Проект

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета Д 004.003.01 при ИФМ УрО РАН на диссертационную работу ФИО соискателя «Название диссертации», представленную на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.04.11 ‑ Физика магнитных явлений (шифр специальности).

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

1. *Определены* компоненты тензора градиента электрического поля в месте расположения ядер 63,65Cu, 7Li и 23Na и значения магнитных моментов ионов меди Cu2+ в LiCu2O2 и NaCu2O2.
2. *Определены* спиновый и орбитальный вклады в сдвиги ЯМР и магнитную восприимчивость.
3. *Сделаны оценки* вкладов от отдельных ближайших соседних ионов Cu2+ в дипольные и наведенные сверхтонкие поля на ядрах ионов Cu+, Li+ и Na+.
4. *Выявлена* ненулевая степень ковалентности между ионами в LiCu2O2 и NaCu2O2. Установлено, что «немагнитные» ионы Cu+(1+δ) имеют отличную от нуля дырочную заселенность (δ ≈ 0.2) и, следовательно, имеют магнитные моменты. Данный результат позволяет говорить о возможности реализации в LiCu2O2 обменно - индуцированного механизма возникновения спонтанной электрической поляризации.
5. *Установлено*, что в парамагнитной фазе мультиферроика LiCu2O2 при понижении температуры в направлении оси **c** наблюдается значительное подавление спиновых флуктуаций, связанное с развитием двумерных корреляций ближнего порядка в плоскостях, содержащих Cu2+ моменты. Установлено, что максимум анизотропии флуктуаций достигается при *T* ≈ 150 К, при дальнейшем охлаждении LiCu2O2 до *T* ≈ *T*N = 24 K анизотропия флуктуаций исчезает. В случае купрата NaCu2O2 спектр спиновых флуктуаций остается изотропным во всем диапазоне температур.
6. *Установлена* пространственная ориентация спиновых спиралей в LiCu2O2 и NaCu2O2 в отсутствии внешнего магнитного поля и в полях *H*0 = 94 кЭ и 92.8 кЭ, соответственно. Обнаружено, что спиновые спирали в данных соединениях не лежат ни в одной из кристаллографических плоскостей *ab*, *bc* или *ac*. Плоскости спиралей параллельны только в цепочках, составляющих бислой –O–Cu2+–O–M– и –M–O–Cu2+–O–. Направления закручивания магнитных моментов в этих цепочках в NaCu2O2 – противоположны, а в LiCu2O2 – совпадают.
7. *Показано*, что внешнее магнитное поле, направленное вдоль оси **c** кристалла, практически не изменяет пространственной ориентации спиновых спиралей в цепочках Cu2+, а поле, направленное вдоль осей **a** и **b**, поворачивает плоскости спиновых спиралей, и ориентирует их нормаль **n** вдоль внешнего магнитного поля.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что** *полученные* данные об электронной и магнитной структуре магнетиков LiCu2O2 и NaCu2O2, а также о спиновой динамике в этих соединениях дополняют и развивают современные представления о таком важном классе объектов, как низкоразмерные купраты, содержащие цепочки спинов S=1/2, и могут быть использованы при построении теоретических моделей сегнетомагнетизма в низкоразмерных геликоидальных магнетиках.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что** *полученные* в работе сведения о конкретной пространственной ориентации спиновых спиралей в LiCu2O2 и NaCu2O2 в зависимости от величины и направления внешнего магнитного поля, о направлении закручивания магнитных моментов в Cu2+O2 цепочках, о слабом магнетизме ионов Cu+ могут быть использованы при исследованиях и разработке новых магнитоэлектрических материалов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- *экспериментальные результаты*, полученные с помощью различных широко апробированных методик, с использованием надежно аттестованных образцов, хорошо воспроизводимы; экспериментальные данные корректно обработаны; имеется совпадение ряда результатов измерений с данными, полученными другими исследователями.

- *выводы работы* не имеют принципиальных расхождений с имеющимися экспериментальными и теоретическими данными других исследователей;

- *теоретические результаты*моделирования данных ЯМР не противоречат современным научным представлениям о магнитных свойствах низкоразмерных систем с геликоидальным магнитным порядком.

**Личный вклад соискателя** состоит в участии в обсуждении цели и задач исследования, в получении и обсуждении результатов, изложенных в диссертации, в формулировке ее основных положений и выводов, в модернизации компьютерной программы симуляции спектров, в опубликовании полученных результатов. Автором лично выполнены все ЯМР/ЯКР измерения, представленные в диссертационной работе: запись спектров ЯМР в парамагнитной и магнитоупорядоченной фазах монокристаллов LiCu2O2 и NaCu2O2, измерения температурных зависимостей сдвигов ЯМР, скоростей спин-решеточной релаксации. Автором лично проведена обработка, анализ и систематизация, полученного массива экспериментальных данных, промоделирован большой набор спектров ЯМР и ЯКР. Материал диссертации неоднократно докладывался автором лично на международных и отечественных конференциях в виде устных и стендовых докладов.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи установления типа магнитного упорядочения и верификации теоретических моделей сегнетомагнетизма в спиральных магнетиках LiCu2O2 и NaCu2O2и соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21.04.2016 г. № 335.

Доктор физ.-мат.наук Н.В. Баранов

Доктор физ.-мат.наук В.О. Васьковский

Доктор физ.-мат.наук А.Е. Ермаков