

## ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ МИНЕРАЛОВ

Селезнева Н.В.<sup>1</sup>, Казанцев В.А.<sup>2</sup>, Баранов Н.В.<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, Екатеринбург, Россия<sup>2</sup> Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Как известно, температура является одним из основных термодинамических параметров, управляющих большинством геофизических процессов, приводит к изменению их скорости, направления и индуцирует различного рода фазовые превращения. Для получения знаний о тепловых характеристиках вещества Земли в большинстве случаев приходится прибегать к решению так называемых обратных задач, которые не всегда имеют однозначное решение [Петрунин, Попов, 2011]. Синтез минералоподобных соединений и исследование их тепловых характеристик является одним из способов оценки возможного поведения природных материалов при изменении температуры.

Нами проведен синтез и рентгенографическая аттестация халькогенидов переходных металлов с общей формулой  $M_{1-z}Ch$  ( $M$  – 3d метал,  $Ch$  – S, Se, Te) со структурой типа NiAs. Получен представительный экспериментальный материал о теплоемкости и тепловом расширении различных минералоподобных материалов. Данные о термическом изменении получены как из данных терморентгенографии и нейтронографии, так и дилатометрическим методом.

В частности, проведенные исследования тепловых свойств на монокристаллическом образце слоистого соединения  $Fe_7Se_8$ , являющегося селенидным аналогом пирротина ( $Fe_7S_8$ ) позволили установить основные закономерности поведения теплового расширения и теплоемкости при изменении температуры и выявить аномалии этих характеристик при структурных переходах, связанных с упорядочением вакансий, и при магнитных фазовых переходах, обусловленных магнитным упорядочением и спиновой переориентацией. Для выделения магнитного

и решеточного вкладов в теплоемкость соединения  $Fe_7Se_8$  проведено исследование теплоемкости парамагнитного изоструктурного аналога  $Co_7Se_8$ . Из сравнительного анализа данных определена температура Дебая для соединения  $Fe_7Se_8$ . Установлено, что тепловое расширение соединения  $Fe_7Se_8$  сильно анизотропно и демонстрирует несколько аномалий, связанных с фазовыми переходами различной природы при понижении температуры. Вблизи температуры спинового переориентационного фазового перехода  $T_{sr} \sim 115$  К в  $Fe_7Se_8$  выявлено существование гистерезиса, характерного для переходов первого рода.

Показано, что возникновение в  $Fe_7Se_8$  ферримагнитного порядка ниже 450 К сопровождается отрицательной объемной спонтанной магнитострикцией ( $\omega_s \sim -5.3 \cdot 10^{-3}$  при 120 К), что указывает на сильную зависимость обменных взаимодействий от межатомных расстояний [Mozgovykh et al., 2021]. Показано, что в случае  $Fe_7Se_8$  приложение одноосного давления перпендикулярно и параллельно плоскости слоёв должно приводить к разнонаправленному сдвигу критической температуры магнитного упорядочения.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ (грант № 22-13-00158).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петрунин Г.И., Попов В.Г. Теплофизические свойства вещества Земли. Учебное издание. Москва: Физический факультет МГУ, 2011. 68 с.
2. Mozgovykh S.N., Kazantsev V.A., Akramov D.F., Sherokalova E.M., Selezneva N.V., Baranov N.V. Thermal and magnetic properties of  $Fe_7Se_8$  studied on single crystals // J. Phys. Chem. Solids. 2023. V. 180. P. 111466.