

В.А. СОЛЯНИК, В.А. ПАХОМОВА,
В.Б. ТИШКИНА, К.Н. НИКОЛАЕВА, Э.Г. ОДАРИЧЕНКО

Самоцветы Приморья в музее Дальневосточного геологического института ДВО РАН

Несмотря на то что большинство месторождений и проявлений самоцветов известны лишь как сопутствующие на рудных объектах, Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации учитываются 24 месторождения камнесамоцветного сырья по 11 видам ювелирных камней, 4 из которых расположены на территории Приморья (<http://www.mineralogist.ru>). В число разрабатываемых в России входит 8 месторождений ювелирных камней. Наиболее значимые из них – месторождение сапфиров Незаметнинское и месторождение благородного опала Радужное – расположены на территории Приморского края.

Музей ДВГИ располагает коллекцией самоцветов (150 образцов) и ограненных ювелирных камней, собранных на месторождениях полезных ископаемых в различных уголках нашей огромной страны. Экспозиция «Геммология камнесамоцветного сырья Дальневосточного региона России» пополняется благодаря сотрудничеству с учеными геммологической группы лаборатории минерагении, в тематику исследований которой входят детальное изучение и оценка месторождений камнесамоцветного сырья и составление минерагенической карты самоцветов Дальнего Востока.

Крупнейшее в стране месторождение корундов (сапфиров) – Незаметнинское, частично разведанное в конце 1980-х годов, – находится в Красноармейском районе, в бассейне р. Кедровка. Сегодня его ресурсы оцениваются от 976 до 1795 кг [7]. Многообразные по цвету и оттенкам незаметнинские сапфиры (рис. 1) по геммологическим характеристикам соответствуют камням из Вьетнама, Мьянмы и Таиланда. Встречаются камни самого ценного васильково-синего цвета, подобные кашмирским.

За последние годы учеными ДВГИ получены новые данные о происхождении сапфиров, уточнены условия их образования, предложена новая модель генезиса подобных месторождений и проявлений корунда в пределах Сихотэ-Алинской аккреционной системы. Получены надежные доказательства их происхождения из граносиенитовых магм в контакте с известково-глиноземистыми толщами при наличии соответствующих структурно-тектонических (геодинамических) условий [3, 9]. На основе анализа этих материалов выявлены поисковые признаки обнаружения корундов (сапфиров), исследованы

*СОЛЯНИК Валентина Алексеевна – старший научный сотрудник, заведующая выставочным сектором музея, ПАХОМОВА Вера Алексеевна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, ТИШКИНА Виталия Борисовна – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, эксперт-геммолог (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток), НИКОЛАЕВА Кристина Николаевна – заведующая лабораторией (Северо-Восточный федеральный университет, Якутск), ОДАРИЧЕНКО Элла Геннадьевна – кандидат геолого-минералогических наук, младший научный сотрудник (Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск). *E-mail: solyanik109@mail.ru



Рис. 1. Сапфиры разноокрашенные размером от $0,9 \times 0,8 \times 0,6$ см до $2,0 \times 1,8 \times 0,9$ см. Приморье, Красноармейский район, месторождение Незаметнинское. Фото Э.Г. Одариченко

потенциально корундоносные массивы в различных районах Дальнего Востока, а также новые месторождения корундов [8].

На основании данных, полученных в результате изучения минеральных и флюидных включений в корундах Незаметнинского месторождения, разработана методика их облагораживания, определены параметры термической обработки, которая проводилась в высокотемпературной муфельной печи Nabertherm P310 на базе Дальневосточного федерального университета. Для контроля цвета и чистоты камней до и после обжига применялись современные методы исследований и соответствующие приборы, в том числе микроскоп для геологических исследований NIKON 100 POL (Япония, Jeol) – для фиксации изменений, происходящих с минеральными включениями; оптический спектрометр Ocean Optics QE65000 с интегральной сферой FOIS-1 и источником света HL-2000-HP и спектрофотометр Shimadzu UV-1800 – для определения цветовых характеристик облагороженных сапфиров и количественной оценки изменения цвета. После термической обработки во всех образцах наблюдалось значительное улучшение чистоты и прозрачности, во многих образцах удалось добиться яркого синего цвета (рис. 2, 3).

Полученные результаты важны для решения вопроса о целесообразности добычи благородного корунда на месторождении Незаметнинское, которое считается одним из наиболее перспективных в России. Известно, что на любом месторождении самоцветов количество камней, пригодных для ювелирного производства, как правило, составляет от 1 до 10 %, при этом современный мировой рынок ювелирных камней представлен на 90 % облагороженными сапфирами. В соответствии со стандартом Гохрана Российской Федерации «Сапфиры природные обработанные. Технические условия» (<http://www.gokhran.ru/files/1018/%D0%A1%D0%A2%D0%9E%2045866412-05-2008.pdf>) наличие тепловой обработки, которое указывается в паспорте камня, не оказывает значительного влияния на конечную цену камня сравнительно с природным образцом, обладающим аналогичными характеристиками цвета и чистоты. Первый опыт облагораживания

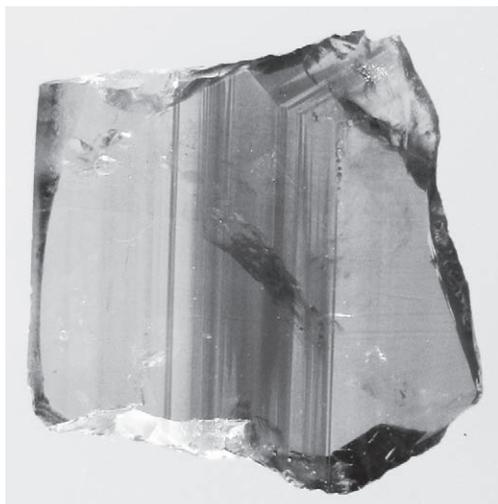


Рис. 2. Образец корунда № 7 до термической обработки (слева) и после (справа), размер $1,1 \times 1,0 \times 0,3$ см. Приморье, Красноармейский район, месторождение Незаметнинское. Фото К.Н. Николаевой

незаметнинских корундов показал, что метод термообработки, который считается самым эффективным и разрешен на мировом ювелирном рынке, может в несколько раз увеличить объем ювелирного сырья месторождения, тем самым повысив целесообразность его добычи.

Представлено в музее и единственное в России месторождение благородного опала – Радужное, которое находится в Пожарском районе, в бассейне р. Алчан. По прогнозным оценкам запасы его сортовых ювелирных камней составляют 240 кг [9].

Ценность опалов (рис. 4) в большей степени зависит не от веса камня, а от его фоновой окраски и многоцветия опалесценции. В музейной коллекции представлены белый и голубоватый опал-агаты, зеленый празопал, розовый и красный опал-агаты, полосчатые опалы, моховые с дендритами оксидов марганца, с рисунком древесной коры и древесины. У многих образцов цветовая игра проявляется в виде опалесцирующих пятен, искр, вспыхивающих при повороте камня.

Структурные исследования подтвердили существование зависимости размера глобул от длины волны дифрагируемого света, определяющей цвет опалесценции, благодаря чему благородные опалы успешно синтезируют в течение более чем полувека в разных странах мира. Для выявления причин различий в окраске фона благородных и обыкновенных опалов изучен состав этих минералов. Установлено, что в качестве основных элементов, ответственных за окраску опалов, выступают Fe, Mn, Ti и Ni, для которых существует

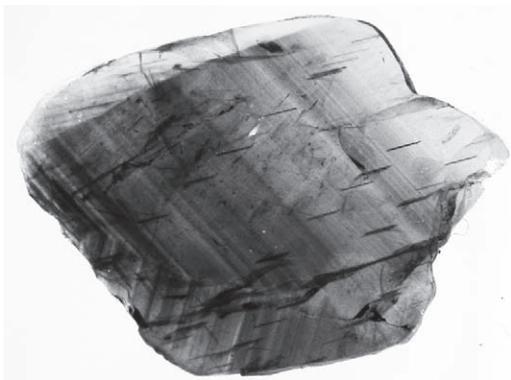
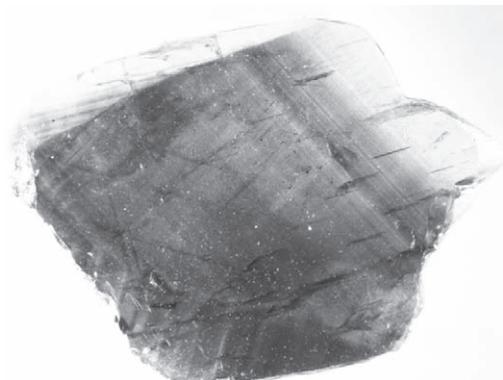


Рис. 3. Образец корунда № 8 до термической обработки (слева) и после (справа), размер $1,4 \times 1,2 \times 0,3$ см. Приморье, Красноармейский район, месторождение Незаметнинское. Фото В.А. Пахомовой

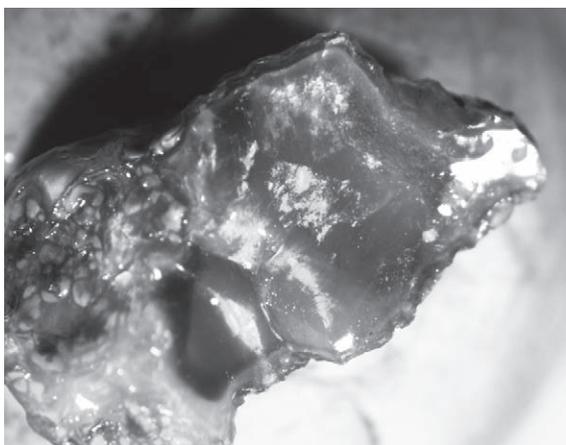


Рис. 4. Благородный опал. Слева размер $2,9 \times 1,6$ см, справа $2,6 \times 1,8$ см. Приморье, Пожарский район, месторождение Радужное. Фото В.Б. Тишкиной

общая прямая зависимость насыщенности и интенсивности окраски. Интенсивно окрашенным опалам свойственны максимальные содержания железа; согласно данным ЭПР (электронный парамагнитный резонанс) в желтых, коричневых и красном образцах присутствует Fe^{3+} , в зеленых различных оттенков – Fe^{2+} [5, 6].

Следует отметить, что благородные опалы, которые теперь часто интерпретируются как надмолекулярные (фотонные) кристаллы, исследуются особенно интенсивно в последние годы в связи с их применением при разработке принципиальных основ создания композитных материалов для микроэлектроники и информационных технологий. Так как практически все изобретения человечества имели аналоги в природе, решение новых задач также немислимо без изучения месторождений, расшифровки строения и механизма образования, выявления специфики физико-химических процессов, обуславливающих образование благородных опалов – этого уникального природного объекта.

В 2014–2015 гг. сотрудниками ДВГИ при финансовой поддержке фонда РФФИ успешно выполнен проект № 14-05-31032, направленный на решение фундаментальной проблемы теории минералообразования, связанной с изучением механизма образования благородных опалов в месторождениях гидротермального происхождения и причин их цветового разнообразия (окраски тона и цвета опалесценции). В рамках проведенных полевых исследований на месторождении Радужное отобраны образцы как вмещающих опаловую минерализацию пород северянской свиты, так и самих благородных и обыкновенных опалов, в том числе разновидностей, ранее не обнаруженных на месторождении, таких как черный благородный опал, оранжевый обыкновенный и матричный опал. Отобранные образцы проанализированы методами ICP-МС, Раман-спектроскопии, а также на рентгеновском дифрактометре MiniFlex II. Рентгенофазовый анализ позволил качественно оценить содержание в структуре опалов кристаллических и аморфной фаз и выделить различные группы структур исследованных опалов. Установлено, что большинство опалов содержат в качестве преобладающей кристаллической фазы кристобалит, другая группа опалов, как благородных, так и обыкновенных, отличается преобладанием тридимита в качестве кристаллической фазы наряду с кристобалитом. Полностью «тридимитовых» опалов среди исследованных образцов не обнаружено. Проведено сравнение геохимических особенностей опалов месторождения Радужное по результатам исследований авторской коллекции и известных литературных данных по зарубежным опалам. Сделаны следующие выводы: от австралийских опалов большинство образцов месторождения Радужное отличается по содержанию Ва; в тех образцах, где содержания Ва аномально высокие, упорядоченность структуры опалов Радужного существенно ниже; 2) содержания Са в опалах

месторождения Радужное существенно выше, чем в опалах мексиканских и бразильских месторождений, но ниже, чем в большинстве опалов месторождений Эфиопии; 3) главная диагностическая особенность опалов месторождения Радужное – присутствие включений высококремнистого магнетита в форме октаэдра и куба с повышенным содержанием никеля и кобальта (рис. 5) [10].

Самостоятельную группу камнесамоцветного сырья представляют декоративные коллекционные минералы (ДКМ) [1]. ДКМ – это необычные,

редкие минералы, оказавшиеся в свободных условиях, позволивших принять специфическую для каждого минерального вида внешнюю огранку – кристалл. Это могут быть как отдельные кристаллы минералов, так и их сростки, друзы, щетки, жемоны. Музейная экспозиция «Коллекционные минералы из природной лаборатории Приморских месторождений – источник генетической информации» иллюстрирует многообразие эволюционных форм, образовавшихся при кристаллизации минералов, и морфологические признаки, определяющие развитие геологического процесса во времени и пространстве.

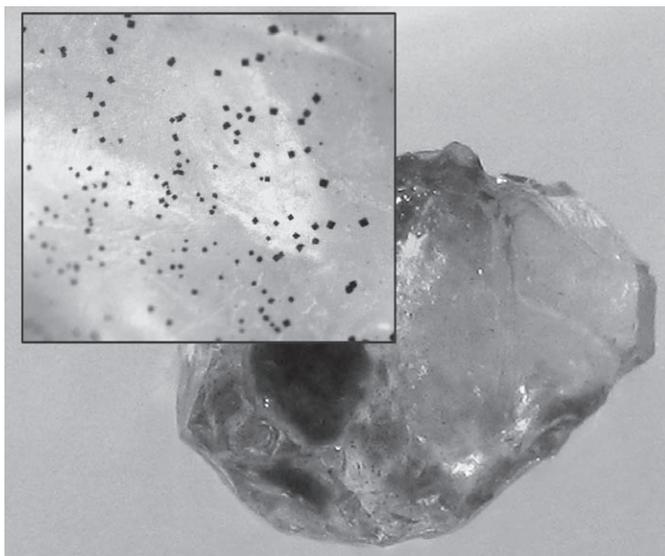


Рис. 5. Включения высококремнистого магнетита в благородном опале. Размер образца 2,9 × 3,2 см. Приморье, Пожарский район, месторождение Радужное. Фото В.Б. Тишкиной

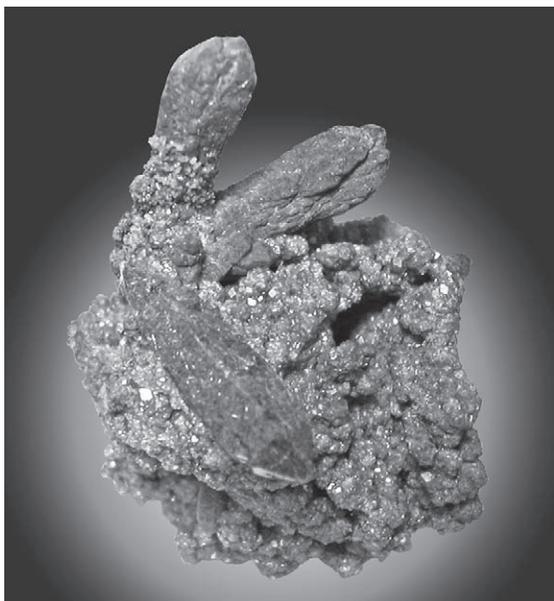


Рис. 6. Скрученный кварц (празем), окрашенный включениями актинолита, на андрадите (6 × 6 × 6 см). Приморье, Кавалеровский район, Синереченское месторождение. Фото В.А. Соляник



Рис. 7. Друза перекристаллизации андрадита (25 × 10 × 6 см). Приморье, Кавалеровский район, Синереченское месторождение. Фото В.А. Соляник

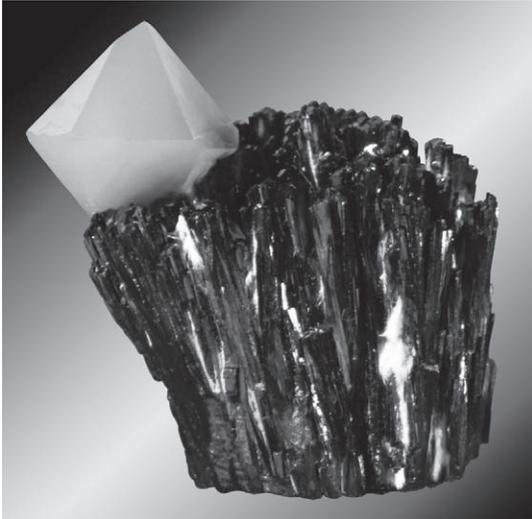


Рис. 8. Псевдодипирамидальный кристалл кварца на ильваите с осевым расщеплением (4,5 × 4 × 4 см). Приморье, Дальнегорск, Второе Советское месторождение. Фото В.Г. Сазонова

пирита, флюорита, геденбергита, тетраэдрита и других минералов. Дальнегорский район и сегодня представляет большой интерес как источник ДКМ.

Кристаллографические и аналитические исследования, проведенные в музее, в том числе методами инфракрасной спектроскопии и рентгеноструктурным, позволили выявить новые для региона минералы, в частности ранее не описанные в коллекционных образцах гематит, тюрингит и мушкетовит, а также подтвердить новое местонахождение ювелирного данбурита [4].

По предварительным данным Дальневосточной геологоразведочной экспедиции «Далькварцсамоцветы» 1988 г. перечень приморских месторождений и проявлений камнесамоцветного сырья включает более 70 наименований; 47 из них – это проявления цветных и декоративно-облицовочных камней: агата, халцедона, переливта, родонита, яшмы, агальматолита, известняка, мрамора, вулканических стекол, гранитов, диоритов, риолитов и их туфов. В музее представлен широкий спектр цветных и декоративно-облицовочных камней (более 50 полированных пластин моно- и полиминеральных образцов из месторождений Приморья). Это разнообразные по форме, окраске, генезису и особенностям строения агаты, родонит, обсидиан, риолиты и их туфы, яшма сургучная из Кавалеровского и розовый кварц из Пожарского районов, перидотит Владимиро-Александровского, гранодиорит Врангелевского, черный известняк Спасского, туфобрекчия и сферолитовый риолит Нежданкинского месторождений, органогенный известняк, насыщенный скелетными остатками морских и растительных организмов:



Рис. 9. Расщепленные кристаллы ильваита, кальцит (8 × 7 × 6 см). Приморье, Дальнегорск, Первое Советское месторождение. Фото Ю.Т. Васильковского

мегалодоновый (Дальнегорский район), водорослево-археоциатовый (Спасский), рифогенный, содержащий остатки губок (Находкинский), скарн Дальнегорского боросиликатного месторождения.

Развитие рынка цветных камней напрямую связано с формированием внутреннего спроса в стране и работами по развитию горно-добывающей отрасли. В настоящее время имеющийся в России спрос на ювелирные, цветные камни и ДКМ, несмотря на наличие собственных месторождений, более чем на 90 % удовлетворяется за счет импорта (<http://www.mineralogist.ru>). Внутренний рынок Дальнего Востока ориентирован на торговые потоки из стран Юго-Восточной Азии (Китай, Таиланда, Мьянмы, Индии, Шри-Ланки, Гонконга, Сингапура, Вьетнама, Японии, Кореи) и США, продукция отечественной ювелирной промышленности интенсивно вытесняется импортными ювелирными изделиями.

Камнесамоцветные ресурсы, сосредоточенные на Дальнем Востоке, могут быть основной мощной сырьевой базы для формирования новых центров их добычи. Благодаря многолетним усилиям ученых института создан рабочий вариант генетической классификации месторождений самоцветов Сихотэ-Алиня, проведена оценка геммологических характеристик самоцветов изученных месторождений, а для отдельных типовых объектов разработаны критерии прогноза. Дальнейшее совершенствование классификации месторождений самоцветов сделает возможным прогнозирование не только известных, но и новых вероятных для данной геологической обстановки типов промышленных месторождений камнесамоцветного сырья [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Буканов В.В. Цветные камни и коллекционные минералы: Энциклопедия. СПб., 2014. 464 с.
2. Пахомова В.А. Геммология и ее развитие в Сибири и на Дальнем Востоке России // Наука в России. 2013. № 4 (196). С. 4–11.
3. Пахомова В.А. Флюидные включения как источник генетической информации о процессах минерало- и рудообразования (на примере месторождений Дальнего Востока). Владивосток: Дальнаука, 2011. 134 с.
4. Соляник В.А. Новинки декоративных коллекционных минералов в музее ДВГИ // Вестн. ДВО РАН. 2015. № 6. С. 173–176.
5. Тишкина В.Б., Пахомова В.А., Федосеев Д.Г., Степанов О.В. Благородный опал месторождения Радужное: минералогия и механизм образования // Зап. РМО. 2015. № 1. С. 100–114.
6. Тишкина В.Б. Генезис благородного опала (месторождение Радужное, Приморский край России). Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 194 с.
7. Турашева А.В. Геолого-экономический анализ минерально-сырьевой базы приоритетных видов камнесамоцветного сырья России // Разведка и охрана недр. 2004. № 1. С. 24–30.
8. Buravleva S.Y., Smirnov S.Z., Pakhomova V. A., Fedoseev D.G. Sapphires from the Sutara placer in the Russian Far East // Gems and Gemology. 2016. Vol. 52, N 3. P. 252–264.
9. Khanchuk A., Zalishchak B., Pakhomova V., Odarichenko E., Sapin V. Genesis and Gemmology of Sapphire from the Nezametnoye Deposit, Primorye Region, Russia // Australian Gemmologist. 2003. Vol. 21. P. 329–335.
10. Tishkina V.B., Pakhomova V.A., Fedoseev D.G., Ostapenko D.S. Precious opals from the Raduzhnoe deposit (Russia): mineralogy, geochemistry // Proc. of the 8th European Conference on Mineralogy and Spectroscopy. Rome (Italy), 2015. P. 171–172.