

СТРУКТУРНЫЕ И КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФРАНЦИСИТА $\text{Cu}_3\text{Bi}(\text{SeO}_3)_2\text{O}_2\text{Cl}$ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Б. А. Абдурахимов^{1*}, А. В. Руткаускас¹, Г. С. Римский², С. Е. Кичанов¹, Е. В. Лукин¹,
Д. П. Козленко¹, Б. Н. Савенко¹

¹Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка, Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²ГО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению», Минск, Республика Беларусь

*E-mail: bekhzod@jinr.ru

В последние несколько десятилетий низкоразмерные магнитные материалы привлекают значительное внимание в экспериментальных и теоретических исследованиях. Было обнаружено, что они проявляют такие физические явления, как сегнетоэлектричество, спиновая жидкость, а также свойства, присущие мультиферроикам. Это делает их перспективными для практического применения в спинтронике и квантовых вычислениях. К таким соединениям относятся материалы на основе $\text{Cu}_3R(\text{SeO}_3)_2\text{O}_2X$ (R – редкоземельный элемент, X – Cl, Br), которые называются франциситами. Они представляют собой геометрически фрустрированные спиновые системы со слоистыми магнитными конфигурациями. При температурах ниже $T_N \sim 26$ К возникает антиферромагнитное состояние, в котором ориентация спинов Cu^{2+} ферромагнитно расположена вдоль слоев кагоме, которые упорядочены антиферромагнитно друг с другом. Предполагается, что магнитные свойства франциситов можно объяснить наличием двух различных неэквивалентных ионов Cu^{2+} в кристаллической структуре, что вызывает фрустрацию, вызванную конкуренцией ферромагнитных $\text{Cu}-\text{O}-\text{Cu}$ ближайших соседей и антиферромагнитных $\text{Cu}-\text{O}-\text{O}-\text{Cu}$ следующих ближайших соседей обменных взаимодействий в слоях кагоме. В результате францисит является хорошим модельным соединением, где сильные корреляции между кристаллической структурой и физическими свойствами могут быть ключевым фактором в понимании сложных квантовых явлений в низкоразмерных магнитных материалах.

Следует отметить, что применение высокого давления может вызвать значительные изменения в кристаллической структуре материалов. Недавно измерения намагниченности при низких давлениях до 1,3 ГПа показали увеличение температуры Нееля в $\text{Cu}_3R(\text{SeO}_3)_2\text{O}_2\text{Cl}$. Однако исследования кристаллической структуры францисита при высоких давлениях еще не проводились.

В нашей работе представлены результаты исследования соединения $\text{Cu}_3\text{Bi}(\text{SeO}_3)_2\text{O}_2\text{Cl}$ методами рентгеновской дифракции и рамановской спектроскопии в широком диапазоне давлений до ~ 18 ГПа при комнатной температуре. С помощью рентгеновской дифракции при высоком давлении был обнаружен кристаллический структурный переход от исходной орторомбической кристаллической структуры с пространственной группой $Pm\bar{m}n$ к пространственной группе $Pc\bar{m}n$ при давлении 5.5 ГПа. Для этой фазы кристаллической структуры были определены параметры решетки, длины связей и объемный модуль упругости. Результаты рамановской спектроскопии указывают на тот же кристаллический структурный переход под высоким давлением. Кроме того, спектры рамановских колебательных мод показывают значительные аномалии около 5 и 10 ГПа. Эти эффекты, вызванные давлением, также могут привести к изменениям магнитных свойств этого геометрически фрустрированного магнитного материала.