

СПЕКТРОСКОПИЯ СИНИХ ХРОМОФОРОВ  $S_3^{\bullet-}$  и  $(CO_3)^{\bullet-}$  В МИНЕРАЛАХ

Шендрик Р.Ю.<sup>1</sup>, Канева Е.В.<sup>1,2</sup>, Радомская Т.А.<sup>1,2</sup>, Богданов А.И.<sup>1</sup>, Сапожников А.Н.<sup>1</sup>, Чуканов Н.В.<sup>3</sup>,  
Логина П.С.<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия, r.shendrik@gmail.com

<sup>2</sup>Иркутский Национальный Исследовательский Университет, Иркутск, Россия

<sup>3</sup>Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, Россия

<sup>4</sup>Государственный минералогический музей им. А.В. Сидорова ИРНИТУ, Иркутск, Россия

В нашем мире преобладает синий цвет, поэтому неудивительно, что синий цвет предпочитали многие народы различных культур и на протяжении нескольких веков. Существует достаточно много механизмов синей окраски минералов. Она может быть вызвана как переходами с переносом заряда в примесных центрах переходных металлов (железа, титана, меди и хрома), так и радиационно-наведенными собственными дефектами в минералах.

В данной работе будет обсуждаться природа синей окраски микропористых алюмосиликатов содалита  $Na_4(Si_3Al_3)O_{12}Cl$ , лазурита  $Na_7Ca(Al_6Si_6O_{24})(SO_4)S_3^{\bullet-} \cdot nH_2O$  и канкринита  $(Na,Ca,\square)_8(Al_6Si_6)O_{24}(CO_3,SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ , а также силикатов с добавочным анионом  $CO_3^{\bullet-}$ : карлтонита  $KNa_4Ca_4Si_8O_{18}(CO_3)_4(OH) \cdot H_2O$ , фторкарлтонита  $KNa_4Ca_4Si_8O_{18}(CO_3)_4F \cdot H_2O$ , спуррита  $Ca_5(SiO_4)_2(CO_3)$  и тиллеита  $Ca_5Si_2O_7(CO_3)_2$ .

Для исследования окраски применялся комплексный подход, включающий в себя использование методов кристаллохимии, оптической и колебательной спектроскопии, а также изучение спектров электронного парамагнитного резонанса и теоретические неэмпирические квантово-химические расчеты. Применение такого комплексного подхода позволило окончательно установить природу окраски и утвердить неотип лазурита [Sapozhnikov et al., 2021; Chukanov et al., 2020]. Установлено, что в неотипе

лазурита преобладающим хромофором являются центры  $S_3^{\bullet-}$ , которые имеют максимум поглощения в области 600 нм, что и придает лазуриту насыщенный синий цвет.

С другой стороны, впервые был установлен одинаковый радиационный механизм окраски канкринита [Shendrik et al., 2021], карлтонита, фторкарлтонита, спуррита и тиллеита. Их синий цвет обусловлен наличием радиационно-наведенных дырочных радикалов  $(CO_3)^{\bullet-}$ . Показано, что такие центры образуются в результате распада экситонных возбуждений.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Ученого Совета ИРНИТУ № 15-РАН-2020.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Sapozhnikov A.N., Tauson V.L., Lipko S.V. et al. On the crystal chemistry of sulfur-rich lazurite, ideally  $Na_7Ca(Al_6Si_6O_{24})(SO_4)(S_3)^{\bullet-} \cdot nH_2O$  // American Mineralogist. 2021. V. 106. No. 2. P. 226–234.
2. Chukanov N.V., Sapozhnikov A.N., Shendrik R.Yu. et al. Spectroscopic and Crystal-Chemical Features of Sodalite-Group Minerals from Gem Lazurite Deposits // Minerals. 2020. V. 10. No. 11. P. 1042.
3. Shendrik R., Kaneva E., Radomskaya T. et al. Relationships between the Structural, Vibrational, and Optical Properties of Microporous Cancrinite // Crystals. 2021. V. 11. No. 3. P. 280.