

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Белозерова Юрия Сергеевича «Получение особо чистого железа карбонильным методом и установление изотопного эффекта в его свойствах», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук, по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Диссертационная работа посвящена разработке методики получения особо чистого железа и исследованию влияния изотопных эффектов на его свойства.

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Получение особо чистого железа является важной задачей для науки и техники. Этот материал востребован не только в фундаментальных научных исследованиях, но и находит применение в таких прикладных областях как медицина и атомная энергетика.

Предпринятое диссертантом Белозеровым Ю.С. исследование ставило своей задачей получение особо чистого железа и изучение его изотопических свойств. Поэтому считаю работу полезной, актуальной и перспективной.

**Степень обоснованности** научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается применением современных физико-химических методов анализа, воспроизводимостью экспериментальных данных, а также использованием апробированных физико-математических моделей для расчета характеристик протекающих процессов.

Автор достаточно корректно использует научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Автором изучены известные достижения отечественных и зарубежных исследователей по методам получения особо чистого железа и изучения его физико-химических свойств. Список использованной литературы составляет 151 наименование.

**Научная новизна и достоверность** полученных в диссертационной работе результатов заключается в следующих положениях:

- 1) Разработана многостадийная методика, включающая в себя карбонильный метод очистки железа и отжиг в водороде, которая позволяет получать металлическое железо с чистотой 99.98% с низким содержанием углерода, кислорода и ферромагнитных металлов.
- 2) Получена экспериментальная составляющая расчетно-экспериментальной методики, основанной на верифицированной математической модели очистки в дистилляционном аппарате вертикального типа, которая позволяет получать сведения о равновесных

коэффициентах распределения жидкость-пар и коэффициентах диффузии примесей в процессе дистилляции.

3) Обнаружен изотопный эффект в значениях коэффициента линейного теплового расширения для изотопов железа  $^{57}\text{Fe}$  и  $^{56}\text{Fe}$ .

4) Показано, что температура, константа скорости фазового перехода и параметр, отвечающий за стадию активного зародышеобразования фазового перехода  $\alpha \rightarrow \gamma$  в железе, зависят от величины изотопического беспорядка.

5) Показано, что удельная намагниченность насыщения и индукция насыщения в железе зависят от изотопного состава образца.

Основные результаты работы опубликованы в 17 научных работах, которые неоднократно обсуждались на различных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям ВАК**

Результаты исследования достаточно точно отражены в научно-технической литературе. По результатам диссертации опубликованы 17 работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ, которые индексируются базами данных Web of Science/Scopus, а также 12 тезисов докладов российских и международных конференций.

В автореферате отражены основные научные положения диссертации, а сам автореферат составлен в соответствии с п. 20 Положения ВАК РФ. Содержание автореферата верно отражает основные идеи, выводы и результаты диссертации.

### **Анализ содержания диссертации**

В первой главе представлен аналитический обзор литературных данных по теме диссертационного исследования. Рассмотрены основные физико-химические свойства железа, типичный примесный состав и влияние примесей на свойства железа, методы его получения в чистом виде, соединения, пригодные для изотопного обогащения. Кроме того, отмечена малая степень изученности влияния изотопного состава на свойства железа. Исходя из этого сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе представлено описание методик синтеза пентакарбонила железа и получения чистого железа из очищенного карбонила. Представлен примесный состав продуктов реакций. Установлено отсутствие побочного процесса синтеза углеводов по схеме Фишера-Тропша при синтезе пентакарбонила железа.

В третьей главе представлено описание методики фракционной разгонки пентакарбонила железа. Обозначены основные группы примесей, предложены способы

очистки пентакарбонила железа от каждой из них. Произведена оценка идеальных коэффициентов разделения, рассчитаны коэффициенты разделения по теории конформных растворов для примесей, идентифицируемых в пентакарбониле железа углеводов, карбониллов хрома, молибдена, вольфрама и никеля. Разработана и экспериментально верифицирована методика определения коэффициента испарения для закрытой испарительно-конденсационной системы в дистилляционном аппарате вертикального типа, коэффициентов разделения и диффузии для микропримесей при дистилляционной очистке в аппаратах такого типа. По данной методике определен коэффициент испарения для пентакарбонила железа в использованном дистилляционном аппарате, а также коэффициенты разделения и диффузии для примесей хрома, кобальта и вольфрама.

В четвертой главе приведены результаты исследований, направленных на выявление изотопных эффектов в физических свойствах железа: параметре кристаллической решетки, коэффициенте линейного теплового расширения, температуре фазового перехода  $\alpha \rightarrow \gamma$ , магнитных свойствах.

#### **Замечания и недостатки по содержанию и оформлению диссертации:**

1. В третьей главе рисунок 3.5 проводится сравнение экспериментальных данных с расчетами. Вполне можно считать, что скорость испарения вообще не зависит от температуры. Что мешало получить экспериментальные точки при более низких температурах? С чем связана указанная погрешность данных?
2. В третьей главе на рисунках 3.3, 3.4 и 3.6 не показаны погрешности экспериментальных данных.
3. В четвертой главе на рисунках 4.3, 4.6 и 4.8 не показаны погрешности экспериментальных данных.
4. В четвертой главе в разделе 4.2.1 утверждается, что «в ангармоническом приближении легкий изотоп должен иметь большее значение параметра кристаллической решетки, чем тяжелый, что не согласуется с экспериментальными данными». С чем связано это расхождение теории и эксперимента?

Указанные недостатки не являются принципиальными и не снижают в целом высокий уровень исследований, ценность полученных теоретических и практических результатов диссертационной работы Белозерова Ю.С.

Диссертационная работа Белозерова Ю.С. является законченной научной квалификационной работой, посвященной решению актуальной задачи получения особо

чистого железа и изучения вклада изотопических эффектов в его свойства. В работе приведены научные результаты, позволяющие их квалифицировать как новое решение задачи, имеющей существенное значение для целого ряда применений. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Считаю, что диссертационная работа «Получение особо чистого железа карбонильным методом и установление изотопного эффекта в его свойствах» представляет собой законченное научное исследование и полностью **отвечает требованиям** «Положения о порядке присуждения учёных степеней» для учёной степени кандидата наук, утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Белозеров Юрий Сергеевич **заслуживает** присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1– Неорганическая химия.

Официальный оппонент

19.04.2023

Гусейнов Давуд Вадимович

Старший научный сотрудник

НОЦ ФТНС ННГУ им. Н.И. Лобачевского,

кандидат физико-математических наук

Адрес: 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23 к.3

E-mail: guseinov@phys.unn.ru

Телефон: +79036577666

Ученый секретарь  
ученого совета ННГУ



ПОДПИСЬ, М.П.

Л.Ю. Черноморская