

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гуськова Антона Владимировича «Термодинамические функции и термическое расширение двойных оксидов лантаноидов и гафния», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. – «Физическая химия» (химические науки)

Диссертационная работа Гуськова А.В. посвящена получению прецизионного комплекса термодинамических свойств двойных оксидов лантаноидов и гафния для разработки научных основ получения новых перспективных высокотемпературных материалов на их основе. Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска и исследования свойств химически стойких теплозащитных соединений с высокой термической стабильностью для их использования в газотурбинных установках и двигателях. Полученные соискателем результаты существенно пополняют базу данных по термодинамическим свойствам неорганических соединений; могут быть применены для моделирования фазовых равновесий с участием изученных веществ, использованы в учебном процессе при преподавании общих курсов «Физическая химия» и «Химия твердого тела», специальных курсов для студентов высших учебных заведений химического и химико-технологического профиля, для создания справочных изданий.

Соискателем синтезированы и охарактеризованы однофазные образцы двойных оксидов лантаноидов и гафния. Измерены теплоемкости 7 соединений типа пирохлора  $\text{Ln}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$  и 6 стехиометрических твердых растворов  $\text{Ln}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{HfO}_2$  методами релаксационной, адиабатической и дифференциальной сканирующей калориметрии в широком общем интервале температур от 2 К до 1800 К. На основании полученных данных рассчитаны стандартные термодинамические функции изученных соединений. Обнаружены и физически интерпретированы аномалии теплоемкости в области низких температур. Оценены вклады низкотемпературных магнитных превращений в энтропию исследованных веществ. Для ряда соединений и твердых растворов определены вклады в изобарную теплоемкость аномалии Шоттки. Произведен термодинамический анализ устойчивости гафнатов лантаноидов на основании их энергии Гиббса образования из простых оксидов, определены пределы термической устойчивости некоторых соединений. Получены температурные зависимости параметров  $a$  кубических решеток изученных веществ. В целом можно отметить очень большой (приятно поражающий) объем экспериментальных и теоретических работ, выполненных соискателем.

Достоверность полученных Гуськовым А.В. результатов определяется методами, использованными в работе: релаксационная и адиабатическая калориметрия, дифференциальная сканирующая калориметрия, методы рентгенофазового анализа, электронной микроскопии и химического анализа. Обработка данных, вычисление термодинамических величин и получение корреляционных соотношений, интерпретация физических превращений выполнены корректно; выводы аргументированы и обоснованы; результаты исследований

хорошо опубликованы (следует отметить 4 статьи в журналах первого квартала). Сама работа выглядит структурированной, цельной и логично построенной, хорошо апробирована на международных и российских научных конференциях и выполнена на высоком профессиональном научном уровне.

По работе имеются следующие вопросы:

- 1) Какие могут быть возможные причины существенно разных температурных зависимостей параметров  $a$  кубических решеток для соединений типа пирохлора и стехиометрических твердых растворов (рис. 4)?
- 2) Какие из изученных соединений соискатель по результатам выполненных исследований мог бы рекомендовать в качестве наиболее перспективных для практического применения?

Таким образом, считаю, что диссертационная работа «Термодинамические функции и термическое расширение двойных оксидов лантаноидов и гафния» является законченной научно-квалификационной работой, по актуальности, новизне и значимости полученных результатов полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, в редакции от 28.08.2017 г.) и пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук» от 11.05.2022 г., а ее автор, Гуськов Антон Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. – физическая химия.

Проректор по научной работе  
Белорусского государственного университета  
доктор химических наук, профессор  
(220030 Республика Беларусь, г. Минск,  
пр. Независимости, 4  
e-mail: blokhin@bsu.by  
тел.: +375172095212  
02.00.04 – физическая химия)

Андрей Викторович Блохин

