

Сведения о выполненных работах и  
полученных научных результатах в 2022 году

по проекту **«Независимое от генов *in situ* образование магнитных наночастиц соединений железа сульфатредуцирующими бактериями»**,  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 22-204-00601

Руководитель: Иккерт Ольга Павловна, канд. биол. наук

Синтезирован композит на основе наностержнеобразных кристаллитов грейгита ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) с адсорбированными наночастицами ферригидрита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Синтез осуществлен путем биоминерализации бактериальной стенки сульфатредуцирующего *Desulfovibrio sp. A2*. Фазовый состав синтезированного композита исследован методами порошковой рентгеновской и электронной дифракции, инфракрасной Фурье-спектроскопии, спектроскопии рентгеновского поглощения EXAFS и мессбауэровской спектроскопии. Данные магнитных измерений показали, что исследуемый образец содержит две магнитные фазы: многодоменный наностержнеобразный грейгит и сверхмалые наночастицы ферригидрита. Выявленная методом мессбауэровской спектроскопии постоянная атомная доля кристаллической фазы грейгита в интервале 4–300 К (~20 %) свидетельствует о блокировке магнитного момента наностержнеобразного  $\text{Fe}_3\text{S}_4$ . Показано, что кристаллиты  $\text{Fe}_3\text{S}_4$  в форме наностержней прочно магнитно связаны с адсорбированными наночастицами  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $E_{\text{int}} \sim 1200\text{кВ}$ ). Это существенно замедляет суперпарамагнитную релаксацию магнитных моментов наночастиц ферригидрита. Поэтому температура блокировки заметно возрастает и достигает, по данным мессбауэровской спектроскопии, значения  $T_B = 140\text{ К}$  (по магнитным измерениям  $T_B = 72\text{ К}$ ). Процессы суперпарамагнитной блокировки магнитных моментов наночастиц ферригидрита проявляются в эволюции магнитных свойств исследуемого образца (значительное увеличение коэрцитивной силы и остаточной намагниченности). В подтверждение данных мессбауэровской спектроскопии установлена достаточно высокая температура суперпарамагнитного блокирования, которая раскрывает эффект намагничивания наночастиц ферригидрита более крупными образованиями грейгита, аналогичный эффекту межчастичных магнитных взаимодействий.