

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА**  
на диссертационную работу  
**Мотовилова Игоря Юрьевича**  
на тему «Переработка растворов хлористого железа»,  
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности: «6D070900 - Metallurgia»

**1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники)**

Актуальность работы связана с общей проблемой получения ультрадисперсных порошков и изделий на их основе, обладающих комплексом свойств и предназначенных для использования в различных областях науки и техники, в том числе и в энергетике. Синтез ультрадисперсных порошков с высокой удельной поверхностью представляет интерес с позиции их каталитической активности, а ультрадисперсных (меньше 10 нм) – с точки зрения их магнитных характеристик.

Анализ мирового рынка ультрадисперсных порошков свидетельствует о широком применении порошков в наукоемких и высокотехнологичных сферах жизнедеятельности человека. Ультрадисперсные порошки оксидов железа вследствие их доступности, высокой технологичности процессов получения и низкой токсичности для организма человека являются перспективными материалами для промышленности и медицины.

В мире выполнено значительное количество работ, посвященных этой теме, однако, многие аспекты получения ультрадисперсных порошков оксидов железа с заданными свойствами требуют дальнейшего исследования. Задача разработки новых или усовершенствования уже существующих методов получения ультрадисперсных порошков оксидов является в настоящее время актуальной и для Казахстана, где потенциальная потребность в ультрадисперсных порошках оксидов железа составляет 5-10 тыс. тонн в год.

В представленной диссертационной работе Мотовилова И.Ю. развивается совершенно новый подход к вопросам переработки вторичного сырья и попутных продуктов цветной и черной металлургии, таких как, железосодержащие материалы, травильные растворы, пиритное сырье. Автором работы разрабатывается процесс высокотемпературного гидролиза растворов хлористого железа обеспечивающий создание замкнутой технологии с регенерацией соляной кислоты.

На основании вышесказанного следует, что выбор направления исследований настоящей диссертационной работы является актуальным, а результаты, полученные в ходе работы, имеют научную и практическую значимость.

Диссертационная работа Мотовилова И.Ю. выполнена на кафедре «Металлургические процессы, теплотехника и технология специальных материалов» КазННТУ им. К.И. Сатпаева, в лабораториях института металлообработки и центра NFS по добыче ресурсов и переработки

вторичного сырья Вустерского политехнического института и в рамках Бюджетной программы 217 «Развитие науки», подпрограммы 102 «Грантовое финансирование научных исследований» приоритет «Рациональное использование природных ресурсов, переработка сырья и продукции» по теме №1390/ГФ4 «Разработка технологии получения порошков металлического и окисленного железа нанодисперсных размеров» на 2015-2017 гг.

## **2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям (Правила присуждения ученых степеней и паспортов соответствующих специальностей научных работников)**

В представленной на рецензию работе, на основании поставленных целей, задач и выполненных исследований, диссертантом получены новые научные результаты. Из них особое внимание заслуживают результаты:

1) Термодинамическим анализом установлена вероятность образования одновременно гематита и магнетита при разложении хлористого железа;

2) кинетическими исследованиями установлено, что при степени разложения не более 60 % кристаллов  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  основным продуктом высокотемпературного гидролиза является магнетит. При увеличении степени разложения кристаллов  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  в твердых продуктах реакции обнаруживается гематит, содержание которого возрастает по мере увеличения степени разложения кристаллов  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ;

3) процесс высокотемпературного гидролиза  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в стационарном слое в присутствии кислорода имеет топокинетический характер.

## **3. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (положения), выводов и заключений, сформулированных в диссертации**

Результаты 1-го положения достоверны и обоснованы, так как была использована программа термодинамических расчетов HSC – 5.0 компании Outokumpu-Ou.

Результаты 2-го положения достоверны и обоснованы, так как автором проведены эксперименты в широком интервале температур и продолжительности процесса, с выполнением рентгенофазовых анализов полученных твердых продуктов реакции и определением степени разложения хлорида железа в каждом опыте.

Результаты 3-го положения достоверны и обоснованы, поскольку использовалась достоверная методика кинетических исследований с обработкой их результатов по топокинетическому уравнению Ерофеева – Колмогорова.

## **4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации.**

Результат 1 является новым, поскольку на основании термодинамического анализа было установлено, что в окислительной атмосфере во всем интервале температур образование гематита термодинамически более вероятно, чем магнетита.

Результат 2 является новым поскольку при проведении экспериментов по изучению механизма и кинетики выявлено, что при неполном разложении

кристаллов  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  гематит практически не обнаруживается. Оксидная фаза представлена магнетитом. Данное явление объясняется тем, что при высоком содержании хлорида железа в реакционной зоне образующиеся продукты реакции – пары  $\text{HCl}$  – блокируют доступ кислорода к поверхности реакции. И только после уменьшения потока паров  $\text{HCl}$ , связанного с уменьшением количества хлоридов железа в навеске в результате процесса гидролиза, образуется не только магнетит, но и гематит, доля которого в продуктах реакции с увеличением степени разложения хлорида (продолжительности процесса) возрастает.

Результат 3 является новым, так как установлен топокинетический характер реакции, свидетельствующий, что зародышеобразование новой фазы и ее рост протекает на поверхности кристаллов хлоридов железа.

#### **5. Оценка внутреннего единства полученных результатов.**

Результаты выполненных исследований соответствуют цели, задачам работы и вытекают логично из этапов исследований. Внутреннее единство полученных результатов обусловлено поставленной целью диссертационной работы, разработанными методиками, последовательным изложением и научно-обоснованной интерпретацией полученного материала.

#### **6. Направленность полученных соискателем результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи.**

В представленной на рецензию работе решаются теоретические задачи, которые являются основой решения прикладных задач.

Исследованиями механизма и кинетики высокотемпературного гидролиза хлористого железа установлена возможность получения порошков различного состава состоящих как из магнетита, так и из смеси магнетита и гематита.

Полученные соискателем и представленные в диссертационной работе новые научные результаты направлены на реализацию актуальной прикладной задачи – разработку технологии получения качественных ультрадисперсных порошков оксидов железа из растворов хлористого железа.

#### **7. Подтверждение достаточной полноты публикации основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации.**

Основные положения, результаты и выводы диссертации в достаточном объеме опубликованы в 14 научных работах, из них 1 статья в рецензируемом научном журнале по базе Scopus (CIS Iron and Steel Review, CiteScore = 1,91), 4 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК две статьи в «Горном журнале», по одной статье в «Вестник КазНИТУ» и «Промышленность Казахстана». Материалы диссертации были представлены и обсуждены на 7 научных конференциях международного и республиканского уровней. Издана монография и подана в 2017 году 1 заявка на получение патента

#### **8. Соответствие аннотации содержанию диссертации.**

Аннотация диссертационной работы полностью соответствует содержанию диссертации, поскольку отражает актуальность, теоретическую и

практическую значимость работы, в ней указаны цели и задачи работы, приведены основные результаты, полученные в ходе исследований, отражена научная новизна работы. В аннотации также указаны методы исследований, анализа и обработки данных, применяемые в ходе экспериментальных работ. Кроме того, в аннотации показана связь работы с общенаучными и научно-исследовательскими работами и положениями, выносимыми на защиту.

#### **9. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации.**

По работе имеются следующие замечания и пожелания:

1. В работе отсутствует оценка погрешности эксперимента.
2. На стр. 82 на рисунке 30 результаты ДСК анализа порошков  $Fe_2O_3$  не четко видны подписи к рисункам, и имеется ряд стилистических и технических ошибок.
3. на стр.103, раздел Заключение: в данном разделе под номером 1 написано, что порошки оксидов железа имеют огромное значение для применения в сфере производства красителей и пигментов, создании катализаторов, медицине, военном деле, сельском хозяйстве. Данный контекст не является результатом исследований докторанта. А также нужно сократить второй вывод, где имеется контекст, который не относится результатом докторанта.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы, в которой представлен хорошо изложенный экспериментальный материал, объясняющий полученные закономерности и особенности процессов, протекающих при переработке растворов хлористого железа, на ультрадисперсные порошки оксидов железа востребованных в Казахстане с регенерацией соляной кислоты.

#### **10. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по надзору и аттестации в сфере образования и науки РК.**

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа «Переработка растворов хлористого железа» выполнена с соблюдением принципов самостоятельности, внутреннего единства, научной новизны, достоверности и практической ценности, что полностью соответствует требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК. Ее автор – Мотовилов Игорь Юрьевич – за решение задачи в области переработки растворов хлористого железа с использованием процесса высокотемпературного гидролиза с получением ультрадисперсных порошков оксидов железа – заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070900 - Metallurgy».

Официальный рецензент,  
Генеральный директор  
Института проблем горения,  
Лауреат государственной премии РК  
доктор химических наук, профессор



З.А. Мансуров