

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора химических наук, доцента  
Пушкина Дениса Валериевича на диссертационную работу  
Седельникова Дениса Владимировича «Тройные интерметаллиды,  
содержащие индий, рутений и редкоземельный элемент: синтез,  
кристаллические структуры, физические свойства», представленную на  
соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности

### 1.4.1 Неорганическая химия (химические науки)

В современном материаловедении и неорганической химии большой интерес представляют материалы, изготавливаемые на основе интерметаллических соединений, содержащих редкоземельный элемент, переходный *d*-металл и *p*-элемент 13-15 групп. Основная причина этого заключается в том, что такие соединения могут проявлять ферромагнитное и антиферромагнитное упорядочение, находится в состоянии спинового стекла, проявлять магнитокалорический эффект, эффект Кондо, тяжелофермионную сверхпроводимость и т.д. При этом, как справедливо отмечает автор диссертации, интерметаллиды в системах редкоземельный элемент – Ru – In до сих пор не были систематически исследованы за редким исключением.

В связи с вышесказанным, цель диссертационной работы Седельникова Д.В., сформулированная как поиск и синтез новых тройных соединений в системах R-Ru-In (R = Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu), определение кристаллических структур, температур плавления и исследование магнитных свойств полученных соединений, полностью отвечает современным вызовам, стоящим перед неорганической химией и материаловедением, поэтому **актуальность** работы не вызывает сомнений.

**Научная новизна** работы определяется тем, что автором впервые синтезированы, определены составы и кристаллические структуры 29 новых интерметаллидов (23 в системах R-Ru-In (R = Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu) и 6 в системах R-Ru-Al (R = Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm). Для

полученных соединений переменного состава  $R_2Ru_{1-x}In_{1+x}$  и  $R_{26}(Ru_xIn_{1-x})_{17}$  ( $R = Dy, Ho, Er, Tm, Lu$ ) определены границы областей гомогенности. На основании проведенного кристаллохимического анализа построена модель, описывающая зависимость кристаллических структур интерметаллидов от содержания редкоземельного элемента. Также Седельников Д.В. определил температуры плавления и установил характер плавления (конгруэнтный, за исключением  $Pr_{23}Ru_7In_4$ ) синтезированных соединений. Автором проведено исследование магнитных свойств: измерены полевые и температурные зависимости намагниченности, получены температурные зависимости статической магнитной восприимчивости для интерметаллидов  $Nd_{26}(Ru_xIn_{1-x})_{17}$  и  $Dy_{26}(Ru_xIn_{1-x})_{17}$  ( $x = 0.47$ ),  $Gd_6Ru_2In$ ; исследованы температурные и полевые зависимости динамической магнитной восприимчивости  $Pr_{23}Ru_7In_4$ .

**Теоретическая и практическая значимость** выполненной работы обусловлена тем, что представленный в диссертации экспериментальный материал по синтезу, структуре и свойствам изученных систем может быть включен в соответствующие справочные издания и учебные пособия по неорганической и физической химии. Интерметаллиды  $Nd_{26}(Ru_xIn_{1-x})_{17}$  и  $Dy_{26}(Ru_xIn_{1-x})_{17}$  ( $x = 0.47$ ),  $Gd_6Ru_2In$ , проявляющие ферромагнитные свойства, могут найти применение в качестве легирующих добавок к постоянным магнитам, обеспечивающих увеличение коэрцитивных сил материалов.

**Достоверность результатов** подтверждается использованием совокупности современных физических методов исследования, воспроизводимостью и согласованностью экспериментальных результатов, а также их согласием с данными, полученными ранее.

**Личный вклад** автора состоял в активном участии на всех этапах проведения исследования, а именно в постановке конкретных исследовательских задач, изучении литературных данных по работе,

непосредственном планировании и проведении экспериментов, обработке результатов и подготовке публикаций.

Диссертация Седельникова Дениса Владимировича состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, результатов исследований, обсуждения результатов, заключения, выводов, списка литературы, приложения и благодарностей. Работа изложена на 153 страницах машинописного текста, содержит 73 рисунка и 51 таблицу. Список литературы включает 137 источников.

Во **введении** дается представление об актуальности выбранной темы, формулируются цель и задачи исследования, указывается научная новизна полученных результатов, теоретическая и практическая значимость выполненной работы, описана в общих чертах методология исследования, даются сведения об апробации работы и публикациях.

В литературном обзоре соискатель представляет систематизацию двойных фазовых диаграмм в системах R-In и R-Ru (где R –редкоземельный элемент), обсуждает строение известных тройных соединений в системах R-Ru-In и дает обзор физических свойств интерметаллидов. Обзор завершается выводами, свидетельствующими об актуальности диссертационной работы.

**Третья глава** (экспериментальная часть) состоит из двух разделов, которые посвящены описанию синтеза соединений и методам исследования свойств (рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ, локальный рентгеноспектральный анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, измерение магнитных свойств).

**Четвертая глава (результаты исследования)** посвящена подробному описанию полученных экспериментальных данных для соединений  $R_2Ru_{1-x}In_{1+x}$ ,  $R_{26}(Ru_xIn_{1-x})_{17}$ ,  $Pr_{23}Ru_7In_4$ ,  $Pr_{21}Ru_{8.2}In_5$ ,  $Gd_6Ru_2In$ ,  $R_{10}RuIn_3$ ,  $R_{10}RuAl_3$  и  $R_{11}Ru_4In_9$ .

**Пятая глава** содержит обсуждение и обобщение полученных результатов.

В конце диссертационной работы представлено заключение и **выводы**, полностью соответствующие поставленным цели и задачам.

Основные научные результаты, выводы и положения, выносимые на защиту, раскрыты в 4 статьях в отечественных и зарубежных журналах, рекомендованных ВАК (J. Solid State Chem., Неорганические материалы). Результаты работы докладывались на международных и национальных конференциях. Содержание автореферата соответствует диссертационной работе.

Несмотря на высокий научный уровень работы, она вызывает некоторые вопросы и замечания.

1. Образуются ли в исследованных системах не только интерметаллические соединения, но и сплавы аналогичных составов?
2. На основании полученных обширных экспериментальных данных было бы целесообразно провести более глубокий анализ взаимосвязи состава строения и свойств исследованных интерметаллидов. Несколько странно, что обсуждение результатов занимает всего 9 страниц текста диссертации.
3. Встречаются неудачные выражения, например, запись формул вида  $Du_2Ru_{1-x}In_{1+x}$  при  $x = 0$ .

Указанные замечания не снижают качество рецензируемой работы и не влияют на степень достоверности научных результатов и выводов диссертанта.

Тема и содержание диссертации полностью соответствуют паспорту специальности 1.4.1. – Неорганическая химия (химические науки) по следующим пунктам:

2. Дизайн и синтез новых неорганических соединений и особо чистых веществ с заданными свойствами.
3. Химическая связь и строение неорганических соединений;

5. Взаимосвязь между составом, строением и свойствами неорганических соединений. Неорганические наноструктурированные материалы.

Диссертационная работа Седелникова Дениса Владимировича «Тройные интерметаллиды, содержащие индий, рутений и редкоземельный элемент: синтез, кристаллические структуры, физические свойства» по актуальности, уровню исследований, научной и практической значимости полученных результатов, обоснованности научных положений и выводов полностью соответствуют требованиям пунктов 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Седелников Денис Владимирович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 Неорганическая химия (химические науки).

Декан химического факультета  
Самарского университета  
доктор химических наук, доцент

Пушкин Денис Валериевич  
«25» ноября 2024 г.

Почтовый адрес: 443011 Российская Федерация,  
г. Самара, ул. Академика Павлова, 1

Наименование организации: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева»

Сокращенное наименование: Самарский университет

<https://ssau.ru>

Телефон: (846)334-54-45

E-mail: [pushkin.dv@ssau.ru](mailto:pushkin.dv@ssau.ru)