

Отзыв научного руководителя

о работе соискателя Хрустова Антона Владимировича,

представляющего диссертацию «Моделирование деградации кермета $\text{Ni-Zr}_{0.82}\text{Y}_{0.18}\text{O}_{0.91}$ и композитного эффекта в ионной проводимости композитов $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9\text{-La}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ » на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия

Хрустов Антон Владимирович в 2005 окончил физический факультет Уральского государственного университета имени А. М. Горького по специализации Физика конденсированного состояния вещества с присвоением степени магистр физики по направлению физика. С 2005 года Антон Владимирович работает в Институте высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (ИВТЭ УрО РАН). Работая под руководством канд. хим. наук Горелова Валерия Павловича, Антон Владимирович освоил метод эквивалентных электрических цепей с распределенными параметрами для численного моделирования электрохимических параметров единичных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). За период работы в ИВТЭ УрО РАН под руководством канд. хим. наук Демина Анатолия Константиновича Антон Владимирович освоил методы моделирования переноса тепла и массы в единичных ТОТЭ, в сборках из нескольких единичных ячеек, а также в высокотемпературных токогенерирующих частях энергоустановок на основе ТОТЭ. Помимо теоретической работы Антон Владимирович принимал непосредственное участие в разработке, изготовлении и испытаниях модулей твердооксидных топливных элементов трубчатой геометрии мощностью 100, 200 и 300 Вт.

В 2009 году Антон Владимирович проходил стажировку в течение полугода в Университете Авейро (Португалия) под руководством профессора Владислава Хартона. В период стажировки А. В. Хрустов занимался расчетом химических напряжений в смешанных кислородпроводящих мембранах методом конечных элементов.

В 2018 году Антон Владимирович перешел на работу в лабораторию твердооксидных топливных элементов, и под моим руководством начал работать над задачами, связанными с моделированием свойств функциональных материалов для твердооксидных электрохимических устройств: кислородно-ионных электролитов на основе диоксида циркония, диоксида церия и молибдатов лантана; никель-керметных электродных материалов; композитных материалов со смешанной электронно-дырочной и кислородно-ионной проводимостями на основе перовскито-подобных оксидов. Для моделирования свойств материалов Антон Владимирович освоил

различные методы растровой электронной микроскопии (съемка изображений в режимах вторичных и обратно-рассеянных электронов, методы рентгеновского спектрального микроанализа, а также дифракции обратно-рассеянных электронов); развил методы анализа микроструктуры с помощью современных алгоритмов для обработки изображений растрового электронного микроскопа; овладел принципами работы и способами обработки экспериментальных данных методов рентгеновской порошковой дифракции, рентгеновской флуоресцентной спектроскопии, а также рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии; принимал участие в измерении образцов на основе молибдатов лантана методом изотопного обмена кислорода и обработке экспериментальных данных.

Высокая квалификация Антона Владимировича, широкий опыт работы с различными материалами, глубокое знание численных методов моделирования, а также целеустремленность, внимание к деталям рассматриваемых им физико-химических моделей, позволили ему решить важные материаловедческие задачи из области физической химии твердооксидных электрохимических материалов в рамках своей диссертационной работы: одна задача связана с выявлением механизма деградации никель-керметных материалов $\text{Ni-Zr}_{0.82}\text{Y}_{0.18}\text{O}_{0.91}$; вторая задача связана с обнаружением и вскрытием причин композитных эффектов в кислородно-ионных материалах $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9\text{-La}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$.

Для достижения поставленной цели помимо глубокого анализа экспериментально полученного материала Антон Владимирович в соавторстве разработал, обосновал и применил методики для определения параметров микроструктуры композитных материалов; трехмерного моделирования микроструктуры и расчета электропроводности полученных трехмерных моделей. В основу разработанных методик Антон Владимирович ставил одной из задач создание алгоритмов, которые минимизировали бы субъективность исследователя в выборе настроечных параметров. Сочетание экспериментального и теоретического исследования выбранных объектов в диссертационной работе позволило Антону Владимировичу в случае никель-керметов впервые выявить взаимосвязь между теоретическим параметром микроструктуры, долей связного кластера, и относительным изменением сопротивления, а для электролитов на основе молибдатов лантана обнаружить существование высоко-проводящей фазы, распределенной между зернами двух разных фаз, входящих в состав композита, идентифицировать эту фазу и рассчитать с помощью разработанных методик ее электропроводность.

Антон Владимирович имеет индекс Хирша 4 (база цитирования Web of Science), более 30 публикаций, из них 14 статей в высокорейтинговых

рецензируемых научных журналах. Кроме работы над диссертационным исследованием Антон Владимирович был исполнителем проектов, финансируемых Минобрнауки РФ, хозяйственных договоров, а также проекта Национальной технологической инициативы с индустриальным партнером Группой компаний «Инэнерджи» (Москва); участвовал в испытаниях и оптимизации энергоустановки на основе ТОТЭ мощностью 1.5 кВт при участии индустриального партнера Акционерного общества «Уральский электрохимический комбинат» (г. Новоуральск). Антон Владимирович оказывал помощь и осуществлял наставничество студентам Уральского федерального университета, выполняющим выпускные квалификационные работы в ИВТЭ УрО РАН, неоднократно занимал призовые места на конкурсе молодых ученых ИВТЭ УрО РАН.

Отмеченные качества Антона Владимировича Хрустова как исследователя, его научная эрудиция, высокая работоспособность, а также критическое отношение к получаемым результатам позволяют с полной уверенностью говорить, что он сформировался как высококвалифицированный специалист, достойный присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия.

Научный руководитель, начальник
отделения материалов для
накопителей и преобразователей
энергии Акционерного общества
«Государственного научно-
исследовательского и проектного
института редкометаллической
промышленности «Гиредмет»
(АО «Гиредмет»),
доктор химических наук, доцент



Ананьев Максим Васильевич

Почтовый адрес:
111524, Москва, ул. Электродная,
д. 2, стр. 1, оф. 430
E-mail: MVaAnanyev@rosatom.ru
Раб.тел.+7(495)708-44-66, доб. 10-28

21.03.2022

Подпись Ананьева Максима
Васильевича заверяю



Директор АО «Гиредмет»
Голиней Андрей Иванович