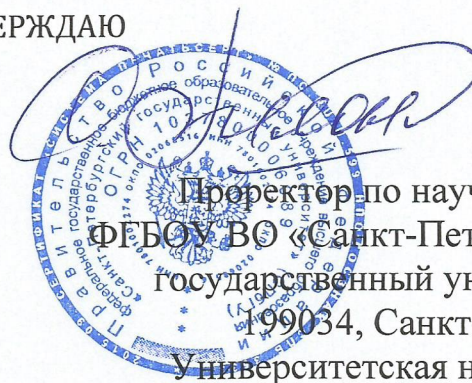


УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе  
ФЕБОВ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный университет»  
199034, Санкт-Петербург,  
Университетская наб., дом 7/9  
Аплонов Сергей Витальевич

« 20 » март 2017

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**на диссертационную работу Лебедева Василия Александровича «Методы повышения фотокаталитической активности  $TiO_2$  и нанокompозитов на его основе», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 – химия твёрдого тела**

Диссертационная работа В.А. Лебедева относится к области химии твердого тела и функциональных материалов, направлена на получение новых материалов с высокой фотокаталитической активностью. Работа посвящена изучению взаимосвязи «состав – структура – фотокаталитическая активность материалов» на примере нанокристаллического диоксида титана и нанокompозитов, полученных путем его модификации частицами золота, серебра, оксидов меди и вольфрама. Работа продолжает исследования фотоактивных систем, успешно проводимые на кафедре наноматериалов факультета наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

**Актуальность работы** несомненна и определяется, в первую очередь, выбором объектов исследования: диоксид титана является наиболее используемым фотокатализатором для процессов очистки воды и воздуха от технологических загрязнений. Мировые исследования направлены на активный поиск наиболее эффективных фотокатализаторов, прежде всего, на основе диоксида титана, за счет модификации морфологии частиц, фазового и химического состава. Подходы, на основе которых в работе В.А. Лебедева решается вопрос о повышении фотокаталитической активности, актуальны и современны: управление степенью кристалличности материала, легирование материала с целью пространственного разделения зарядов и уменьшения скорости рекомбинации электрон-дырочных пар, смещения области поглощения в видимую область солнечного спектра, введение в материал дополнительных каталитически активных центров. Цель и задачи работы,

способы решения и полученные результаты свидетельствуют о том, что диссертация В.А. Лебедева вносит существенный экспериментальный и теоретический вклад в актуальное направление современных исследований наноструктурированных фотоактивных материалов.

К наиболее научно значимым и новым результатам можно отнести следующее:

- Детально проведенный анализ влияния аморфной фазы на фотокаталитическую активность материалов на основе  $\text{TiO}_2$ , и выявление количественной зависимости фотокаталитической активности от доли рентгеноаморфной фазы,

- Разработка метода удаления аморфной фазы, позволяющего повысить фотокаталитическую активность.

- Результаты исследования фотокаталитической активности нанокompозитов с полупроводниками с различным расположением энергетических зон относительно  $\text{TiO}_2$  на примере  $\text{CuO}$  и  $\text{WO}_3$ , показавшие неаддитивный характер зависимости фотокаталитической активности от содержания модифицирующего оксида и выявившие преимущества вольфрамсодержащего композита, включая его активность при воздействии видимого света.

- Сравнительный анализ фотокаталитической активности композитов гидратированного оксида вольфрама с оксидом титана и оксидом кремния.

- Анализ фотокаталитической активности нанокompозитов диоксид титана/металл на примере серебра и золота, показавший их высокую фотокаталитическую активность под воздействием УФ-излучения, а также активность при воздействии света видимого диапазона, зависящие от работы выхода металла, контактирующего с  $\text{TiO}_2$ , и от метода восстановления металла при формировании композита.

К конкретным практически значимым результатам относятся:

- Эффективный метод удаления рентгеноаморфной фазы для повышения фотокаталитической активности диоксида титана.

- Методы синтеза, которые могут быть использованы при формировании нанокompозитов диоксида титана с металлическим серебром или золотом.

- Усовершенствованная методика измерения фотокаталитической активности порошковых материалов позволяет повысить точность измерений.

Обращает на себя внимание большой объем экспериментальной работы, выполненной диссертантом. В ходе ее автором был применен широкий набор методов и приемов неорганического синтеза. Исследования полученных образцов выполнены с использованием комплекса современных методов, включающих количественный рентгенофазовый анализ, растровую и просвечивающую электронную микроскопию с рентгеноспектральным микроанализом, спектроскопию диффузного отражения, ИК-спектроскопию, анализ удельной площади поверхности, термогравиметрию, исследования

фотокаталитической активности на оригинальной установке, в создании которой принимал участие сам автор.

Комплексный подход и широкий спектр физико-химических методов определяют несомненную научную новизну работы, надежность полученных результатов, обоснованность выводов на их основе.

Из приведенного анализа содержания диссертации непосредственно следует высокая оценка **научной значимости** диссертации В.А. Лебедева, как фундаментального исследования, в котором получены новые экспериментальные данные о способах повышения фотокаталитической активности диоксида титана. Безусловна и **практическая значимость** диссертации В.А. Лебедева, в которой получены результаты, необходимые для технологии получения высокоэффективных наноструктурированных каталитических материалов. Полученные данные **надежны и достоверны**, Интерпретация результатов, основные выводы и заключения обоснованы.

По тексту работы возникают некоторые вопросы и замечания:

1. Следует ли ожидать те же тенденции в изменении фотокаталитической активности образцов при разложении других органических веществ, а не только красителя метилового оранжевого?
2. Какой из исследованных методов модификации по итогам работы дал наилучший результат с точки зрения увеличения фотокаталитической активности?
3. Чем можно объяснить снижение фотокаталитической активности в случае некоторых образцов, например, композитов, содержащих медь?
4. Какими преимуществами обладают композитные фотокатализаторы типа «диоксид титана/полупроводник» по сравнению с индивидуальными полупроводниками с шириной запрещенной зоны меньшей, чем у оксида титана?
5. Каким образом была решена проблема седиментации фотокатализатора в использованной проточной системе анализа?
6. Отмечая достоинства в оформлении диссертации, приходится отметить, что не все методики четко описаны, в частности, примененные при исследовании фотокаталитической активности.

Данные замечания не отражаются на общей положительной оценке диссертации, выполненной как тщательное фундаментальное исследование, решающее важные задачи химии твердого тела.

Содержание диссертации В.А. Лебедева отражено в публикациях, представленных в автореферате. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Работа прошла хорошую апробацию – 14 докладов на международных и российских научных конференциях. По результатам работы опубликовано 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в том числе в высокорейтинговом журнале Applied Catalysis B: Environmental (импакт-фактор WoS 2015 8,328).

Результаты работы могут быть интересны для практического использования при разработке лекционных курсов в вузах на факультетах

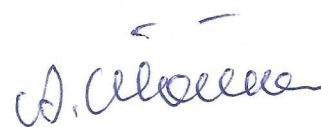
химического, физического, материаловедческого и технологического профиля, например, Московском, Санкт-Петербургском, Воронежском государственных университетах, Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, Новосибирском национальном исследовательском университете, Санкт-Петербургском государственном технологическом институте, Саратовском государственном технологическом университете, Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, и представлять интерес для академических институтов – Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Института химии твердого тела УрО РАН, других институтов РАН физико-химического и материаловедческого профиля, а также для научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, разрабатывающих новые фотоактивные материалы различного функционального назначения,

Таким образом, диссертационная работа В.А. Лебедева «Методы повышения фотокаталитической активности  $TiO_2$  и нанокompозитов на его основе» по уровню решения поставленных задач, объему проведенных исследований и научной значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям п. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, паспорту специальности 02.00.21 (п. 1,7,8), а ее автор, Лебедев Василий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 – химия твердого тела.

Отзыв подготовлен д.х.н., профессором И.А. Зверевой.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры химической термодинамики и кинетики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» 26 мая 2017 года, протокол № 91.08/13-04-4.

Заведующий кафедрой химической термодинамики и кинетики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», доктор химических наук, профессор



Тойка Александр Матвеевич

198504, г. Санкт-Петербург,  
Университетский пр., д. 26  
Телефон: +78124284052,  
E-mail: a.toikka@spbu.ru

Личную подпись

начальник отдела

Н.И. Маштепа

