

VI Международная научно-практическая конференция  
ГРАФЕН И РОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ:  
СИНТЕЗ, ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ  
(GRS-2025)



# ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ОКСИДА ГРАФЕНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО МАГНИТНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

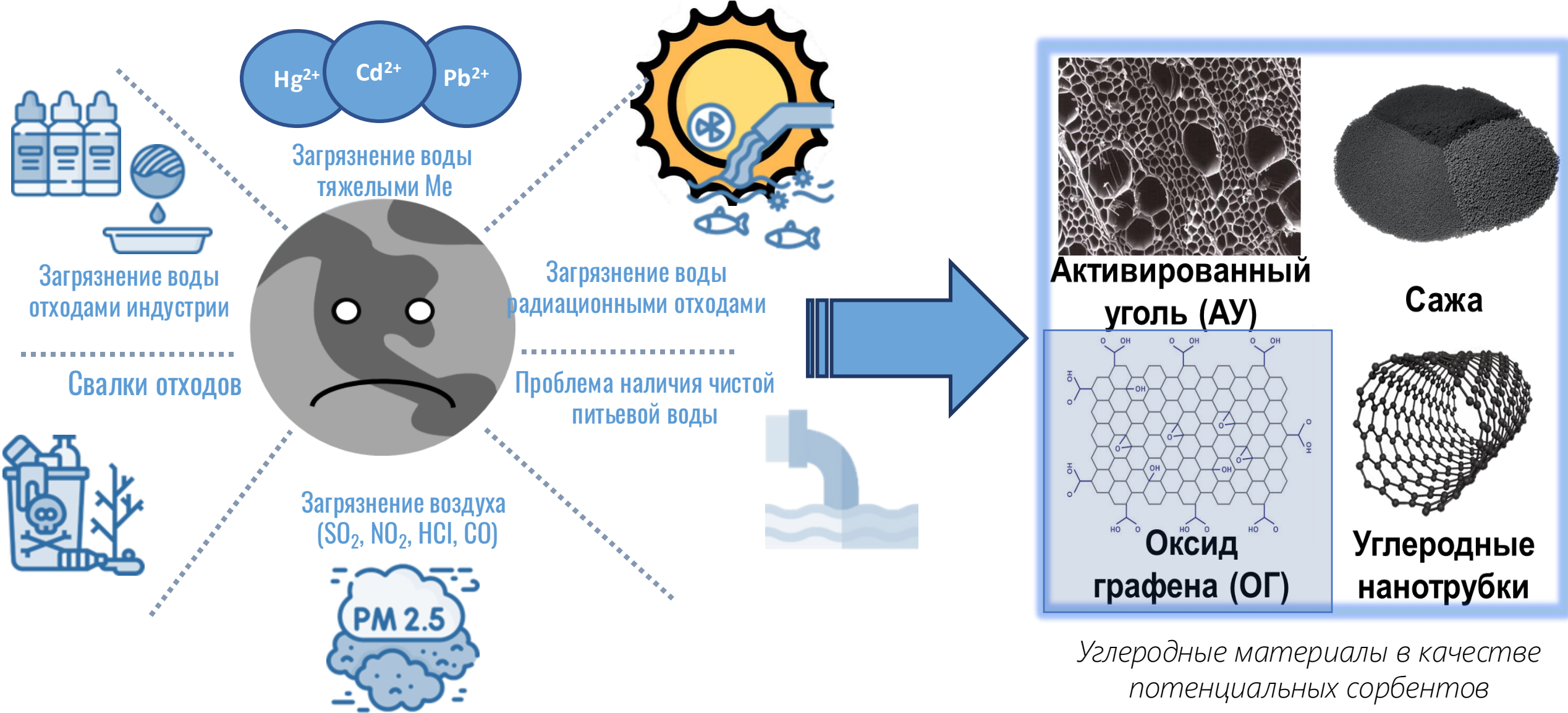
Ибрагимова В.Р.<sup>1,2</sup>, Иони Ю.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН,  
Москва, Россия

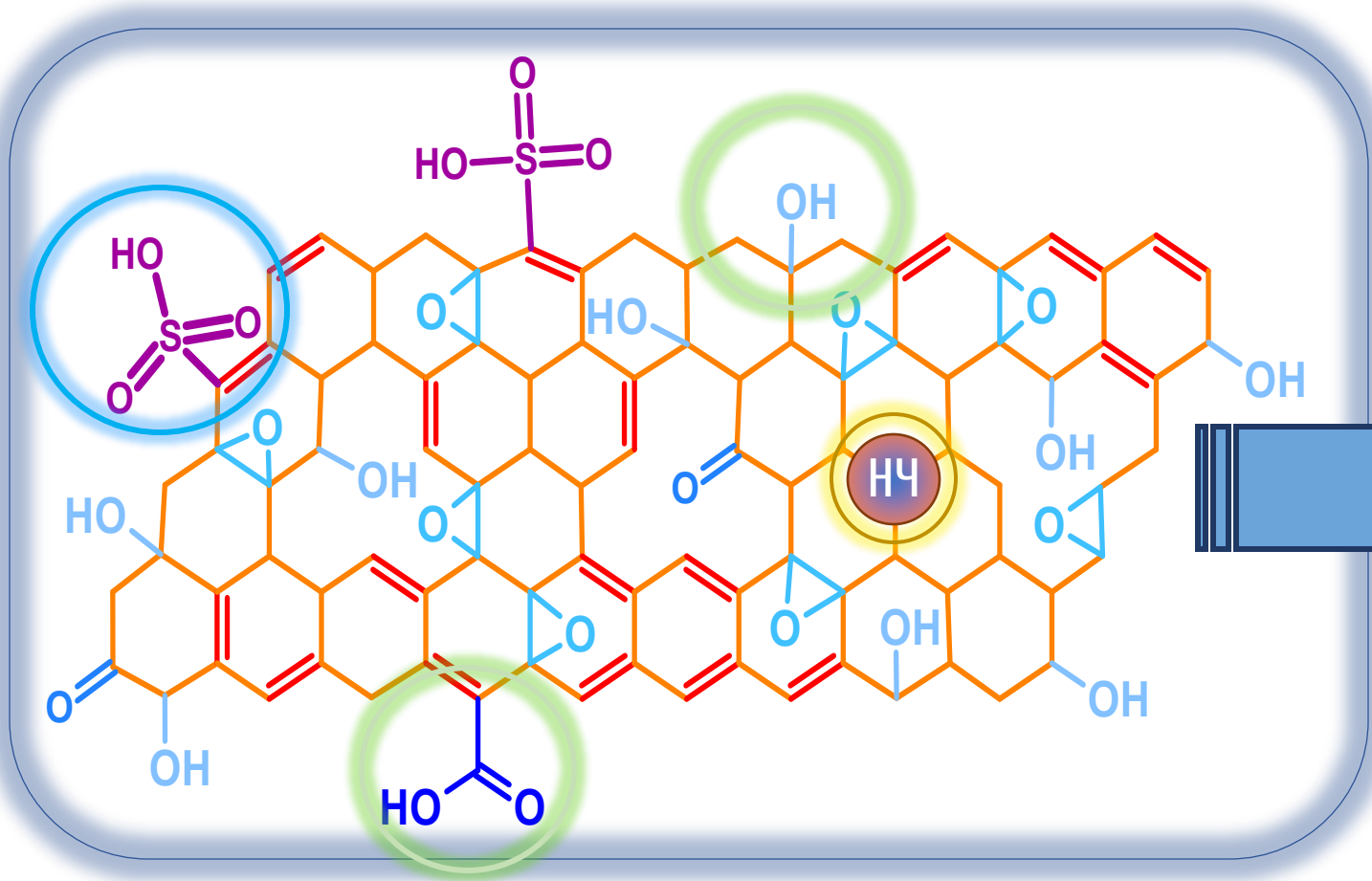
<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ФНМ,  
Москва, Россия

E-mail: vika.ibragimova.2002@bk.ru

# Актуальность исследования



# ОГ – универсальная подложка для создания сорбентов нового поколения



- Эффективная площадь поверхности ( $S_{\text{ВЕТ}} = 1.4 \text{ м}^2/\text{г}$ );
- Высокая адсорбционная способность;
- Гидрофильность;
- Возможность модификации поверхности

# Цель работы

---

*Изучение процессов поверхностной модификации оксида графена наночастицами магнетита при использовании метода совместного диспергирования.*

## Задачи:



Синтез ОГ и наночастиц (НЧ) магнетита и анализ структуры и свойств получившихся материалов;



Синтез композита  $\text{ОГ}@Fe_3O_4$  и анализ его структуры и свойств;



Проведение модельных сорбционных испытаний по поглощению красителя метиленового голубого (МГ);



Построение экспериментальных зависимостей и их аппроксимация согласно различным модельным уравнениям.

# Синтез исходных материалов



Схема синтеза ОГ по модифицированному методу Хаммерса

Увеличение степени окисленности



Универсальность  
метода



# Синтез исходных материалов

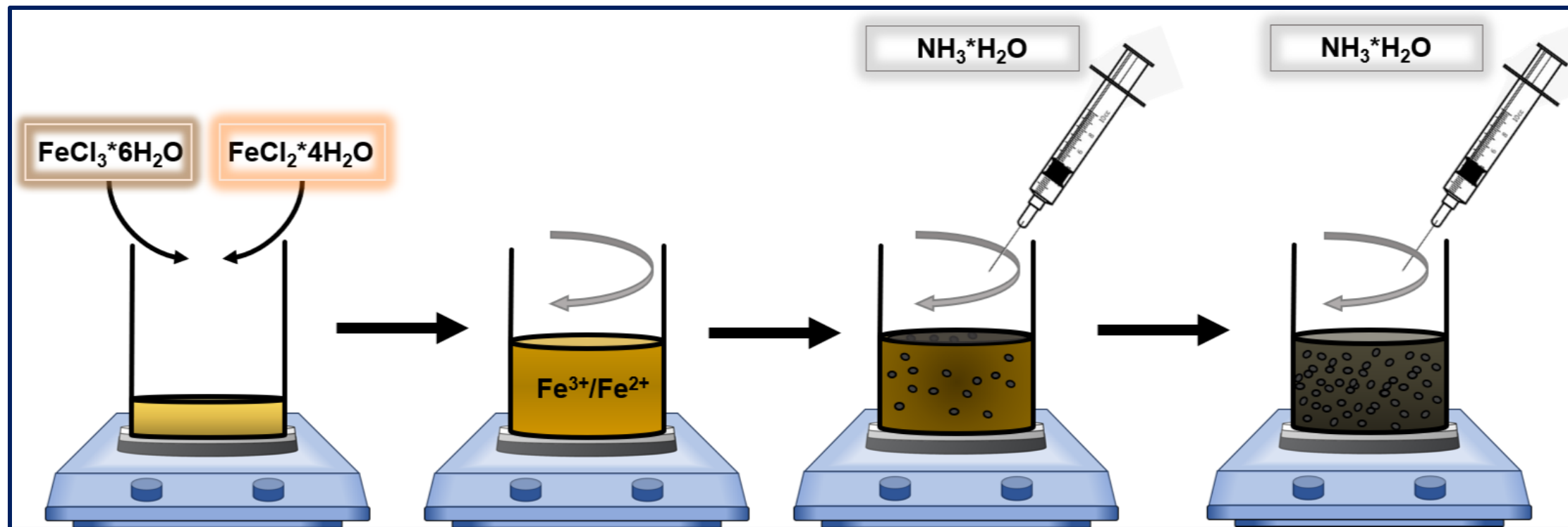


Схема синтеза НЧ магнетита по методу Массарта

Уравнение реакции:



# Синтез гибридного материала состава $\text{ОГ}@Fe_3O_4$

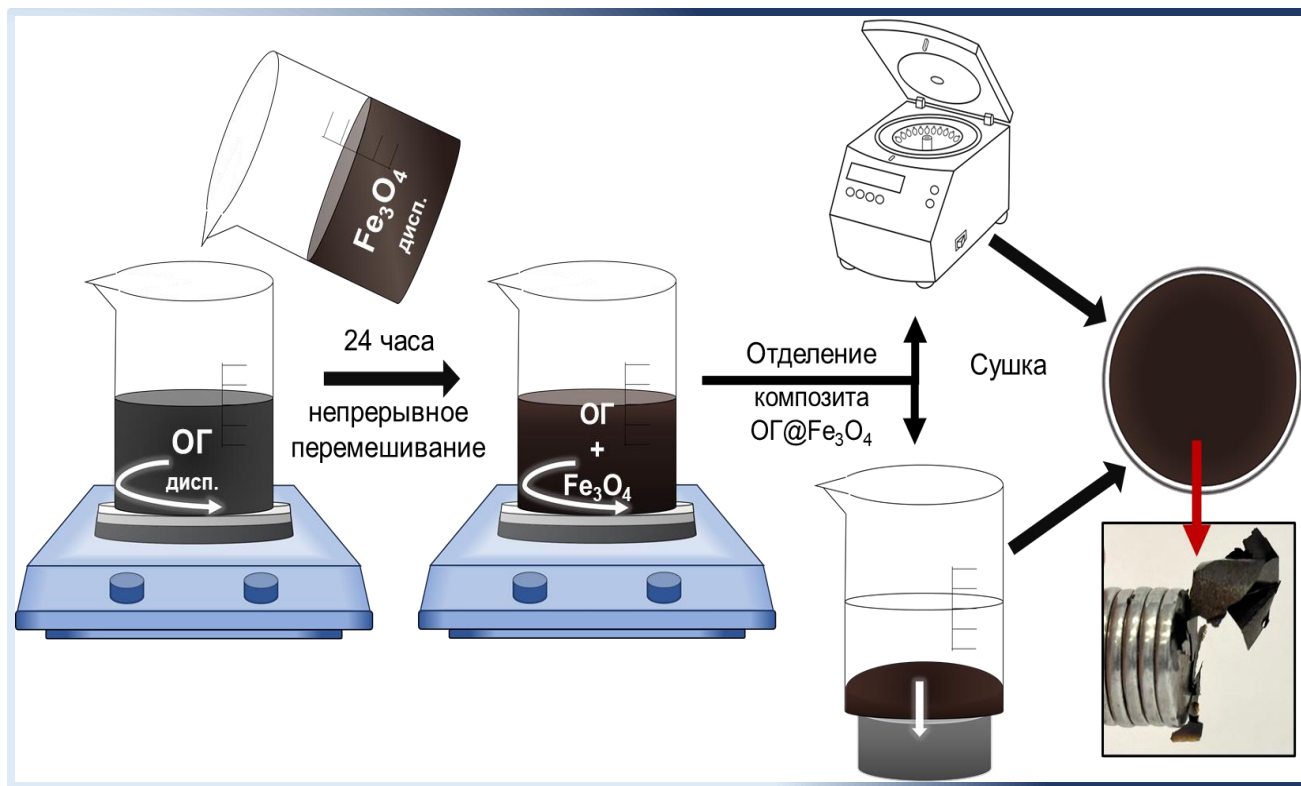
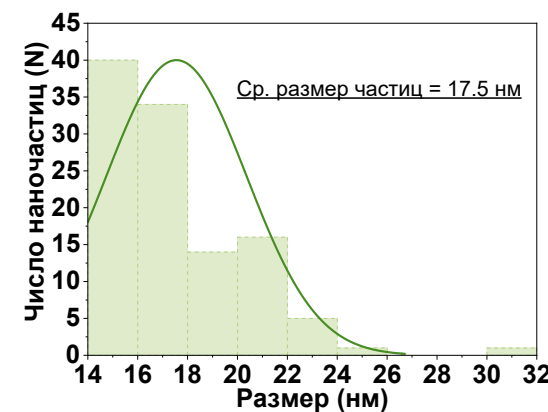
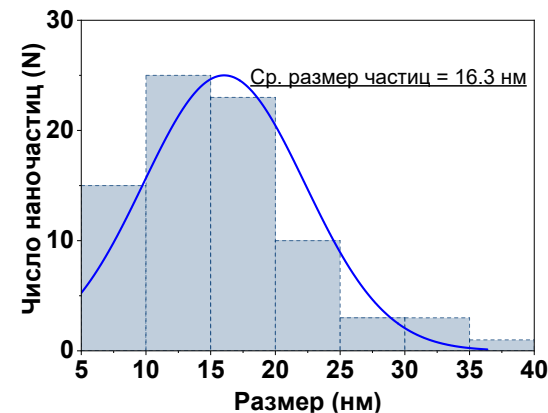
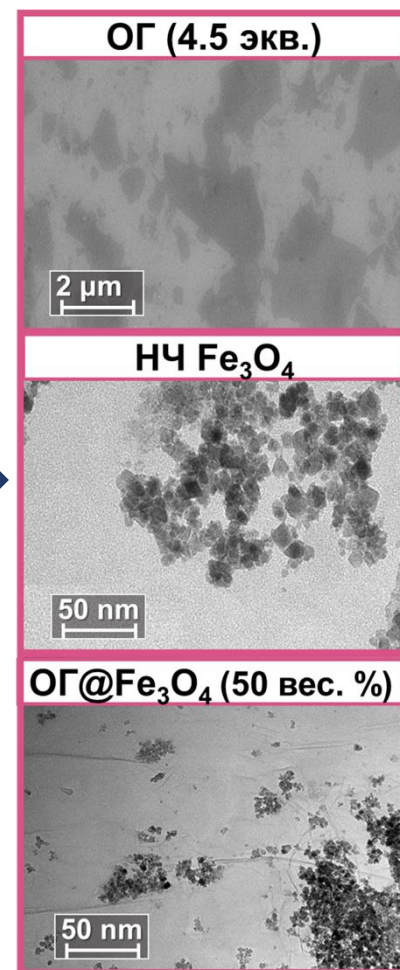
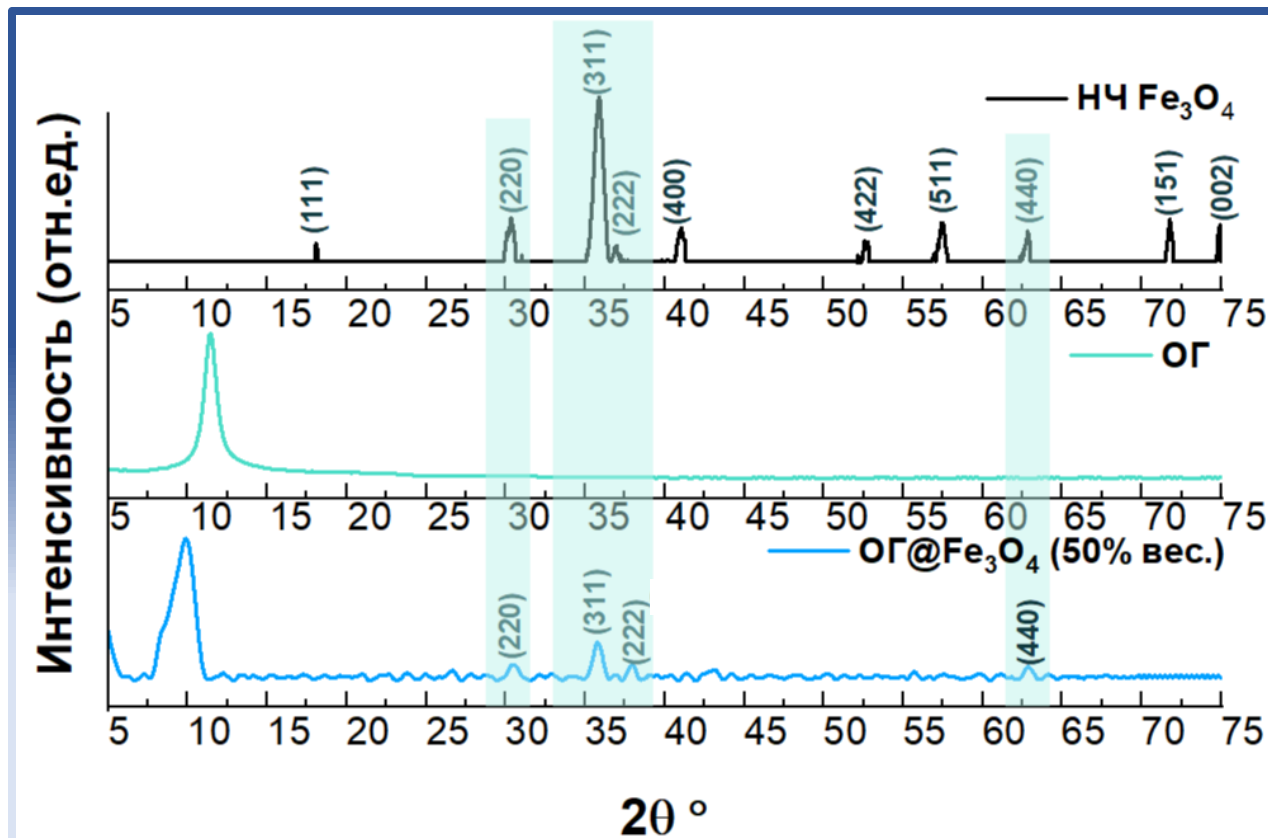


Схема совместного диспергирования для получения композита состава  $\text{ОГ}@Fe_3O_4$



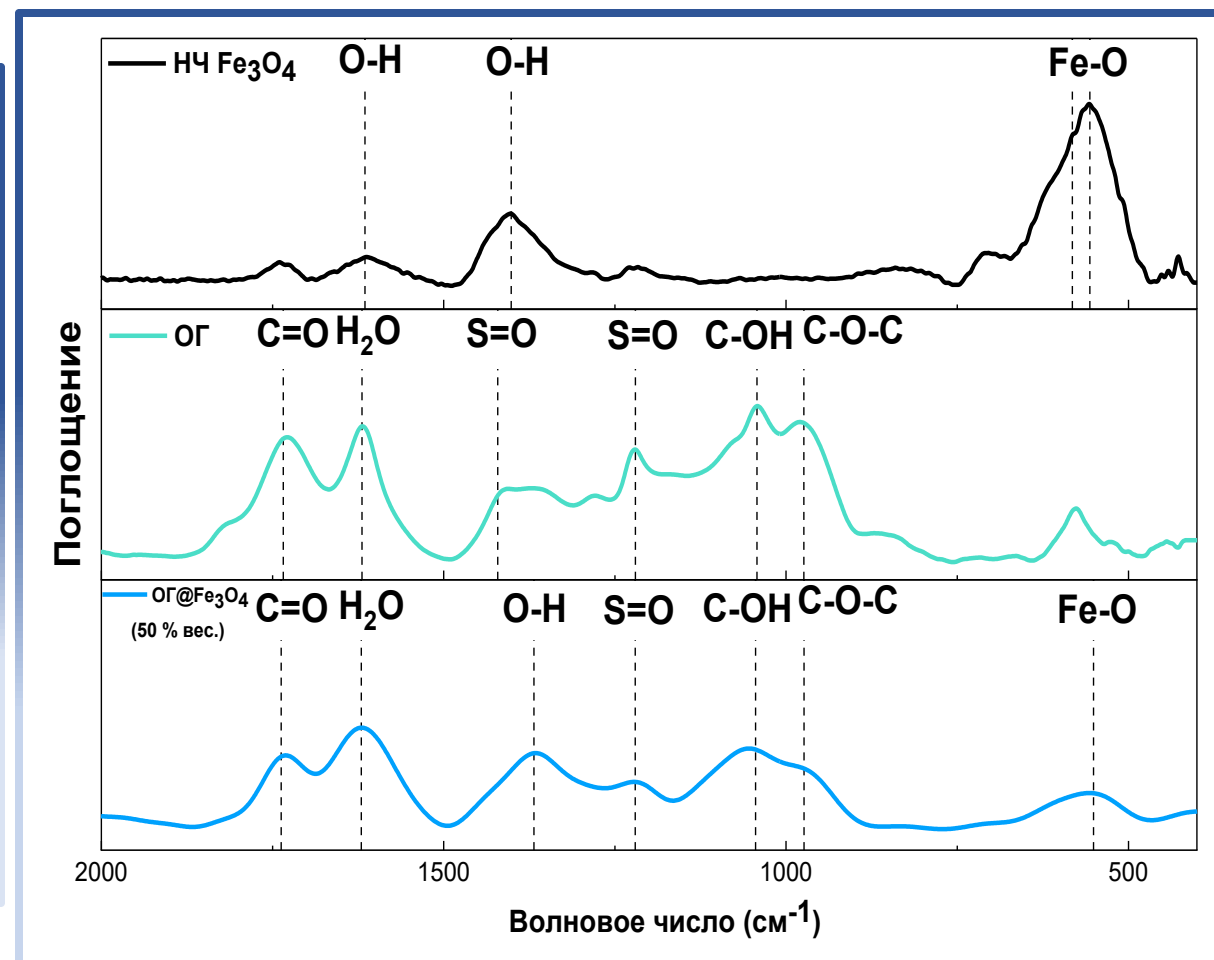
**Возможность варьировать содержание магнитной фазы**

# Исследование структуры полученных материалов



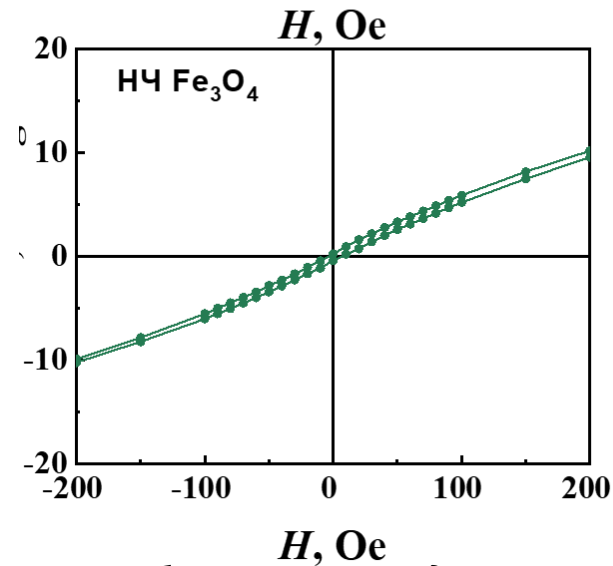
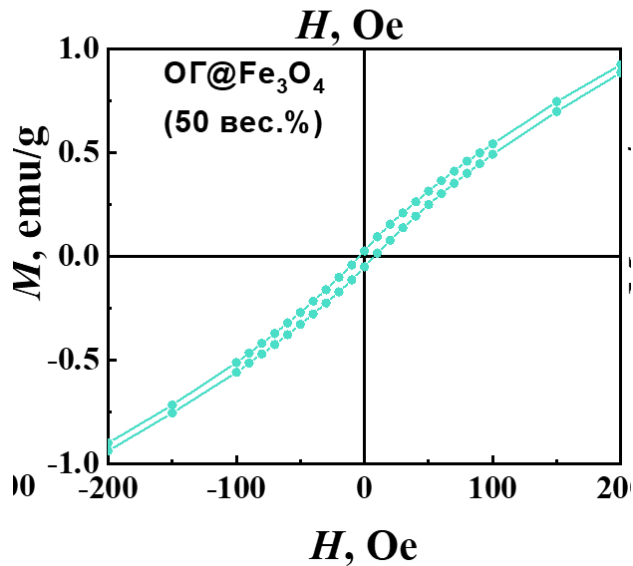
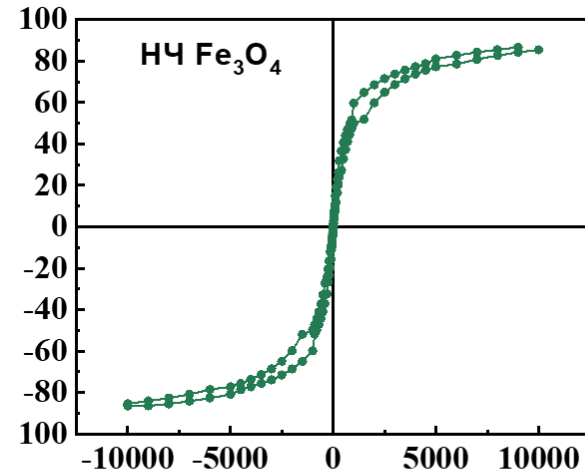
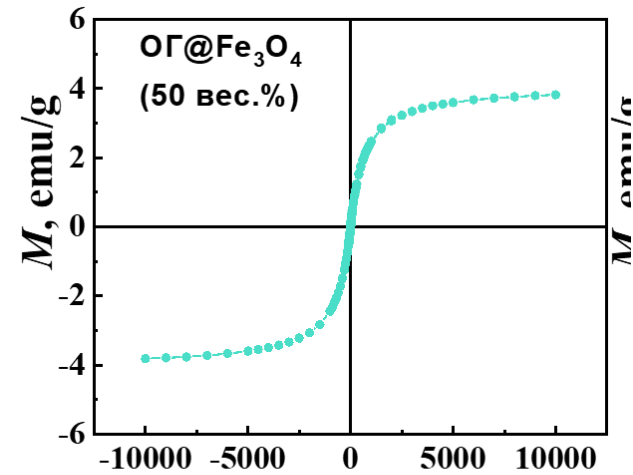
Дифрактограммы исходных материалов и композитов

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  (ICCD PDF[96-101-0370])



ИК-спектры исходных материалов и композитов

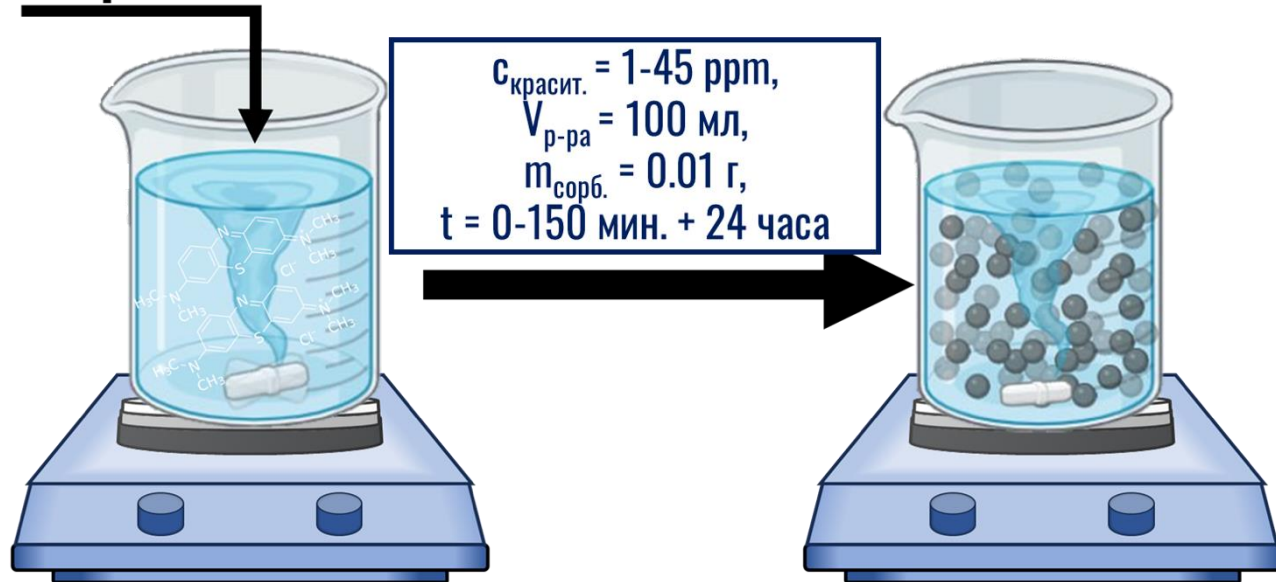




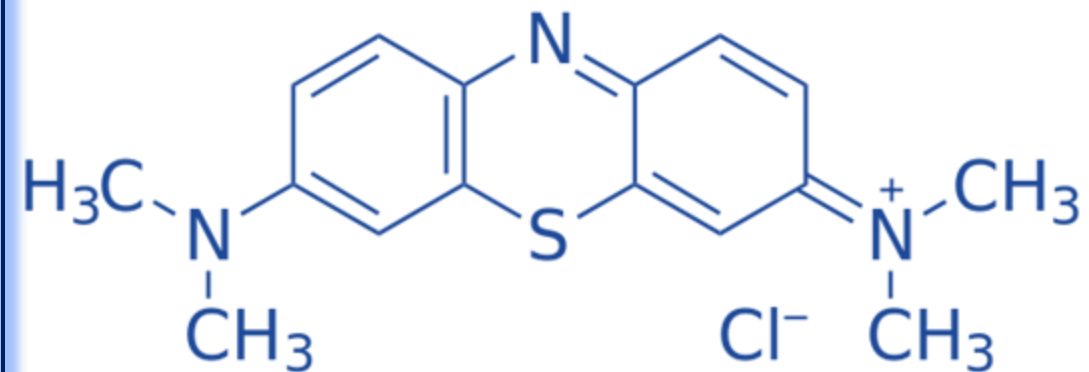
Полевые зависимости магнитных моментов образцов исходных НЧ магнетита и композита

# Условия сорбционных экспериментов

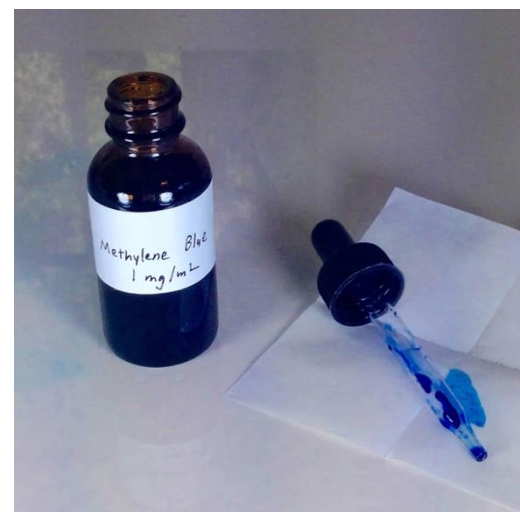
Сорбенты



Исследуемый краситель



*Катионный краситель метиленовый голубой (МГ)*



# Исследование сорбционной способности магнитных сорбентов по отношению к МГ

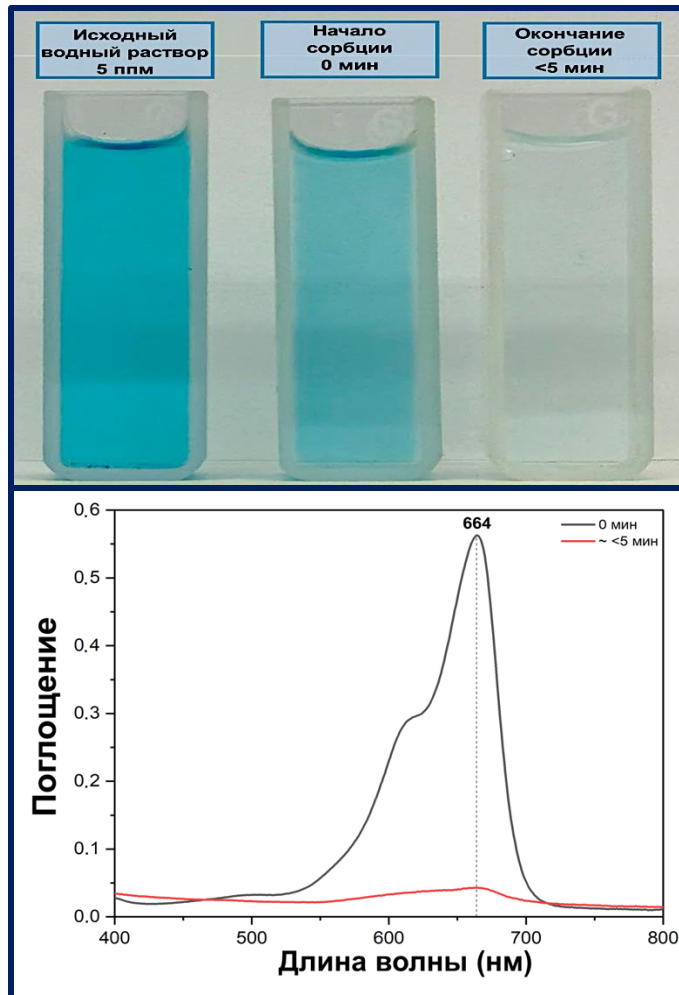


Фото кювет и спектры поглощения МГ с концентрацией 5 ppm композитом  $\text{ОГ@Fe}_3\text{O}_4$

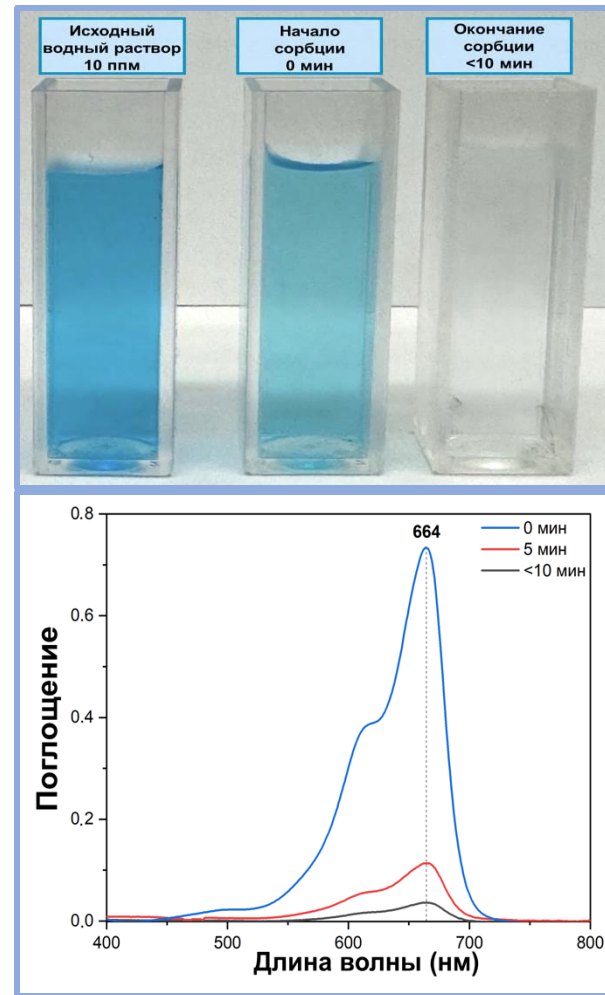
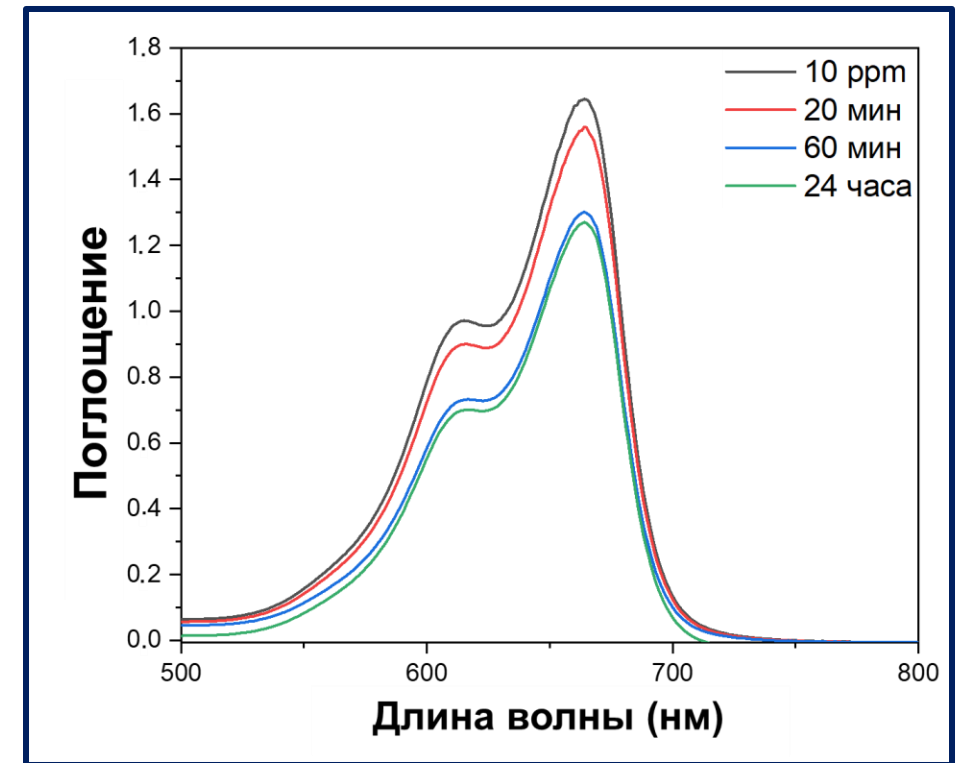
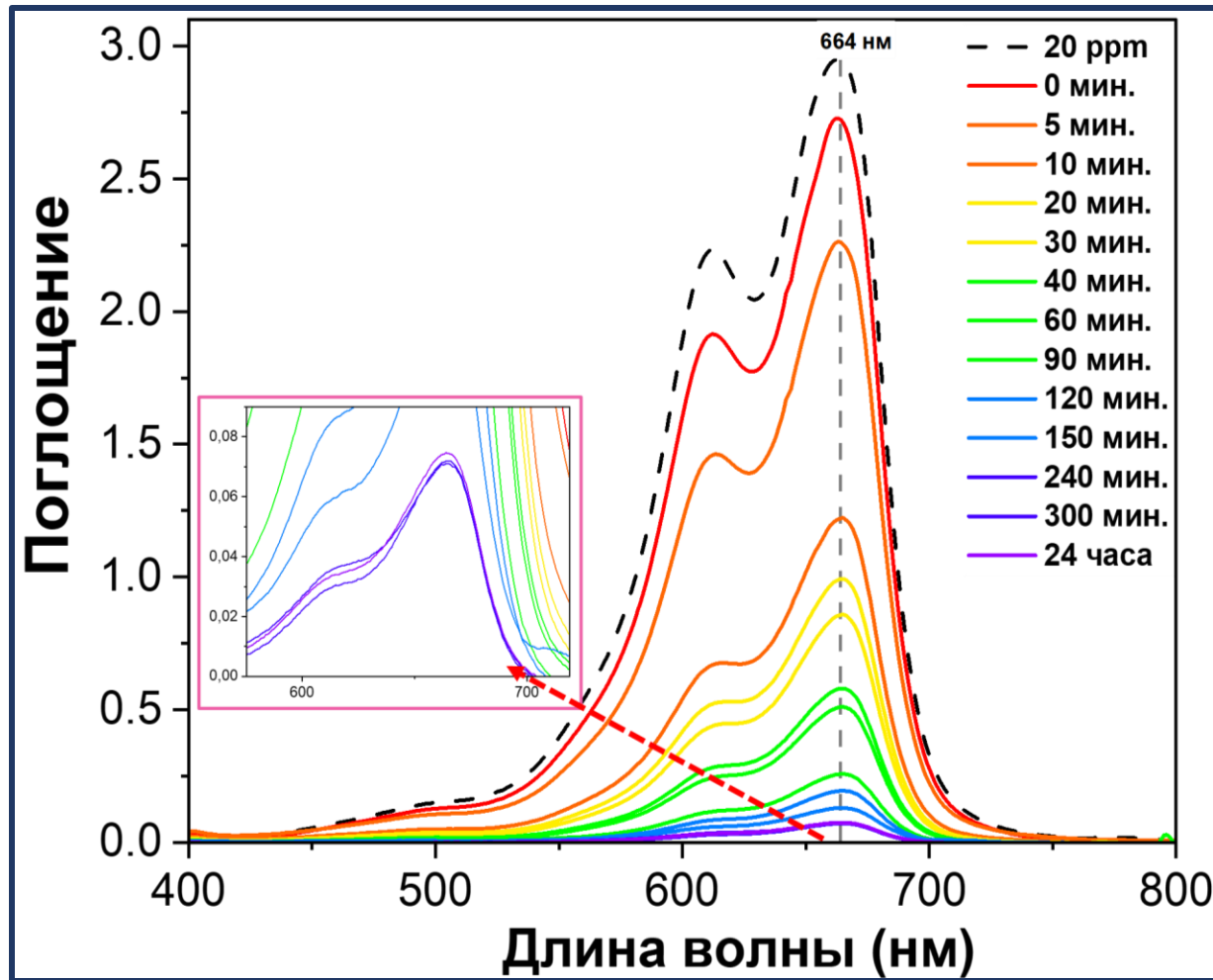


Фото кювет и спектры поглощения МГ с концентрацией 10 ppm композитом  $\text{ОГ@Fe}_3\text{O}_4$

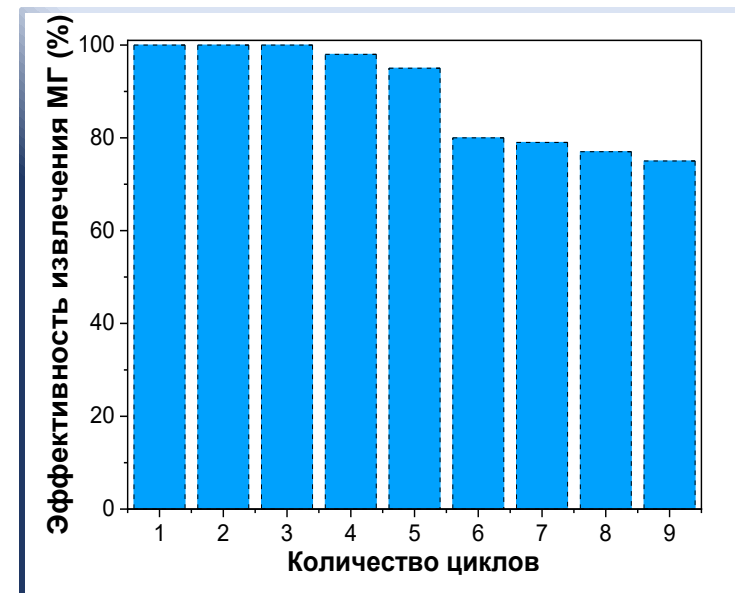
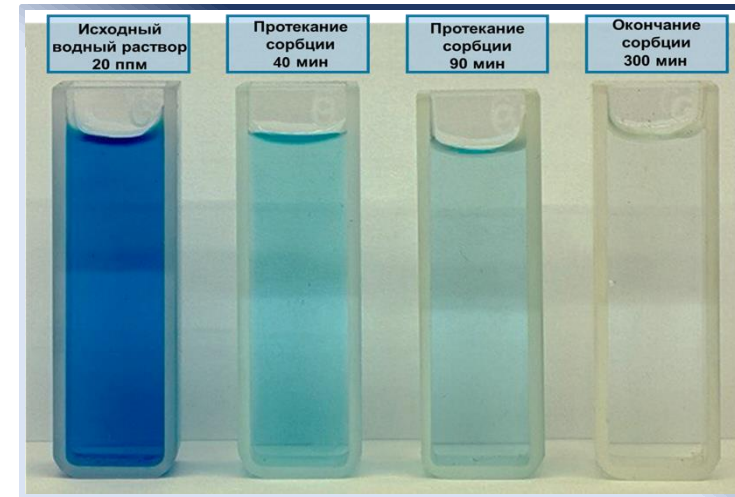


Спектры поглощения растворов МГ (10 ppm) до и после сорбции НЧ  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

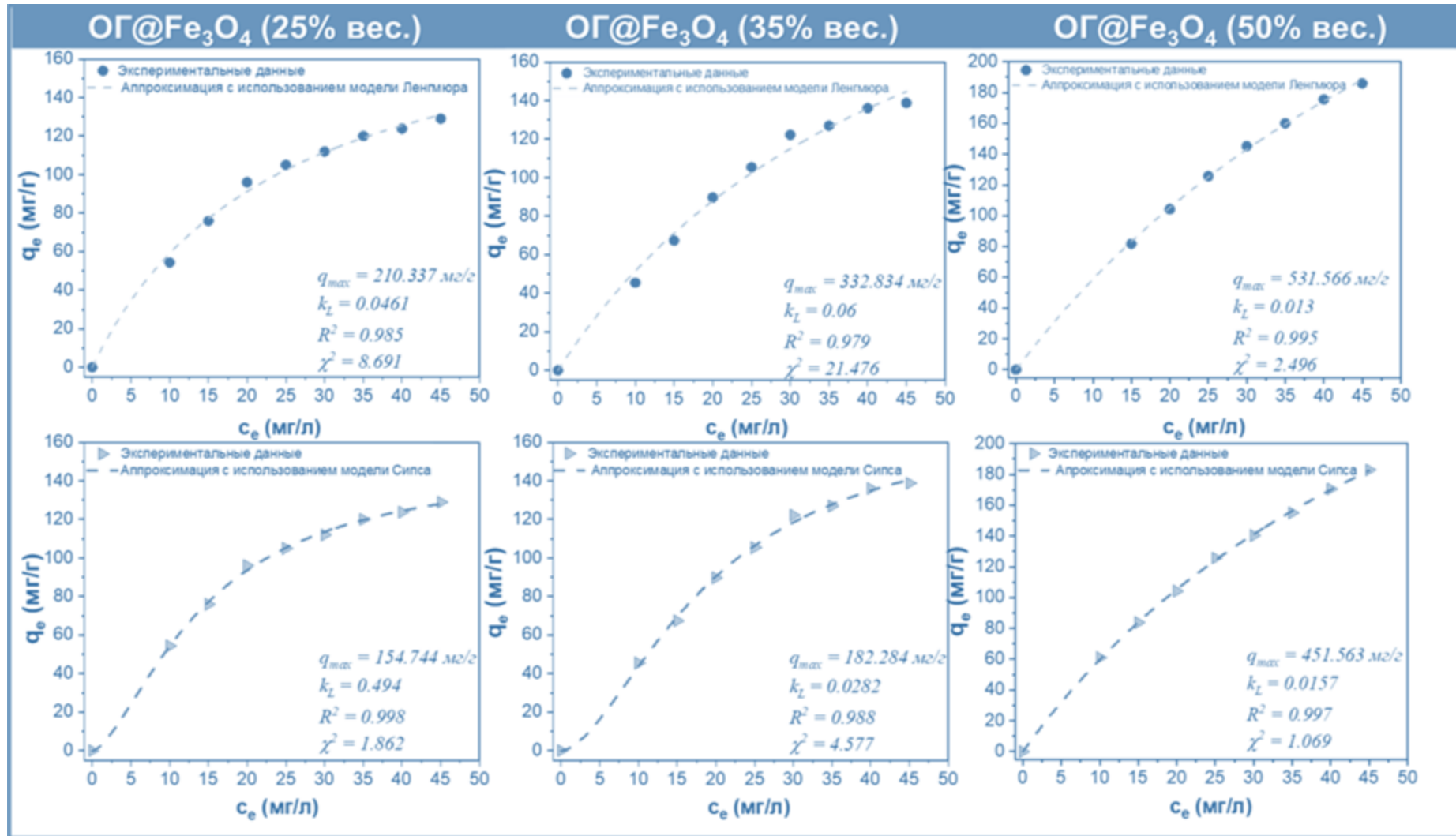
# Исследование сорбционной способности магнитных сорбентов по отношению к МГ



Спектры поглощения МГ с концентрацией 20 ppm  
композитом ОГ@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (50 % вес.)



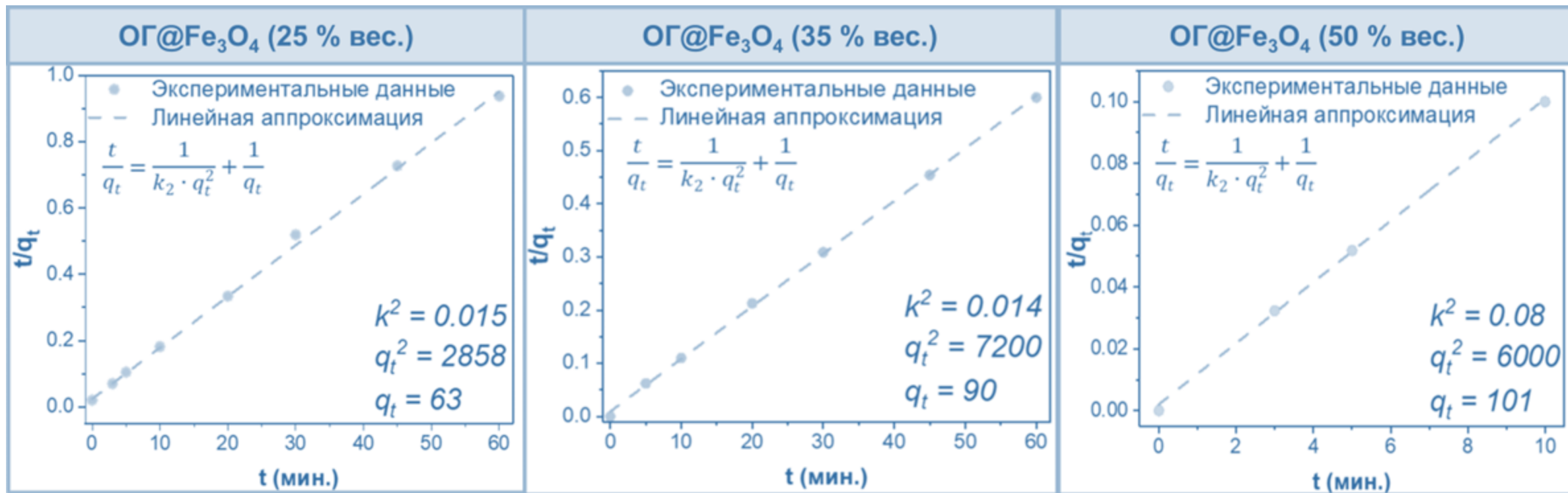
# Исследование сорбционной способности магнитных сорбентов



Экспериментальные данные, аппроксимированные по моделям Ленгмюра и Сипса



# Исследование сорбционной способности магнитных сорбентов



Экспериментальные данные, соотнесенные с уравнением кинетики псевдо-второго порядка

**Удаление красителя из раствора происходит монослоем ОГ за счет наличия функциональных групп.**

# Выводы

---



Модифицированным методом Хаммерса синтезирован и охарактеризован оксид графена. По методике Массарта синтезированы наночастицы магнетита с размером 15-20 нм;



Методом совместного диспергирования получены магнитные сорбционные материалы состава  $\text{ОГ}@Fe_3O_4$ . Полученные образцы комплексно охарактеризованы РФА, ИК-спектроскопия, СЭМ, ПЭМ;



Образцы были апробированы в модельных экспериментах по извлечению МГ из водных растворов с различной концентрацией и в рецикле.



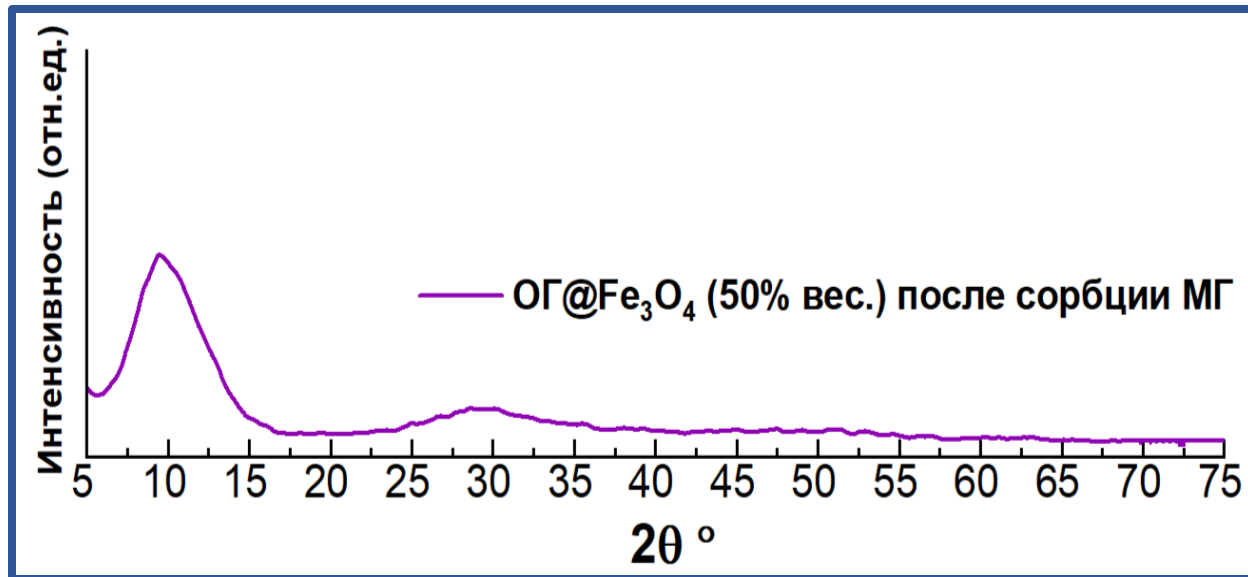
Получены экспериментальные изотермы адсорбции, поведение которых можно описать с использованием уравнений Ленгмюра (нелинейная форма) и Сипса;



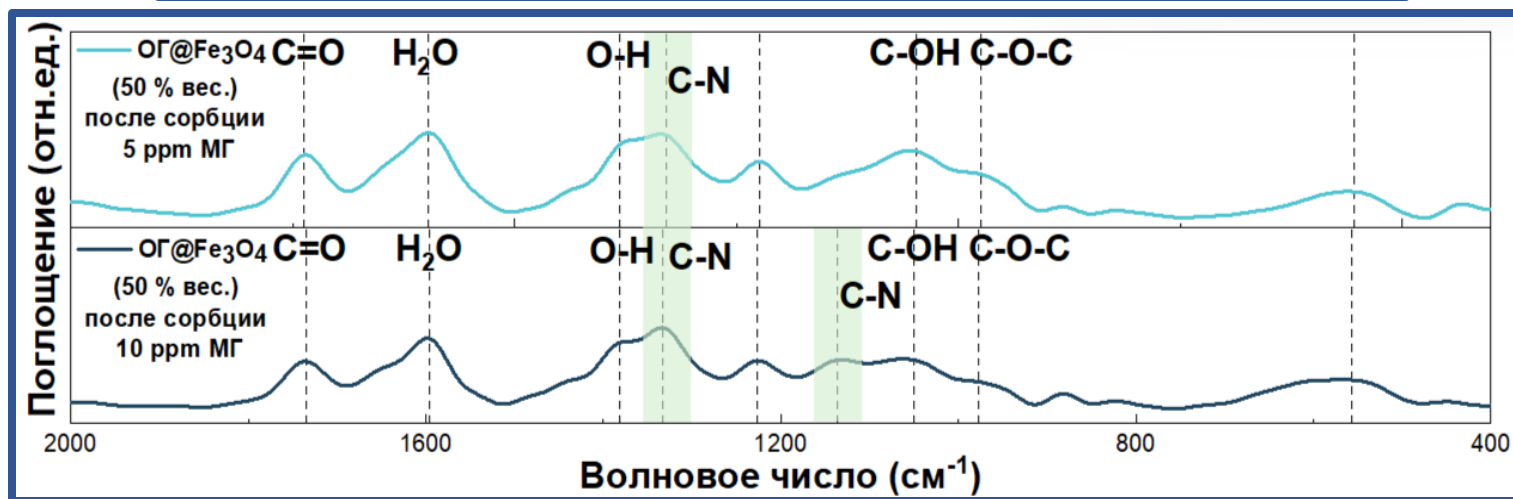
Композит, за счет отклика на приложенное магнитное поле, легко выводится из водного раствора, без применения дополнительных стадий фильтрации или центрифугирования.

**Спасибо за внимание!**

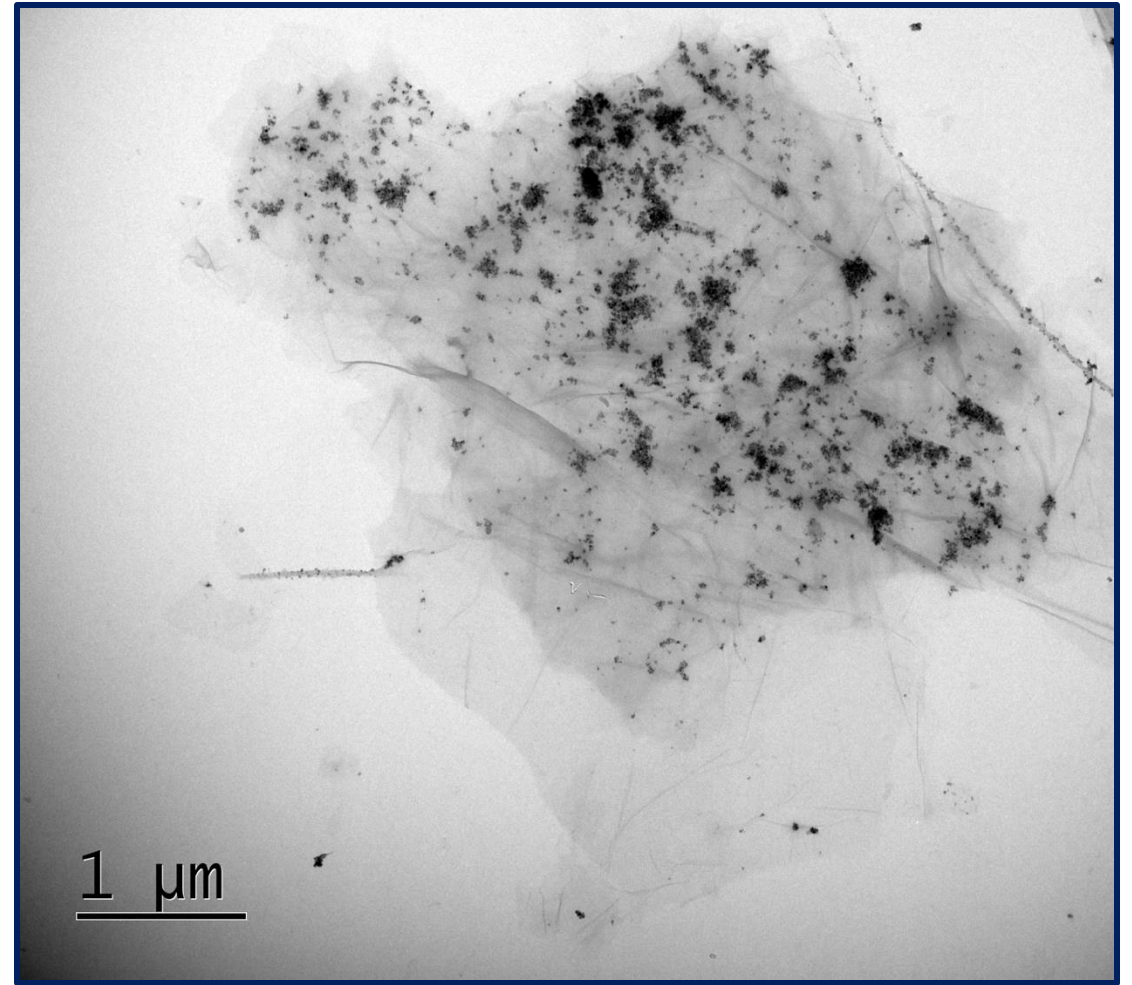
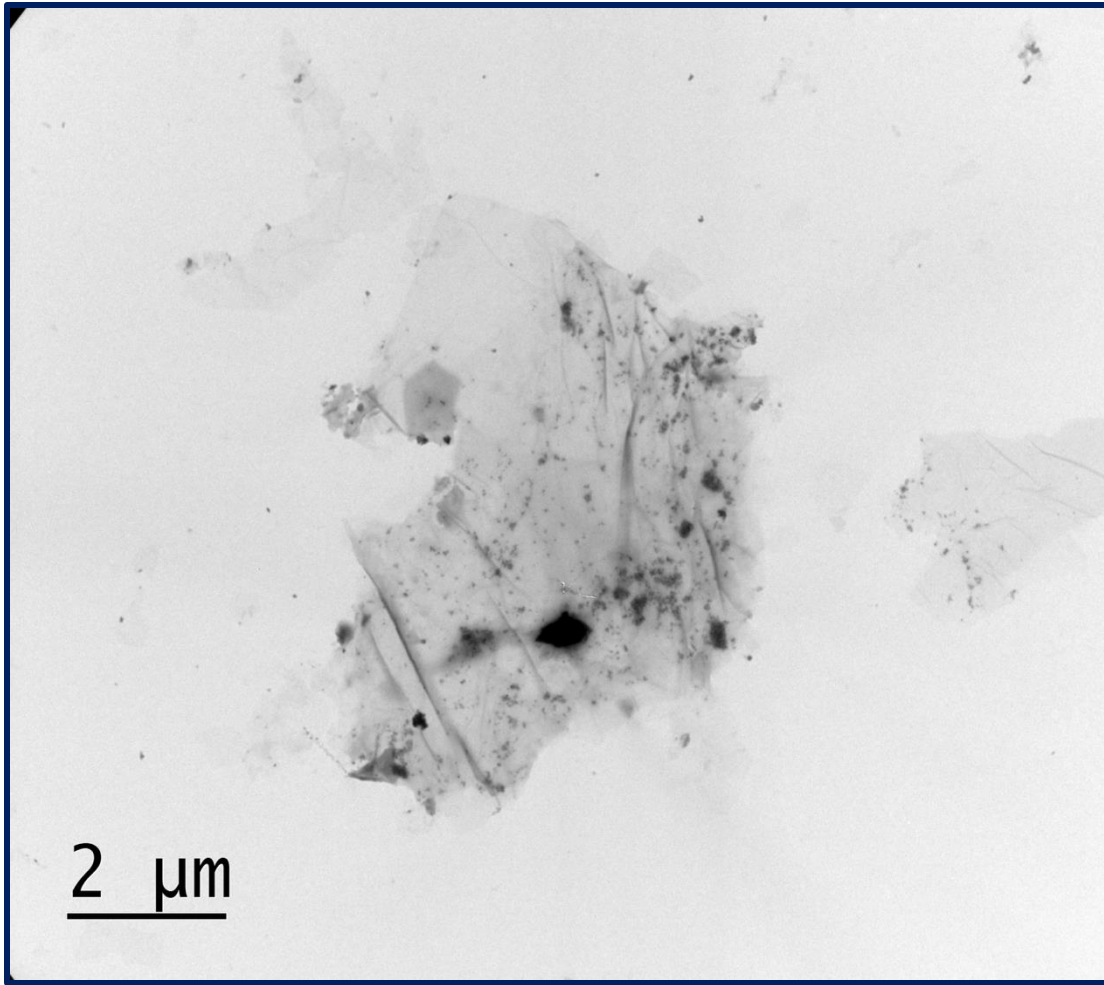
# Приложение



Дифрактограмма композиционного материала после сорбции МГ



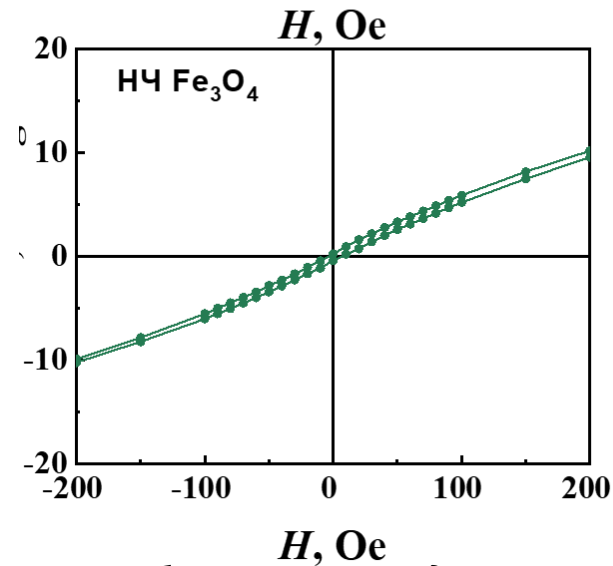
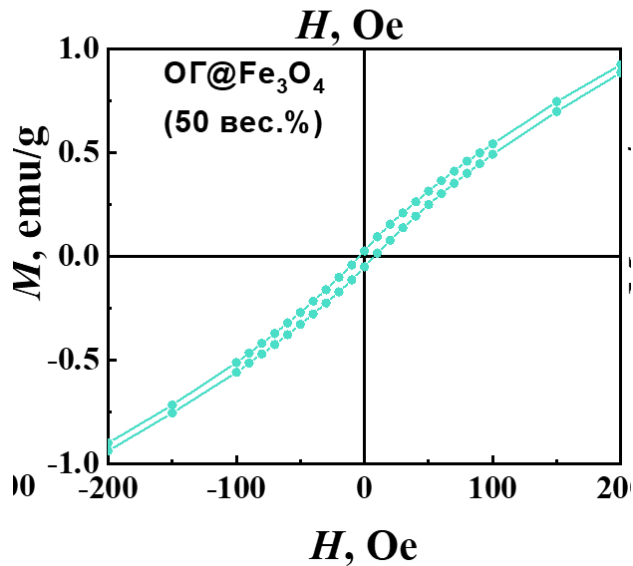
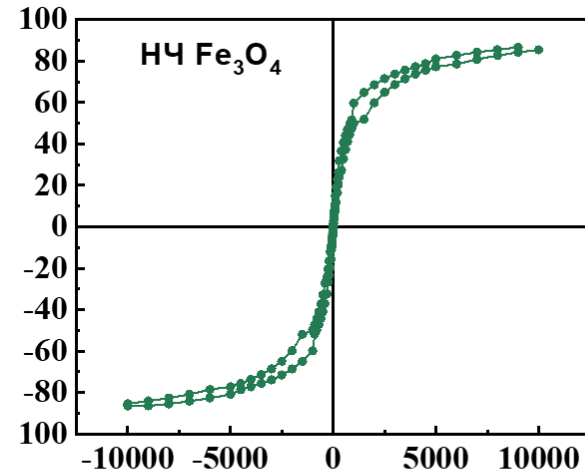
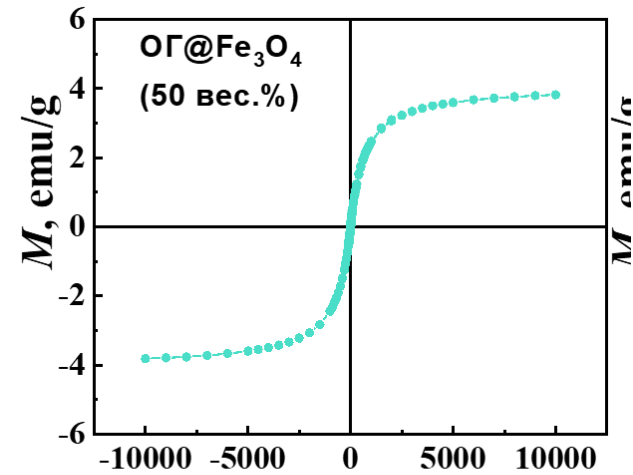
ИК-спектры композиционных материалов после сорбции МГ (5 ppm, 10 ppm)



*ПЭМ-изображения композитов на основе ОГ соотношением магнитной фазы: 50% вес.*

---





Полевые зависимости магнитных моментов образцов исходных НЧ магнетита и композита