

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор РХТУ им. Д. И.  
Менделеева,  
доктор химических наук  
А. Мажуга



» марта 2019 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Низкотемпературный каталитический конвертор водорода на основе гидрофобных катализаторов» по научной специальности 05.17.01. – Технология неорганических веществ.

На соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена на кафедре технологии изотопов и водородной энергетики Института материалов современной энергетики и нанотехнологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

В процессе подготовки диссертации Иванова Наталия Анатольевна, «7» июля 1989 года рождения, была аспиранткой очной формы на кафедре технологии изотопов и водородной энергетики обучения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» с 01.09.2013 по 31.08.2017.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» в 2019 году.

Научный руководитель кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент кафедры технологии изотопов и водородной энергетики в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» Пак Юрий Самдорович.

По результатам рассмотрения диссертации Ивановой Н.А. на тему: «Низкотемпературный каталитический конвертор водорода на основе гидрофобных катализаторов» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что решение задачи детритизации технологических потоков предприятий атомной отрасли в настоящее время осуществляется способами разделения изотопов водорода, причем наиболее эффективным способом разделения считается химический изотопный обмен (ХИО) в системе «вода–водород»,

характеризующейся высокими значениями коэффициентов разделения. Для реализации всех преимуществ СЕСЕ-процесса в качестве верхнего узла обращения потоков (ВУОП) необходимо устройство для безопасного окисления водорода, которое позволит обеспечить полный перевод потока водорода в поток жидкой воды. Оптимальным решением для ВУОП является низкотемпературный каталитический конвертор на основе гидрофобного катализатора окисления водорода с повышенной термостойкостью. Отсутствие в настоящее время в России необходимого гидрофобного термостойкого катализатора, а, следовательно, безопасного и надежного ВУОП во многом ограничивает и усложняет использование СЕСЕ-процесса. Таким образом, создание надежного и высокоэффективного реактора окисления водорода на основе отечественного гидрофобного катализатора позволит в значительной степени усовершенствовать и упростить ВУОП установок детритизации и обеспечит внедрение передовых технологий в области разделения изотопов водорода.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Разработана оригинальная методика приготовления нового эффективного платинового гидрофобного термостойкого катализатора окисления водорода на неорганическом носителе.

2. Определены оптимальные условия проведения процесса синтеза гидрофобного платинового катализатора окисления водорода с концентрацией активного металла 0,2-0,5 мас. % на основе неорганического носителя  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  с термостойкостью не менее 623 К.

3. Установлены корреляции между условиями синтеза, типом и концентрацией модификатора, и основными физико-химическими и каталитическими свойствами синтезированного катализатора окисления водорода на неорганической основе, включая определение оптимальных параметров синтеза.

4. Предложена оригинальная методика проведения ускоренного «старт-стоп» стресс-тестирования катализатора окисления водорода в стехиометрической смеси с кислородом в низкотемпературном каталитическом конверторе для определения стабильности его характеристик.

Практическая ценность работы состоит в следующем:

1. Разработан гидрофобный катализатор на неорганической основе типа  $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$  (модифицированный) с повышенной термостойкостью не менее 623 К для процесса низкотемпературного стехиометрического окисления водорода кислородом в конверторе (рабочая температура процесса окисления не более 353 К) с прямым контактом теплоносителя и зерен катализатора.

2. Определены основные закономерности работы низкотемпературного каталитического конвертора на основе гидрофобных катализаторов окисления водорода (полимерного катализатора марки РХТУ-3СМ и разработанного катализатора на неорганической основе типа

Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(модифицированный) в широком диапазоне концентрации водорода в потоке кислорода (воздуха)).

3. Предложен способ ускоренного «старт-стоп» стресс-тестирования катализатора окисления водорода в стехиометрической смеси с кислородом для определения стабильности его характеристик в процессе эксплуатации в лабораторных условиях и относительно небольших временах.

4. Проведены испытания разработанного катализатора в низкотемпературном конверторе в качестве верхнего узла обращения потоков установки разделения изотопов водорода.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 5 научных статьях в рецензируемых изданиях, в том числе 2 статьи, индексируемые в международных базах данных Scopus и Web of Science, получен 1 патент на изобретение.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных:

1. Ivanova N.A., Alekseeva O.K., Fateev V.N., Shapir B.L., Spasov D.D., Nikitin S.M., Presnyakov M.Yu., Kolobylna N.N., Soloviev M.A., Mikhalev A.I. and Grigoriev S.A. Activity and durability of electrocatalytic layers with low platinum loading prepared by magnetron sputtering onto gas diffusion electrodes // International Journal of Hydrogen Energy. 2019. Vol. 44. P. 29529-29536 DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.04.096.

2. Ivanova N.A., Levchenko M.A., Pak Y.S. Synthesis, Characterization and Application of Thermostable Hydrophobic Pt Catalysts for Oxidation of H<sub>2</sub>. Kataliz v promyshlennosti. 2018. Vol. 2. P. 57-65 (In Russ.) DOI: 10.18412/1816-0387-2018-2-57-65

Публикации в рецензируемых изданиях:

1. Иванова Н. А., Марунич С. А., Пак Ю. С. Конвертор водорода как верхний узел обращения потоков установок химического изотопного обмена в системе «вода-водород» // Химическая технология. 2018. Т. 19. № 5. С. 225-234.

2. Иванова Н. А., Морозова М. А., Рябов И. В. Способы окисления водорода в каталитическом конверторе на основе гидрофобных катализаторов // Ядерная физика и инжиниринг. 2015. № 9-10 (6). С.1-7. DOI: 10.1134/S2079562915050103

3. Сидорова Е.А., Морозова М.А., Иванова Н.А., Пак Ю.С. Модификация поверхности неорганических носителей для катализаторов окисления водорода // Ядерная физика и инжиниринг. 2017. Т. 8 (1). С. 62-68. DOI:10.1134/s2079562917010201

Результаты диссертации представлены на 5 международных и всероссийских конференциях.

Публичные доклады на международных научных мероприятиях:

1. Иванова Н.А., Пак Ю.С. Разработка гидрофобного катализатора для реакции низкотемпературного окисления водорода // Сборник аннотаций Десятой международной школы молодых ученых и специалистов им. А.А. Курдюмова. Петрозаводск. 2015. С.49-50.

2. Иванова Н.А., Морозова М.А., Пак Ю.С. Низкотемпературное каталитическое окисление как метод утилизации радиолитического водорода на объектах атомной отрасли// Сборник аннотаций V международной конференции-школы по химической технологии. 2016. Том II. С. 418-420.

3. Иванова Н.А., Сидоранова Е.А. Изучение модификации поверхности неорганического носителя для катализаторов окисления водорода // Международная научно-практическая конференция и школа молодых ученых и студентов «Образование и наука для устойчивого развития» имени Легасова (апрель, Москва, 2016). Материалы конференции. Часть 1. 2016. С. 60-63.

Публичные доклады на всероссийских научных мероприятиях:

1. Иванова Н.А., Морозова М.А., Пак Ю.С. Синтез, изучение, применение термостойкого гидрофобного Pt-катализатора в реакции окисления водорода // в сборнике III Российский конгресс по катализу «РОСКАТАЛИЗ» [Электронный ресурс]: тезисы докладов конгресса. 22-26 мая 2017, Нижний Новгород, место издания ИК СО РАН. – Новосибирск: Институт катализа СО РАН Новосибирск, тезисы. С. 423-424

2. Иванова Н.А., Морозова М.А., Рябов И.В. Способы окисления водорода в каталитическом конверторе на основе гидрофобных катализаторов / XIII Курчатовская междисциплинарная молодежная научная школа (2015, Москва). 2015. С.34.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.01 – Технология неорганических веществ в части производственные процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты, область исследований: химические и физико-химические основы технологических процессов: химический состав и свойства веществ, термодинамика и кинетика химических и межфазных превращений и способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Ивановой Наталии Анатольевны является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в

работе результаты принадлежат Ивановой Н.А.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Низкотемпературный каталитический конвертор водорода на основе гидрофобных катализаторов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры технологии изотопов и водородной энергетики Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева состоявшемся «22» марта 2019 года, протокол № 9. Принимало участие в голосовании 9 человек. Результаты голосования: «За» - 9 человек, «Против» - нет человек, воздержались - нет человек, протокол № 9 от «22» марта 2019 г.

Председатель заседания,  
зав. кафедрой технологии изотопов  
и водородной энергетики  
д.х.н., проф.



М. Б. Розенкевич

Секретарь заседания



В.С. Мосеева