

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертационную работу

**Федотова Михаила Александровича**

**«РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ  
ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА ХИМИКО-  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ»**,

представленную на соискание ученой степени **кандидата технических наук**  
по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные  
материалы

### **Актуальность темы**

В настоящее время проблема утилизации радиоактивных отходов приобретает все большие масштабы ввиду роста потребления «атомной» электроэнергии. Для утилизации используется целый комплекс мер и технологических приемов, начиная с сорбционных и каталитических методов очистки жидких и газообразных продуктов эксплуатации АЭС и заканчивая их капсулированием (цементирование, битумирование, глубокое упаривание и остекловывание) в различных материалах для дальнейшего захоронения. Стоимость такого комплекса мер утилизации составляет очень значительные суммы в экономике любого государства. Поэтому разработка физико-химических основ эффективных методов, способов, технологических приемов, сравнительно просто встраиваемых в существующую технологию утилизации ЖРО низкой и средней степени активности, позволяющих снизить затраты процесса утилизации, является актуальным.

Основная доля приходится на ЖРО низкой и средней активности, которые также необходимо утилизировать. Однако, ввиду значительных объемов, безопасной утилизации подвергается порядка 10% от общего количества отходов такого типа. В настоящее время рассматривается возможность использования порошковых материалов в качестве активаторов при утилизации ЖРО, в том числе материалов на основе оксидов железа. Оксиды железа рассматриваются как альтернатива щелочным в качестве активаторов процесса цементирования борсодержащих ЖРО низкой и средней активности, являющихся основным видом отходов АЭС с водородным энергетическим реактором (ВВЭР).

Ввиду вышеперечисленного разработка физико-химических основ эффективного способа и технологии синтеза композиционных полидисперсных магнитных порошков оксидов железа с углеродом химико-металлургическим методом, эффективных в технологии утилизации

борсодержащих ЖРО низкой и средней активности методом цементирования, представляет актуальность.

**Научная новизна** представленной работы заключается в:

1) разработке физико-химических основ эффективного способа и технологии синтеза порошковых композиционных полидисперсных магнитных порошков оксидов железа с углеродом химико-металлургического способом, что позволило существенно удешевить процесс по сравнению с водородным восстановлением, и снизить температуру начала образования магнитных фаз оксидов железа до 400 °С по сравнению с классическим химико-металлургическим методом;

2) оригинальном подходе к процессу электромагнитной вихревой обработки компаунда бетон - ЖРО, а именно в замене монолитных ферромагнитных стержней на полидисперсные ферромагнитные частицы, что позволяет одновременно организовать гомогенизацию смеси и изменить рН среды, что в свою очередь позволило снизить продолжительность отвердевания цемента более, чем на порядок;

3) обосновании использования полнопрофильного метода Ритвельда для количественного фазового анализа содержания в смеси магемита и магнетита, что позволяет рассматривать данную методику как эффективный инструмент для определения состава смеси данных фаз оксидов железа и корректировать условия процесса восстановления;

4) впервые исследован процесс восстановления нанодисперсного гидроксида железа углеродом с разной дисперсностью. Проведено сравнение различных видов восстановителей (углей и органических добавок) на процесс получения магнитных фаз оксидов железа. Определены температурные интервалы образования промежуточных фаз оксидов железа в процессе восстановления наноразмерного гидроксида железа высокодисперсными углями различных марок.

**Практическая значимость** результатов работы состоит в том, что:

1) Впервые показана возможность использования порошковой композиции, состоящей из полидисперсных порошков оксидов железа и углерода вместо ферромагнитных стержней в процессе утилизации ЖРО. Использование полученного материала позволяет сократить сроки твердения цементных компаундов (сокращение сроков отвердевания до 28 раз и набору ранней прочности), повысить их прочность (на сжатие в 1,2-1,6 раза превосходят прочность составов без обработки), уменьшить объемы утилизируемых отходов (в 3-5 раз), а также избежать образования вторичных ЖРО за счет отсутствия стадии дезактивации ферромагнитных стержней.

2) Создана технология получения порошковой композиции полидисперсных порошков оксидов железа с углеродом с использованием химико-металлургического метода, позволяющая синтезировать материалы, повышающие эффективность процесса утилизации борсодержащих ЖРО АЭС и снижающие в итоге капитальные и эксплуатационные затраты.

3) Показана возможность использования полнопрофильного метода Ритвельда для количественного фазового анализа содержания в смеси ферромагнитных фаз, что позволяет применять данную методику для контроля технологических режимов процесса производства полидисперсных порошков оксидов железа.

### **Степень обоснованности положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов и положений диссертационной работы Федотова М.А., выносимых на защиту, базируется на корректном выборе исходных материалов и способов получения порошковых композиционных полидисперсных магнитных порошков оксидов железа с углеродом химико-металлургическим способом, комплексном подходе к использованию современных технических средств измерений и методов исследования, воспроизводимости результатов, согласованностью с аналогичными исследованиями, опубликованными в литературе.

Соискатель грамотно использует терминологию и математический аппарат.

Проведённое исследование обладает чёткой структурой, логической последовательностью, обусловленной решаемыми задачами, иллюстративный материал и результаты исследований согласуются и являются убедительными. Научные выводы по диссертационной работе аргументированы, математически и логически обоснованы.

### **Достоверность полученных результатов**

Достоверность положений, результатов исследования и выводов по теме диссертационной работы подтверждается достаточным количеством публикаций в научных журналах и участием в конференциях.

По диссертационной работе есть ряд **вопросов и замечаний**:

1. Из текста работы не совсем понятно, чем обусловлен выбор представленного ступенчатого режима нагрева (стр. 74., рис.14)?
2. Не совсем понятно, какой в итоге марке углерода для процесса синтеза отдается приоритет, т.к. исходя из текста диссертации, оптимальными являются оба: марки БАУ-А (стр. 73, 2-й абзац, 4-я строчка), «Медисорб» (стр. 76, 2-й абзац, 3-я строчка)?

3. Из текста не совсем ясно, по какой марке угля проводились расчеты технико-экономических показателей?
4. Образуются ли карбиды железа в составе конечного продукта синтеза при температурах 700 °С и более?
5. Рассматривалась ли зависимость выхода целевого продукта от дисперсности углерода?
6. Стр. 67., первая строчка, смысл понятен, но не совсем корректная фраза «процесс магнитизации ...», т.к. исследуется процесс *термических превращений* одних химических соединений в другие.
7. Там же. 1-я строчка снизу. «...сахароза начинает разлагаться при ~170°С и далее плавится при 186-188°С ...». Что первично: разложение или плавление?

Указанные замечания не снижают положительного впечатления и ценности диссертационной работы. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, позволяющей решить актуальную задачу по разработке физико-химических основ эффективного способа и технологии синтеза композиционных полидисперсных магнитных порошков оксидов железа с углеродом химико-металлургическим методом, эффективных в технологии утилизации борсодержащих ЖРО низкой и средней активности методом цементирования.

Работа Федотова М.А. выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне и представляет самостоятельное законченное исследование, в котором содержится решение важной научной задачи: разработку физико-химических и технологических основ синтеза полидисперсных магнитных порошков оксидов железа с углеродом химико-металлургическим методом, повышающих эффективность технологии утилизации борсодержащих ЖРО низкой и средней активности. Следует отметить значимость работы для практического внедрения полученных результатов.

**Автореферат полностью отражает содержание работы.** Результаты диссертационной работы опубликованы в 14 печатных работах, в т.ч. 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК по специальности, 1 статья в зарубежном журнале, входящем в базы Web of Science и Scopus. Печатные работы полно и адекватно отражают содержание диссертации. Автореферат и диссертация соответствуют требованиям ВАК РФ.

Диссертация Федотова М.А. соответствует научной специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы» и

требованиям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а её автор, Федотов Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

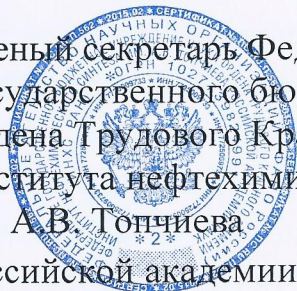
Официальный оппонент  
Старший научный сотрудник лаборатории  
Химии полисопряженных систем  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Института нефтехимического синтеза  
им. А.В. Топчиева  
Российской академии наук,  
кандидат технических наук

Муратов  
Дмитрий Геннадьевич

Адрес: 119991, г. Москва,  
Ленинский пр-т, 29.  
тел. 8(495)955-43-23 / 8-926-140-94-16  
e-mail: muratovdg@yandex.ru

Подпись к.т.н. Муратова Дмитрия Геннадьевича **заверяю**

Ученый секретарь Федерального  
Государственного бюджетного учреждения науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Института нефтехимического синтеза  
им. А.В. Топчиева  
Российской академии наук, к.х.н.



Калашникова  
Ирина Сергеевна