–657.

Поваренных М.Ю., Бурмистров А.А., Фролов А.А., Матвиенко Е.Н., Кнотько А.В., Шаталова Т.Б. Исследование благородного опала радужного месторождения (Приморье, Россия) и сравнение его геммологических свойств с опалами ряда месторождений мира // Тр. IX Всероссийской научной конференции с международным участием «Геммология», Томск (19–21 ноября 2019 г.) С. 12–28 (в печати).

Поваренных М.Ю., Загубный Д.Г., Корчуганова Н.И. Поиски благородного опала в Южной Австралии с использованием дистанционных методов // Разведка и охрана недр. 2014. № 7. С. 31–40.

Поваренных М.Ю., Кнотько А.В., Матвиенко Е.Н., Бурмистров А.А., Плечов П.Ю., Лукша В.А. Особенности иризации в благородных опалах в свете их мозаично-кластерного (фрустумационного) внутреннего строения // ДАН. 2016. Т. 467. № 6. С. 701–703.

Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н., Рассулов В.А. О фрустумации наиболее простых по минеральному составу и генезису горных пород на примере благородных опалов // Мат. Межд. Минерал. конф. «Юшкинские чтения». Сыктывкар. 2013. С. 363–369.

Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н. Новое макроскопическое свойство горных пород – фрустумация – как проявление квантования-кусковатости горнопородного уровня пространственно-временного континуума // Пространство и Время. 2015. № 12 (19–20). С. 266–274.

Поваренных М.Ю., Матвиенко Е.Н., Хаммер В. За драгоценными опалами в пустыню Австралии // Природа. 2015. № 3. С. 41–49.

Gregor M. Opal Mineralization of Western Carpathians: Mineralogy and Petrogenesis. Bratislava, 2011.

Povarennykh M.Yur., Matvienko E.N. Description of Precious Opals Diversity from S. Australia (Cooper Pedy Deposit) as Superfine-grained Rocks according to their Different Frustumational Inner Fabric // Proc. Sofia Int. Conf. 2014. V. 1. P. 122–132.

Povarennykh M.Yur., Matvienko E.N. Opals: Australian vs African // Russian Diamonds & Jewelry. Autumn. 2015. P. 12–16.

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. No 3. P. 291–314.