

Магистерская диссертация
на соискание степени магистра физико-
математических наук

*Модификация
магнитных свойств и
ближнего порядка в
нанокompозитах
 $FeCoZr-Al_2O_3$ в результате
гидрогенизации*

*Соискатель: магистрант Ю.В. Касюк
Научный руководитель: к. ф.-м. н. Ю.А. Федотова*

Минск, БГУ, 2009

Содержание

Актуальность проблемы

Цель работы

Объект исследования, методика его синтеза и обработки

Научная гипотеза

Методики исследования

Результаты исследований

Концентрационные профили композитов

ЯГР-спектры образцов различного состава до и после гидрогенизации

Индукционная магнитометрия

Фазовые контрасты образцов

Научная новизна

Положения выносимые на защиту

Актуальность проблемы

Создание сенсоров магнитного поля

- ✓ Гранулированные *нанокомпозиты металл-диэлектрик* проявляют экстремальные характеристики в области перколяционного перехода ($\sim Me_{50} D_{50}$)
- ✓ Необходимость создания образцов с перколяционной конфигурацией
- ✓ Использование контролируемого внедрения примеси в качестве средства варьирования порога перколяции



Цель работы:

- ✓ Выявление влияния гидрогенизации на структуру и магнитные свойства нанокompозитов $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ ($x=38-63$ ат.%), синтезированных в атмосфере аргона

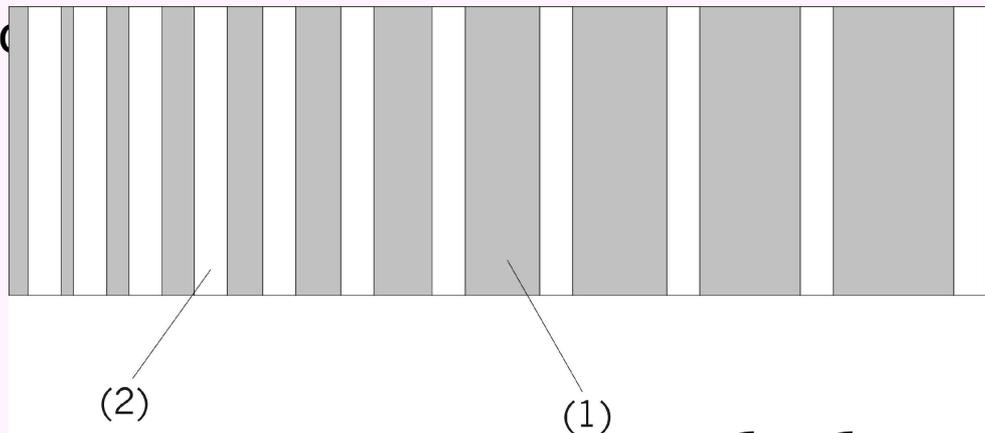


Объект исследования, методика его синтеза и обработки

- ✓ Для получения **нанокомпозита**
 $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$
был применен метод ионно-лучевого распыления составных мишеней:

1-металлический сплав

2-пласт



- ✓ Гидрогенизация - ионно-лучевая обработка образцов при $350 \pm 25^\circ\text{C}$
- 40 мин – первый этап;
 - 40+50 мин – второй этап.



Научная гипотеза

- Инертная примесь, внедренная в исследуемый композиционный материал методом гидрогенизации, может оказывать существенное влияние на их структуру и свойства



Методики исследования:

- ✓ **^{57}Fe Ядерная гамма-резонансная спектроскопия (ЯГР)** (источник 40 мКи, обработка спектров – программа *MOSMOD*) позволяет исследовать структуру композита
- ✓ **Спектроскопия обратного рассеяния** моноэнергетического коллимированного пучка ионов $^4\text{He}^+$ (2900 кэВ) поверхностью исследуемых композитов позволяет определить концентрацию входящих в состав образца элементов
- ✓ **Индукционная магнитометрия** позволяет получать кривые намагниченности образцов
- ✓ **Атомно-силовая микроскопия** позволяет получать профилограммы поверхностей и фазовые контрасты исследуемых композитов

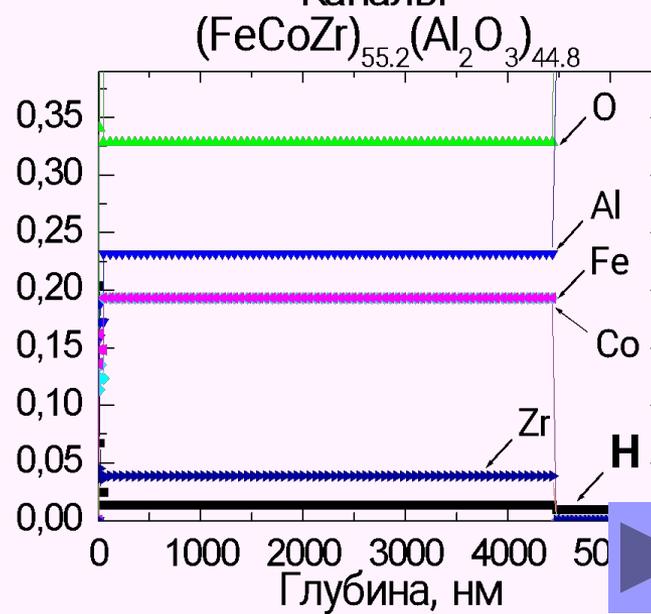
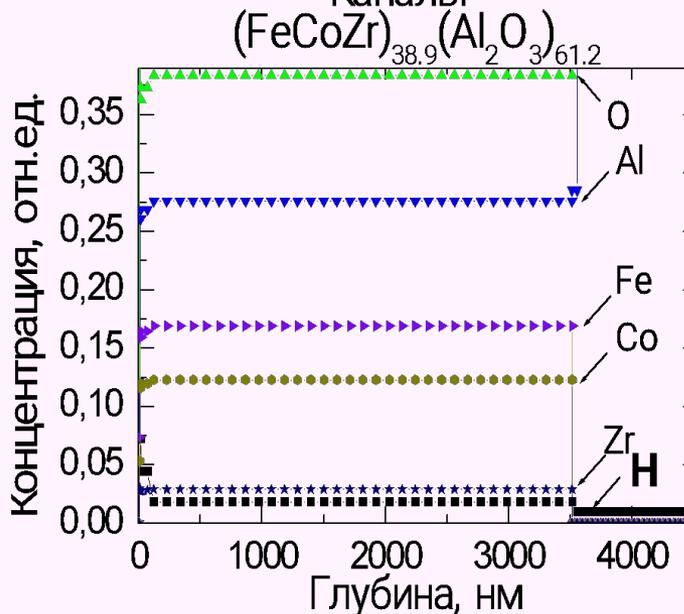
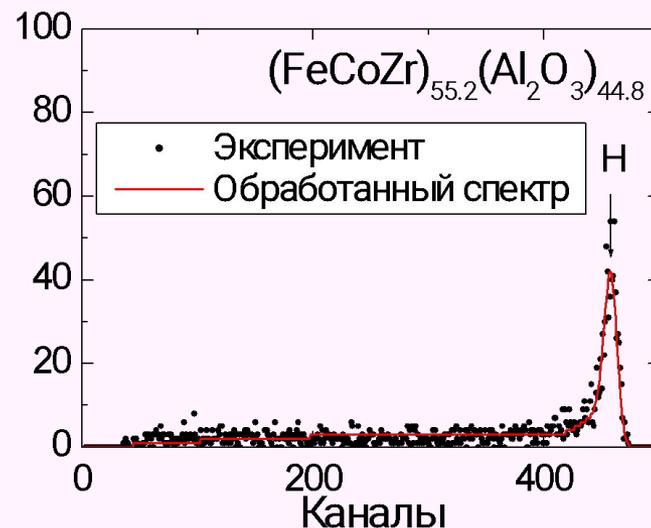
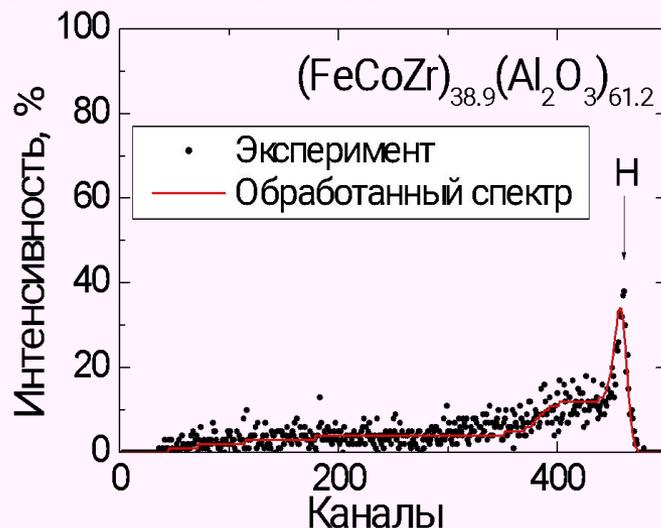


Концентрационные профили композитов $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ ($x=38,9; 55,2$ ат. %)

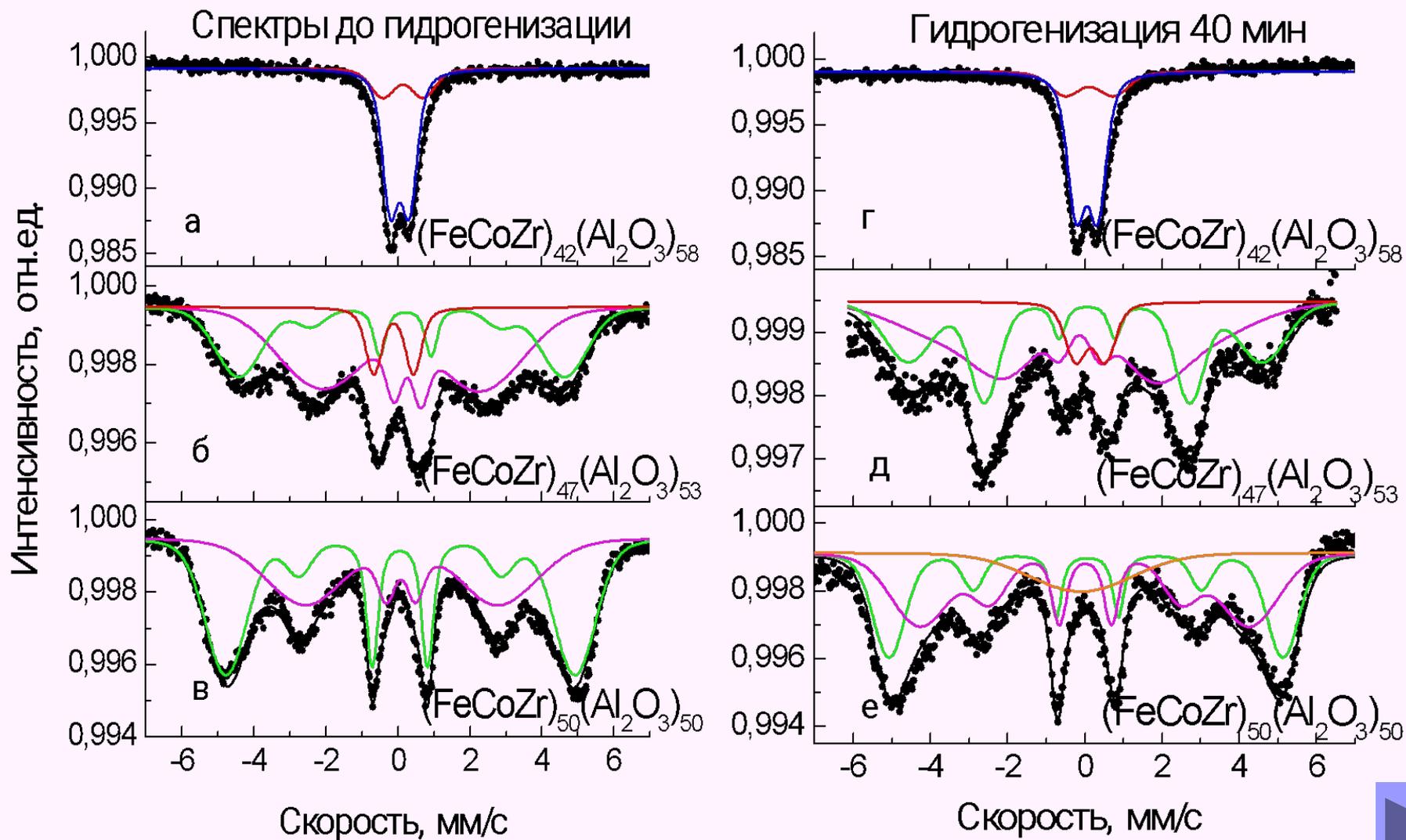
Доля
водорода:

✓ 1,8 % при
38,9 ат.%
FeCoZr

✓ 1,35 % при
55,2 ат.%
FeCoZr



ЯГР-спектры образцов различного состава до и после первого этапа гидрогенизации



ЯГР-спектры образца $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_{42}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{58}$ (до порога перколяции)

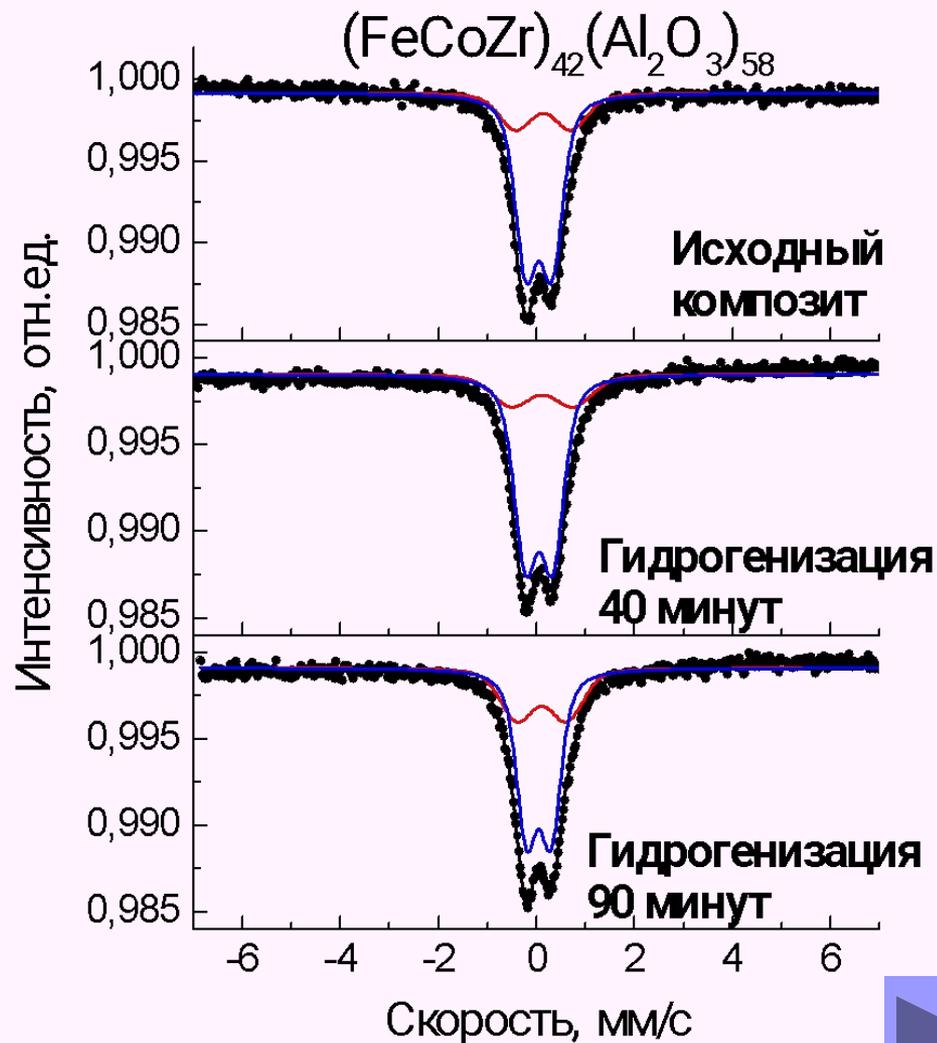
— D_1 : $\Delta E = 0,53; 0,55; 0,49$ мм/с

— D_2 : $\Delta E = 1,13; 1,25; 1,00$ мм/с

Отсутствие ярко выраженных изменений в сверхтонких параметрах спектров



незначительное влияние внедренного водорода на структуру наночастиц FeCoZr



ЯГР-спектры образца $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_{47}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{53}$ (перколяционный состав)

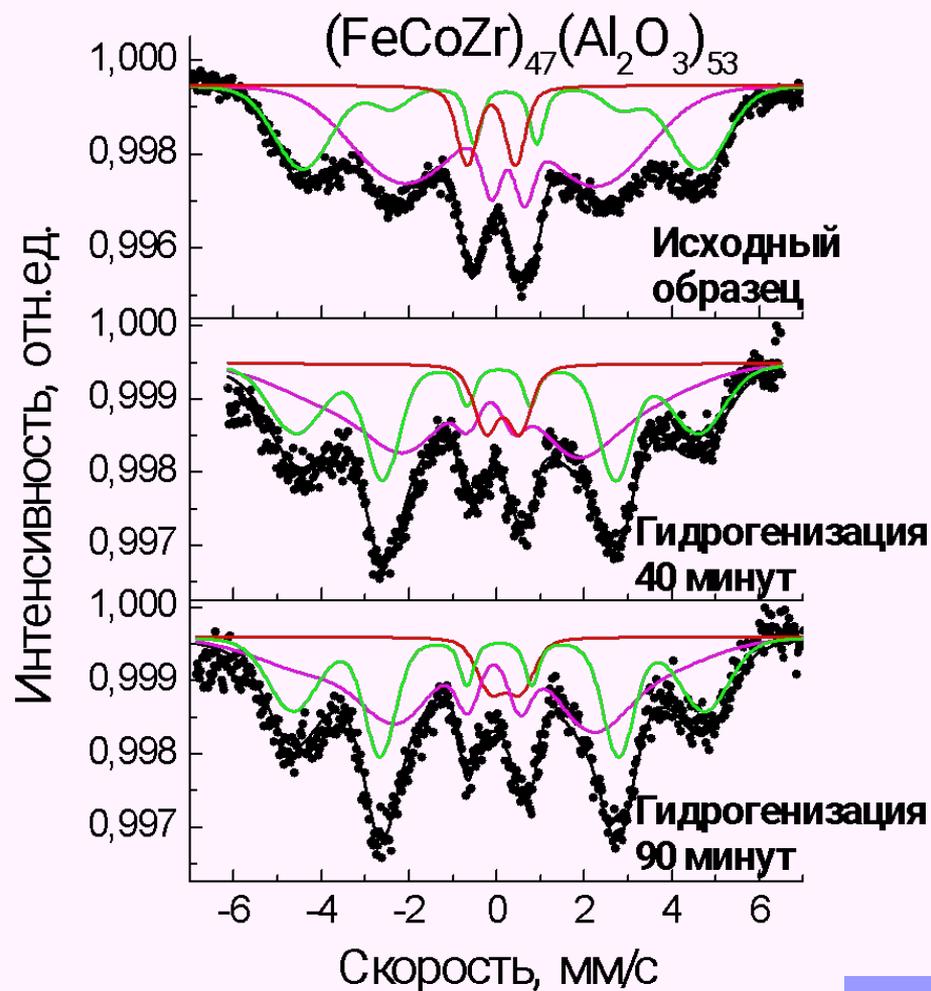
- S_1 : $H_{\text{эфф}} = 28,1; 28,5; 29,2$ Тл
- S_2 : $H_{\text{эфф}} = 14,4; 19,9; 23,3$ Тл
- D : $\Delta E = 1,11; 0,76; 0,69$ мм/с;

- ✓ Возрастание сверхтонких магнитных полей секстетов
- ✓ Уменьшение квадрупольного расщепления дублета



ОТЖИГ

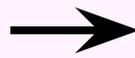
*укрупнение и упорядочение
металлических нанокластеров и
частиц в суперпарамагнитном
состоянии*



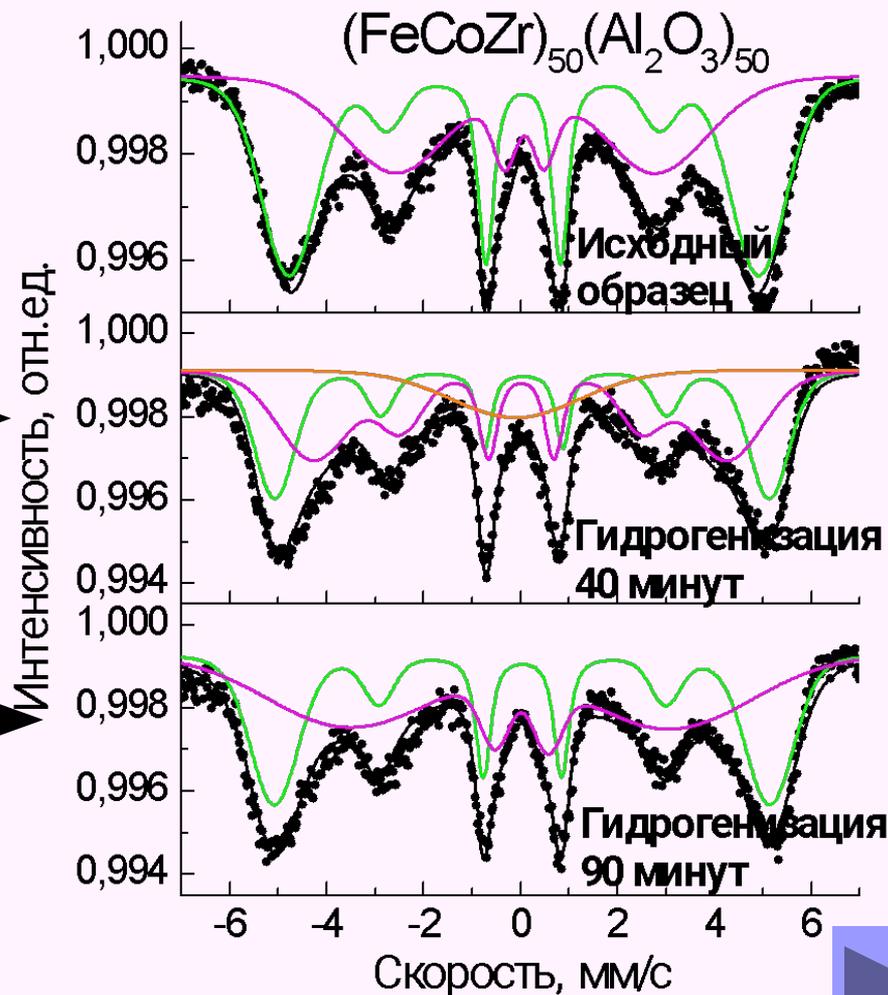
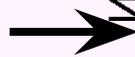
ЯГР-спектры образца $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_{50}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{50}$ (после порога перколяции)

-  $S_1: H_{\text{эфф}} = 31,1; 31,7; 31,7 \text{ Тл}$
-  $S_2: H_{\text{эфф}} = 26,2; 26,5; 21,3 \text{ Тл}$
-  $C: A=13 \%$

Разрушение перколяционного кластера в результате формирования нанопор водорода



Восстановление перколяционного кластера в результате отжига

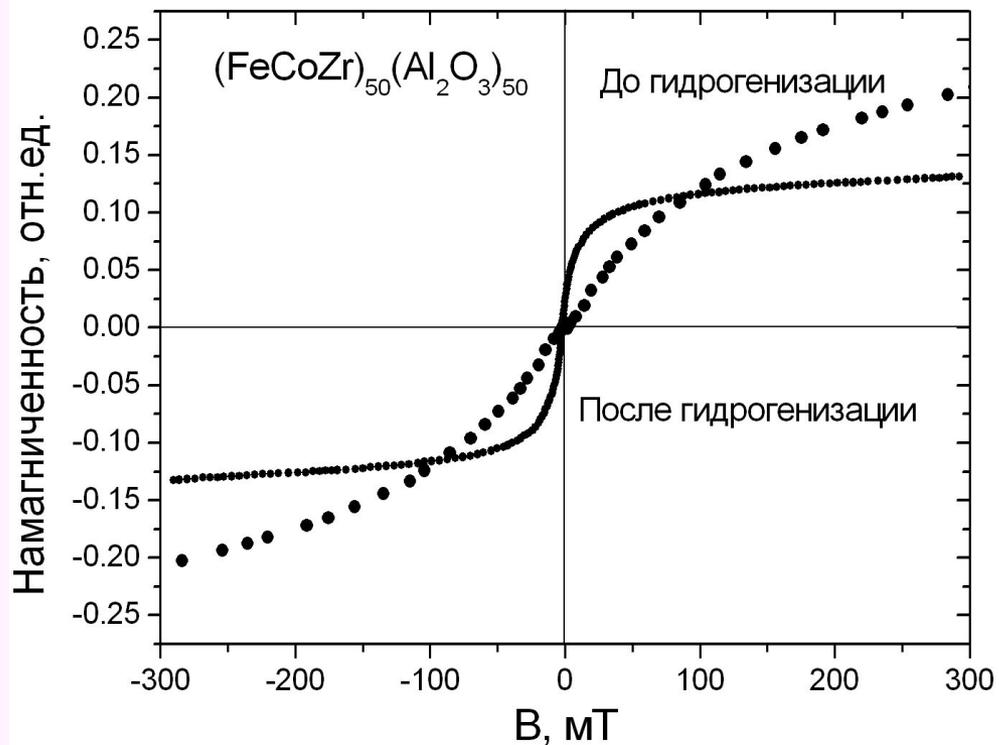


Индукционная магнитометрия

- ✓ Изменение наклона dM/dH и формы кривых
- ✓ Тенденция к выходу на намагниченность насыщения



Влияние отжига

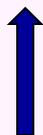


Фазовые контрасты образцов

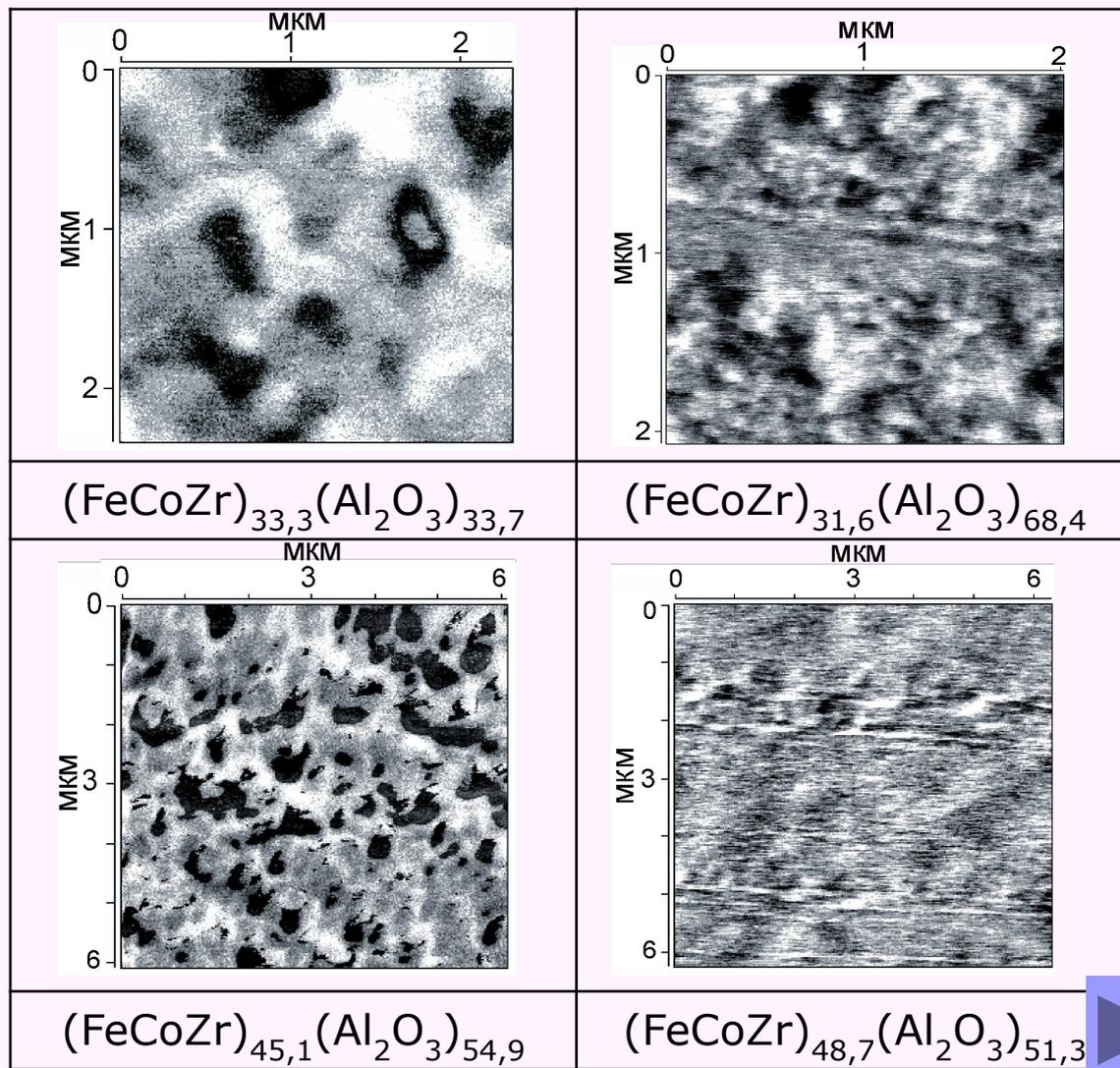
Исходные образцы Гидрогенизация 60 мин

✓ Более равномерное распределение частиц металлического сплава

✓ Некоторое уменьшение размеров гранул FeCoZr



гидрогенизация



Научная новизна

- ✓ Зафиксированы существенные изменения структурных и магнитных свойств нанокompозитов $\text{FeCoZr-Al}_2\text{O}_3$ вблизи порога перколяции (~ 47 ат.%) путем внедрения в их состав химически инертной примеси, что дает возможность варьировать структуру и магнитные свойства указанных композитов. Это расширяет возможность их применения для создания сенсоров магнитного поля.



Положения, выносимые на защиту

- Гидрогенизация приводит к дроблению перколяционной сети нанокластеров в композитах $\text{FeCoZr-Al}_2\text{O}_3$ вблизи порога перколяции ($\sim 47-50$ ат.%) после 40 минут водородной обработки и к их укрупнению и ферромагнитному взаимодействию после 90 минут обработки которое проявляется :
 - увеличение сверхтонких магнитных полей на ядрах железа
 - уменьшение магнитного поля насыщения
 - увеличение магнитной восприимчивости
- Гидрогенизация практически не влияет на структуру и магнитные свойства нанокompозитов $\text{FeCoZr-Al}_2\text{O}_3$ при концентрациях FeCoZr, существенно больших (63 ат.%) и существенно меньших (42 ат.%) значения порога перколяции



Спасибо за внимание!

