



### Буравлева Светлана Юрьевна

В 2007 г. окончила Дальневосточный государственный технический университет (ДВПИ им. Куйбышева) по направлению «Геология и разведка полезных ископаемых» и поступила в очную аспирантуру Дальневосточного геологического института ДВО РАН. В 2011 г. прошла обучение в АНО дополнительного профессионального образования «Геммологический институт» (Москва) с присвоением квалификации «эксперт-геммолог».

Область научных интересов – изучение условий формирования месторождений корунда Дальнего Востока России, геммологическая минерагения. Тема диссертационных исследований – «Условия образования и генезис корундов месторождения Сутара (ЕАО)».

По теме исследований опубликованы 3 статьи в зарубежных журналах, имеются многочисленные публикации в сборниках материалов российских и международных конференций.

Награждена дипломом за лучший устный доклад на Второй научной молодежной школе «Новое в познании процессов рудообразования» (ИГЕМ РАН, Москва, 2012 г.). Являлась руководителем работ по 7 грантам (6 – ДВО, 1 – РФФИ). В данный момент ведет исследования в рамках гранта ДВО.

УДК 553.82:553.22(571.621)

С.Ю. БУРАВЛЕВА

## Особенности минерагении корунда на примере исследования месторождения Сутара (ЕАО)

*Исследуется происхождение промышленно значимой минерализации корунда месторождения Сутара (ЕАО), относящейся к уникальному для России типу проявлений камнесамоцветного сырья в силикатных эндоскарнах. Установлены минеральные ассоциации, характеризующие различные этапы геологической истории региона, морфологические особенности и геммологические характеристики корунда (сапфира), термодинамический диапазон условий формирования корунда в марундите. На основании комплексного геолого-петрологического и минералого-геохимического изучения пород месторождения, марундитов и корундов предложена модель образования корунда месторождения Сутара.*

*Ключевые слова: генезис корунда, метаморфизм, анатектические граниты.*

БУРАВЛЕВА Светлана Юрьевна – младший научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). E-mail: s\_buravleva@yahoo.com

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов: РФФИ №13-05-90736 мол\_рф\_нр и ДВО РАН 14-III-B-08-172.

*The genesis of industrially significant mineralization of corundum in the Sutara Deposit (the Jewish Autonomous Region) which is related to a unique type of corundum deposit in silicate endoskarns for Russia is studied. The mineral associations characterizing various stages of geological history of the region, morphological features and gemological characteristics of corundum (sapphire) and thermodynamic criteria range of formation of corundum in marundite are established. On the basis of complex geological and petrological and also mineralogical and geochemical investigation of deposit rocks, marundites and corundum, the model of formation of corundum in the Sutara Deposit district is offered.*

*Key words: genesis of corundum, metamorphism, anatectic granites.*

Считается, что в России нет месторождений благородного корунда с промышленными запасами, хотя в государственном балансе РФ числятся три месторождения ограночного рубина и сапфира – Положиха, Корнилов Лог, Вербанный Лог (Средний Урал), а на месторождении Незаметнинское (Приморский край) прогнозные ресурсы корунда превышают 1 т кристаллосырья [1]. Развитие ювелирной отрасли в нашей стране при неопределенности сырья приводит к его импорту.

Потенциал отечественных месторождений корунда далеко не исчерпан. Кроме уже упомянутых незаметнинских сапфиров в Дальневосточном регионе известны проявления корундов, в большинстве случаев обнаруженные в результате поисков и разведки рудных полезных ископаемых. Один из таких объектов – месторождение золота Сутара (Еврейская Автономная область), на котором в процессе поисков олова и золота обнаружены россыпи корунда и коренные выходы корундовых руд – марундитов.

Первые сведения о наличии зерен серого, непрозрачного корунда в аллювии ручьев в районе месторождения Сутара получены еще в 1937 г. Наряду с золотом было добыто около 2 т корундовой руды с содержанием в ней корунда до 70–80 %. В последующие годы здесь проводили поисковые работы на предмет обнаружения благородного корунда, по результатам которых сделан вывод о неопределенности перспектив из-за слабой степени изученности района [8].

Цель настоящего исследования – выявить геологические и петрологические особенности формирования корундовой минерализации месторождения Сутара, изучить минеральные ассоциации и физико-химические параметры процесса образования корунда, а также типоморфные признаки корунда для определения генетического типа проявления. Степень понимания генезиса корунда и геологии материнских пород могла бы существенно повысить уровень научно-методического прогноза и возможности поиска новых месторождений.

Район исследований является частью Малохинганского террейна, входящего в состав Буреинского супертеррейна [4] (рис. 1). Фундамент террейна сложен метаморфическими образованиями, фрагментарные выходы которых присутствуют среди разновозрастных гранитоидов. В районе месторождения широко развиты раннекембрийские метаморфизованные графитоносные гнейсы, кристаллические сланцы и известняки, ордовикские интрузии двуслюдяных турмалинсодержащих лейкогранитов, средне-позднекарбонные гранодиориты и граниты, слагающие Сутарский массив, дайки пегматитов. Менее распространены меловые вулканиты, песчаники и алевролиты, олигоцен-миоценовые, четвертичные рыхлые отложения. Корундовые руды (марундиты) (рис. 2, см. с. 3 обложки) образуют линзовидные тела, обычно приуроченные к контактовой части жилы пегматита с карбонатными породами. Пегматиты состоят из калиевого полевого шпата, кислого плагиоклаза (20–30), кварца и незначительной примеси мусковита в виде мелких чешуек. Плагиоклазы, как правило, серицитизированы и образуют полисинтетические двойники.

В непосредственной близости от контакта с карбонатными породами пегматиты становятся безкварцевыми, в них появляются единичные хорошо образованные дипирамидальные кристаллы корунда и их фрагменты размером до нескольких сантиметров, далее от контакта – скопления корунда в виде небольших (до 20 см) линзовидных тел, сложенных почти мономинеральной корундовой породой.

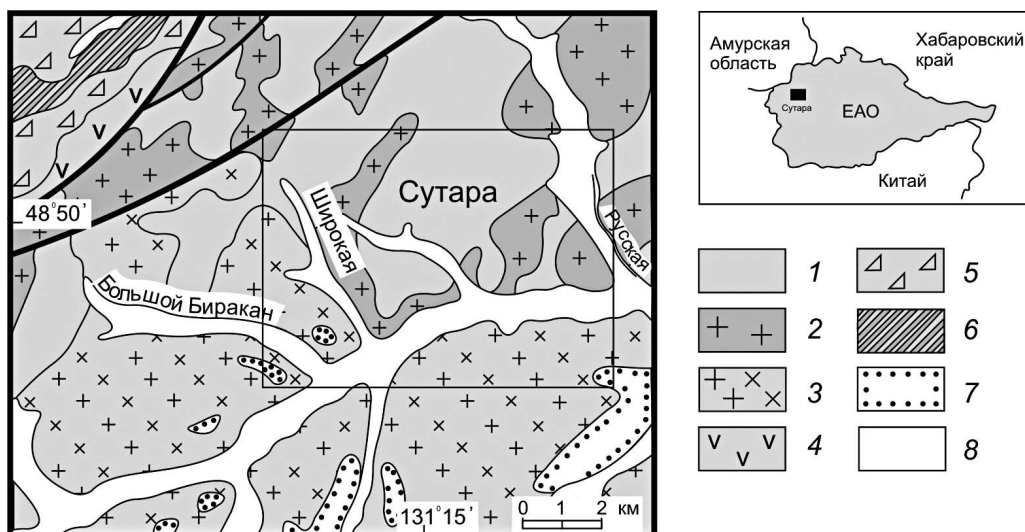


Рис. 1. Геологическая карта района исследований (на основе Государственной геологической карты [5]). 1 – алевролиты, глинистые сланцы, песчаники и известняки ( $C_1km$ ), 2 – двуслояные турмалинсодержащие лейкограниты (Ob), 3 – гранодиориты, граниты и дайки пегматитов ( $C_{2,3}t$ ), 4 – андезиты, их лавобрекчии и туфы ( $K_1st$ ), 5 – туфы и туффиты риолитов ( $K_2sl$ ), 6 – дайки игнимбритов ( $K_2ob$ ), 7 – пески, глины, галечники ( $N_2-Q_1bl$ ), 8 – аллювиальные валунно-галечные отложения, глины, илы ( $Q_{IV}$ )

Карбонатные породы в месте контакта с гранитами представляют собой скарны, имеющие зональное строение: ближняя от контакта зона богата хлоритом, биотитом и тальком, затем появляются актинолит и тремолит, следующая зона представлена серпентинитами и офикальцитами. Мощность скарновой зоны от 30–40 см до 7 м.

Марундиты на 70–90 % состоят из корунда [9], образующего прекрасно сформированные дипирамидальные и ромбоэдрические кристаллы, типичные для корундовых плагиоклазитов. Остальной объем породы занимают маргарит, диаспор, рутил, вермикулит и мусковит, в качестве акцессорных минералов в марундитах обнаружены циркон и апатит с минеральными включениями ксенотима и монацита.

Корунд во вторичном залегании встречается в аллювиальных и делювиальных отложениях в форме дипирамидальных и ромбоэдрических кристаллов размером до 2 см фиолетово-синего, серовато-синего, синего, пурпурного, голубовато-белого цвета с характерной пятнистой окраской (рис. 3, см. с.3 обложки). По классификации GIA (Gemological Institute of America, USA) цветовые характеристики корундов (сапфиров) следующие: оттенок B, bV, V; тон с (w), vl, l, ml, bl; насыщенность gr (br), slgr (slbr), v. Для зональных кристаллов характерно чередование полос синего оттенка с бесцветными полосами низкой чистоты [2]. Встречены прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные корунды.

Минеральные включения в корундах представлены монацитом, цирконом, ксенотимом, рутилом, шпинелью. Включения шпинели и рутила приурочены к зонам роста, что говорит об их сингенетичности с корундом.

Состав корундов и корундовых пород исследован методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Icar 6500Duo (Thermo Scientific Corporation, США), ИСП-МС на спектрометре Agilent 7500 с (Agilent Technologies США) (ДВГИ ДВО РАН), а также рентгеновским методом на четырехканальном микроанализаторе JXA-8100. Для изучения флюидных включений использовали NIKON E – 600 POL Optical Microscope for Geological Studies, Jeol (Япония) и Heating / Cooling NIKON E – 600 POL Microscope.

На основании исследования петрографии и геохимии вмещающих марундиты пород [3], минеральных ассоциаций, а также россыпных корундов получена информация об

условиях пороодо- и минералообразования на различных стадиях развития процесса, методами минералогической и экспериментальной термометрии определены условия образования минеральных ассоциаций, содержащих корунд и богатые алюминием минералы. На основе анализа составов минеральных и флюидных включений в корундах установлены физико-химические условия минералообразования.

Сценарий развития геологических событий, которые привели к образованию корундов месторождения Сутара, представляется следующим:

1. Исходные породы для формирования корундовых руд (кристаллические сланцы, содержащие силлиманит, кристаллический графит, гранат) в условиях высокотемпературного метаморфизма преобразованы в анатектические граниты, гнейсы и мигматиты.

2. Внедрение анатектических лейкогранитов и пегматитов на контактах карбонатных и алюмосиликатных пород привело к формированию минеральных ассоциаций с корундовой минерализацией. К продуктам взаимодействия минералов орто- и парапород на высокотемпературной метасоматической стадии относятся корунд, средний плагиоклаз, флогопит, образованные в эндоконтакте корундовых проявлений, и минералы скарновой ассоциации (форстерит, диопсид) – в экзоконтакте. Интервал температур метасоматического процесса оценивается в 500–720 °С, давление – до 300 МПа.

3. Десиликация лейкократовых гранитов с образованием на контакте жилы пегматита с карбонатными породами и кристаллическими сланцами марундитов является заключительной стадией биметасоматического процесса. Наиболее вероятный температурный интервал существования диаспора в ассоциации с корундом и шпинелью, которая представлена в корунде минеральными включениями из марундитов, – 405–365 °С. На основании изучения углекислотных включений в маргарите установлен диапазон давлений, при которых формировались корундовые породы. Он соответствует 80–150 МПа, что, по экспериментальным данным, отвечает температурному интервалу 470–720 °С. Таким образом, эти параметры (давление 80–150 МПа, температура 470–365 °С) соответствуют нижней границе формирования марундитов месторождения Сутара.

Исследуемый тип корундовой минерализации, являющейся результатом десиликации гранитных пегматитов при их внедрении в продукты метаморфизма карбонатных пород, не имеет аналогов в России.

Подобные сутарскому месторождения самоцветов, образованные в результате диффузионного биметасоматоза, протекавшего в контактах между высокомагнезиальными (магнезитовые и доломитовые мраморы, метагипербазиты) и силикатными (гнейсы и мигматиты, гранит-аплиты, гранит-пегматиты) породами, объединяются в магнезиально-скарновый подкласс и относятся к типу месторождений в силикатных скарнах (точнее, в силикатных эндоскарнах) [6, 7]. Хорошо изучены месторождения этого типа в Мьянме (Могок), Таиланде (Чантхабури) и Индии (штат Кашмир, месторождение Сумджан): они формируются в контактах доломитовых мраморов с гнейсами, дайками гранитов, гранит-аплитов и пегматитов; на Шри-Ланке – в контактах мраморов с сиенитами; в Танзании (Умба) – в контактах ультрабазитов с гранит-аплитами и пегматитами [10].

Приуроченность корундовой минерализации к пегматитовым жилам гранитного состава, секущим карбонатные породы, открывает дальнейшие перспективы открытия аналогичных корундовых проявлений в пределах Малого Хингана, района широкого развития пегматитовых жил, карбонатных пород и продуктов их метаморфизма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буканов В.В. Цветные камни. Энциклопедия. СПб.: Гранит, 2008. 415 с.
2. Буравлева С.Ю., Пахомова В.А., Залищак Б.Л., Екимова Н.И. Коллекционные корунды как источник информации об их происхождении // Материалы IV Науч. конф. «Геммология» (Томск, 17–19 ноября 2009 г.). Томск, 2009. С. 10–15.

3. Буравлева С.Ю., Пахомова В.А., Остапенко Д.С., Зарубина Н.В., Тишкина В.Б., Федосеев Д.Г. Распределение редких элементов в корунде месторождений различного происхождения // *Материалы Третьей науч. молодеж. школы «Новое в познании процессов рудообразования»* (Москва, 3–5 декабря 2013 г.). М.: ИГЕМ РАН, 2013. С. 66–69.
4. Геодинамика, магматизм и металлогения востока России. В 2 кн. Кн. 1 / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 572 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1 : 200 000: Объясн. зап. / под ред А.Ф. Васькина. СПб., 1999. 186 с.
6. Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н., Гаврилов А.П. Геология месторождений драгоценных камней. М.: Недра, 1982. 290 с.
7. Литвиненко А.К. Метасоматоз в контактах гнейсов и магнезитов на ЮЗ Памире // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1992. № 12. С. 142–149.
8. Ициксон М.И. и др. Отчет о геолого-поисковых работах на корунд в Бирском районе ЕАО Хабаровского края. 1943.
9. Pakhomova V.A., Buravleva S.Yu., Kurnosov A.L., Zalischak V.L., Tishkina V.B., Fedoseev D.G., Zharchenko S.Yu., Mouzhevsky D.A., Ushkova M.A. Corundums and Marundites of the Sutara Deposit (The Russian Far East) // *J. Gemmol. Assoc. (Hong Kong)*. 2009. Vol. 30. P. 47–49.
10. Russel Sh., W. R. Ruby. Sapphire Production And Distribution: A Quarter Century of Change // *Gem & Gemology*. 2009. Vol. 45. P. 236–259.