

## КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗУРИТА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ПО ДАННЫМ ЭПР СПЕКТРОКОПИИ

**Николаев А.Г.<sup>1</sup>([anatolij-nikolaev@yandex.ru](mailto:anatolij-nikolaev@yandex.ru)), Попов М.П.<sup>2</sup>,  
Хасанова Н.М.<sup>1</sup>, Ягудина Л.Д.<sup>1</sup>, Нуриева Е.М.<sup>1</sup>**

Казанское отделение РМО. <sup>1</sup>Казанский федеральный университет  
Уральское отделение РМО. <sup>2</sup>Институт геологии и геохимии УрО РАН, <sup>2</sup>Уральский  
государственный горный университет

## CRYSTAL CHEMICAL FEATURES OF LAZURITE DEPOSITS IN CENTRAL ASIA ACCORDING TO EPR SPECTROSCOPY DATA

**Nikolaev A.G.<sup>1</sup>([anatolij-nikolaev@yandex.ru](mailto:anatolij-nikolaev@yandex.ru)), Popov M.P.<sup>2</sup>,  
Khasanova N.M.<sup>1</sup>, Yagudina L.D.<sup>1</sup>, Nurieva E.M.<sup>1</sup>**

Kazan Branch. <sup>1</sup>Kazan (Volga Region) Federal University  
Ural branch RMO. <sup>2</sup>Institute of Geology and Geochemistry, <sup>2</sup>Ural State Mining University

Лазурит (от араб. lazaward или перс. lazward - синий камень) является одним из самых востребованных в мире ювелирно-поделочных камней; некоторые его месторождения разрабатываются уже более 6 тыс. лет и встречаются в разных странах: Афганистан, Таджикистан, Россия, Чили, США, Мьянма, Канада, Китай, Иран, Пакистан, Узбекистан. Лучшие образцы лазурита обладают насыщенным глубоким синим цветом, часто с вкраплениями пирита, а оправленные в золото лазуритовые кабошоны обладают неповторимой красотой. Лазурит формируется в скарпах в пределах метаморфических комплексов, включающих мраморы и сланцы с прослоями гнейсов, амфиболитов и кварцитов. Основным сопутствующим минералом лазурита является кальцит.

Цель настоящей работы состоит в выявлении с помощью электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) диагностического признака окраски лазурита ( $\text{Na}_7\text{Ca}(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})(\text{SO}_4)(\text{S}_3^-) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) и сопутствующего кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ) за счет элементов-примесей. Вторым признаком лазурита служит сохранность цвета после прокаливания; для этого исследования методом ЭПР производились до и после отжига проб при температуре 350°C в течение 30 минут в окислительной атмосфере.

С помощью ЭПР нами проанализированы образцы лазурита разной степени окраски из месторождений Афганистана, России и Таджикистана. Образец лазурита был взят для исследования из древнейшего месторождения Сары-Санг в долине р. Кокша (провинция Бадахшан, Афганистан). Сегодня афганский лазурит считается лучшим в мире и обладает самой насыщенной окраской. Другой образец был отобран из крупнейшего лазуритоносного района Российской Федерации - юго-западное Прибайкалье. Также для исследования был взят образец, который происходит из северной части Бадахшанской лазуритоносной провинции в Юго-Западном Памире (Таджикистан).

Получены численные значения концентрации синего хромофора примесного аниона как маркера основного носителя цвета в лазурите и как включения элементов-хромофора в сопутствующем кальците. Численные значения концентрации ионов  $\text{Mn}^{2+}$  в позиции Са в структуре кальцита указывают на метасоматоз, происходящий в лазурите и кальците. Прокаливание до 350°C свидетельствует о влиянии физико-химических условий метасоматоза на концентрацию синего хромофора.

По результатам проведенных исследований установлено (рис. 1), что для лазурита из месторождения Сары-Санг характерна широкая интенсивная линия радикала  $\text{S}_3^-$  (синий хромофор) в позиции аниона внутри каркаса (Платонов, 1987). Кальцит представлен здесь чистейшим беспримесным минералом. Отжиг проб сопровождается увеличением интенсивности ЭПР радикала и усилением окраски лазурита, что говорит о тесном микросрастании лазурита и кальцита. Для данного образца выявлена корреляция

интенсивности сигнала ЭПР радикала  $S_3^-$  в позиции аниона лазурита и цветовой глубины. Лазурит образца из Прибайкалья не прорастает в сопутствующий кальцит и легко разделяется. Кальцит не подвержен выщелачиванию, встречается также новообразованный кальцит. В образце лазурит и кальцит из Таджикистана они взаимно прорастают друг в друга, а отжиг при  $350^\circ\text{C}$  практически не влияет на голубизну цвета лазурита. Отсюда, следовая концентрация радикала  $S_3^-$  в позиции аниона внутри каркаса лазурита из месторождений России и Таджикистана отвечает слабой голубовато-синей окраске данных образцов. Появление ионов  $Mn^{2+}$  в позиции  $Ca^{2+}$  в структуре кальцита свидетельствует о кристаллизации карбонатов на последних стадиях метасоматоза.

Таким образом, в ходе проведенных исследований минералов из лазуритовых месторождений Центральной Азии выявлено, что по линиям сигнала ЭПР марганца и сульфидного радикала  $S_3^-$  четко выделяется месторождение Сары-Санг. Для образцов из 2-х других месторождений получены сходные сигналы ЭПР и ростовые условия. Проведенные исследования позволяют с помощью метода ЭПР определять качество лазуритового сырья и его принадлежность к определенным месторождениям, что помогает провести минералогическую экспертизу.

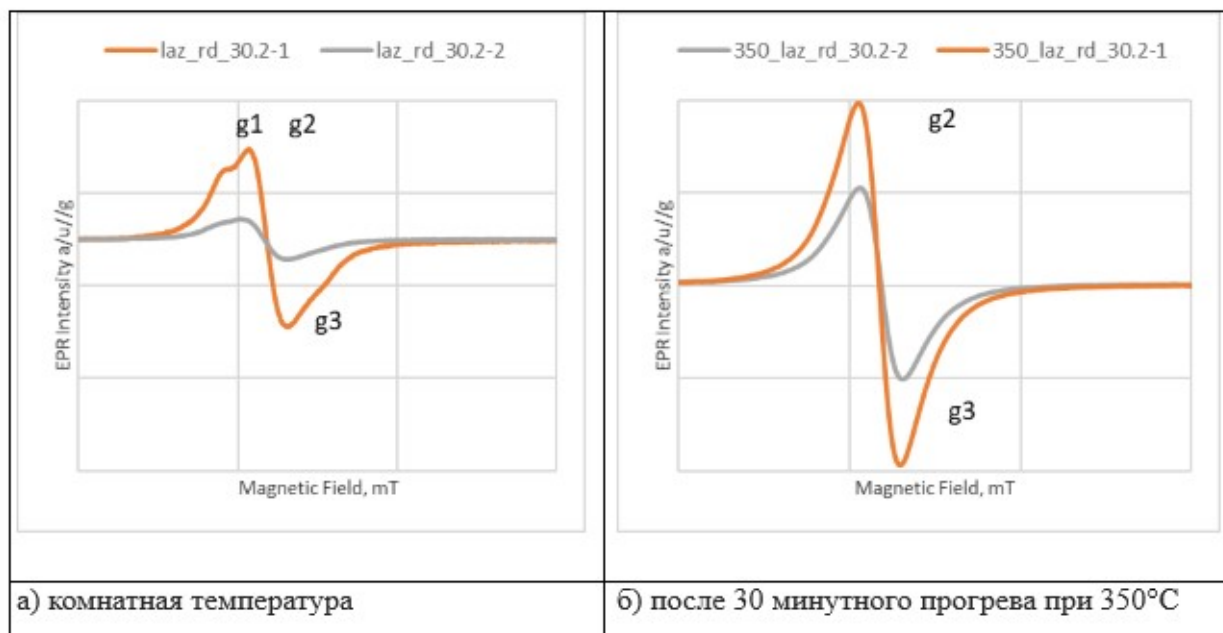


Рисунок 1. ЭПР  $S_3^-$  радикала в структуре лазурита (Laz\_2\_1) и в сопутствующем минерале бесцветного кальцита  $CaCO_3$  ( $CaCO_3_2-2$ ) из месторождения Сары-Санг (Афганистан): а) до прогрева; б) после 30 минутного прогрева при  $350^\circ\text{C}$  и охлаждения до комнатной температуры.

### Список литературы

- Платонов А.Н. Природа окраски минералов. Киев. Изд-во Наукова думка, 1976. 264 с.  
 Платонов А.Н., Таран М.Н., Балицкий В.С. Природа окраски самоцветов. М.: Изд-во «Недра», 1984. 196 с.