

ЗАКЛЮЧЕНИЕДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.06, созданного на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от «8» февраля 2018 года, протокол № 2

О присуждении Борисевич Ольге Борисовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка процесса разделения смесей водород – гелий в присутствии паров воды цеолитными мембранами» в виде рукописи по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология, технические науки, принята к защите «30» ноября 2017 года, протокол №14, диссертационным советом Д 212.204.06, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства образования и науки Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от «11» апреля 2012 года № 105/нк).

Соискатель Борисевич Ольга Борисовна, 26 апреля 1978 года рождения, в 2001 году окончила Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Министерства образования Российской Федерации.

Освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт нефтехимического синтеза имени А. В. Топчиева» Российской академии наук в 2003 году. Работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории №28 «Физико-химии мембранных процессов» Института нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории №28 «Физико-химии мембранных процессов» Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук и в Третьей лаборатории Карлсруэ Института технической физики Института технологии Карлсруэ, Германия.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор Тепляков Владимир Васильевич, гражданин Российской Федерации, заведующий лабораторией №28 «Физико-химии мембранных процессов» Института нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева Российской академии наук.

Научный консультант – PhD Бессерер Уве, гражданин Германии, руководитель группы Третьей лаборатории Карлсруэ Института технической физики Института технологии Карлсруэ.

Официальные оппоненты:

доктор химических наук Милютин Виталий Витальевич, гражданин Российской Федерации, заведующий лабораторией хроматографии радиоактивных элементов Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина» Российской академии наук, Москва.

Кандидат технических наук Трубянов Максим Михайлович, гражданин Российской Федерации, старший научный сотрудник кафедры нанотехнологии и биотехнологии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, дали *положительные отзывы* на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, в своём *положительном заключении*, подписанном доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой процессов и аппаратов химической технологии Клиновым Александром Вячеславовичем и секретарем той же кафедры Рожковой Ираидой Анатольевной, указала, что диссертационная работа Борисевич О.Б. соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациями (п. 9-14 «Положения о присуждения ученых степеней»), а ее автор Борисевич Ольга Борисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – мембраны и мембранная технология (отзыв заслушан и одобрен на расширенном заседании кафедры «Процессы и аппараты химической технологии», от 21.12.2017 протокол №3).

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ общим объёмом 65 страниц. Все работы по теме диссертации посвящены исследованию цеолитных мембран для выделения водорода из смесей с гелием в присутствии паров воды и написаны автором в соавторстве другими исследователями; недостоверные сведения об опубликованных работах в диссертации отсутствуют. Личный вклад соискателя составляет 80-95% и заключается в непосредственном участии в планировании работы, разработке методики проведения экспериментальных исследований, сборке и наладке лабораторных установок, проведении экспериментов, анализе и обсуждении полученных результатов и написании работ.

Соискателем опубликовано 4 работы в сборниках материалов международных конференций; монографий, патентов, депонированных рукописей не имеет.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. O. Borisevich, D. Demange, M. Kind, X. Lefebvre. Zeolite membrane cascade for tritium extraction and recovery systems // Fusion Science and Technology – 2015. Vol. 67 - Issues 2 - p. 262-265.
2. O. Borisevich, R. Antunes, D. Demange. Experimental study of permeation and selectivity of zeolite membranes for tritium processes // Fusion Engineering and Design – 2015. Vol. 98–99 – p. 1755–1758.
3. R. Antunes, O. Borisevich, D. Demange. Numerical analysis of H₂/He gas separation experiments performed with a MFI-type tubular zeolite membrane // Chemical Engineering Research and Design – 2016. Vol. 109 – p. 327 – 334.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, *все положительные*. В отзывах указывается, что представленная работа характеризуется высоким теоретическим и экспериментальным уровнем, имеет большое научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии. В ряде отзывов имеются замечания.

В отзыве кандидата химических наук, старшего научного сотрудника кафедры радиохимии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный

университет имени М.В. Ломоносова» И. М. Бунцевой отмечается, что в работе не представлено возможное влияние других компонентов газовой смеси (следовые количества компонентов воздуха, CO_2 и т.д.) на процессы разделения цеолитными мембранами; также отмечается, что было бы полезно привести данные по сорбции разделяемых компонентов материалом селективного слоя цеолитной мембраны.

В отзыве доктора химических наук, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт органической химии имени Н.Д. Зелинского» Российской академии наук В. И. Исаевой отмечается, что не было указано, где были приготовлены изученные мембраны. Кроме того констатированы некоторые нечеткости в подписях к рисункам, опечатки и стилистические ошибки.

В отзыве кандидата технических наук, руководителя отдела научно-технической экспертизы Акционерного общества «Грасис» Н. Л. Докучаева отмечено, что в характеристиках цеолитных мембран внешний диаметр указан меньше внутреннего; кроме того отмечено, что непонятна причина разницы в проницаемости капиллярных и трубчатых мембран примерно в два раза, тогда как разница в толщине селективного слоя составляет 30; указано, что из автореферата не ясно, какие значения проницаемостей и селективностей закладывались при расчете каскадов.

В отзыве доктора технических наук, профессора кафедры нанотехнологии и биотехнологии Нижегородского государственного технического университета имени А.Е. Алексеева Ильи Владимировича Воротынцева отмечается неполное соответствие названия диссертационной работы ее содержанию, а также что не приведены данные по аналитическому обеспечению процессов разделения.

В отзывах доктора физико-математических наук, заведующего Лабораторией функциональной керамики (№31) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова В. В. Белоусова и доктора химических наук, главного научного сотрудника лаборатории ионообменных смол и мембран Акционерного общества «Институт химических наук» имени А.Б. Бектурова (Республика Казахстан) Т. К Чалова. замечаний не содержат.

Выбор ведущей организации и официальных оппонентов основан тем, что они являются ведущими специалистами в области извлечения радиоактивных элементов из смесей мембранными методами и мембранного газоразделения; ведущая организация имеет большой опыт в области разработки и применений процессов мембранного газоразделения

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

определена проницаемость водорода и гелия в виде как чистых газов, так смесей различных концентраций в присутствии паров воды через капиллярные и трубчатые цеолитные мембраны;

установлено, что капиллярная и трубчатая цеолитные мембраны MFI имеют при комнатной температуре одинаковую идеальную селективность H_2/He , равную 2,2, которая рассчитана как отношение проницаемостей водорода и гелия. Это значение превышает селективность по Кнудсену для этой пары газов (1,4) и является одним из самых высоких значений, опубликованных в литературе;

определено, что оптимальные коэффициенты деления потоков для выделения водорода из смесей с гелием в диапазоне концентраций 0,1 – 20,0 % об. водорода в смеси составляют 0,2 –

0,4; при этом фактор разделения смеси достигает максимального значения 1,7;

показано, что фактор разделения смеси водород-гелий цеолитными мембранами MFI, как капиллярной, так и трубчатой, ниже значения идеальной селективности и составляет 1,7 при комнатной температуре и оптимальном коэффициенте деления потока;

установлено, что среди протестированных цеолитных мембран мембрана MFI-Al₂O₃ обладает наибольшей проницаемостью при низких концентрациях H₂O в смеси (до ~ 0,2 % об.) в сочетании с наибольшим фактором разделения H₂O/He, равным 10 при 30° С.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлено, что транспорт водорода и гелия через капиллярную и трубчатую мембраны MFI адекватно описывается уравнением Максвелла-Стефана, что свидетельствует о преобладающем вкладе поверхностной диффузии в массоперенос;

показано, что при разделении смеси водород-гелий проницаемость газов через обе мембраны MFI практически не зависит от состава мембран и имеет значение, близкое к проницаемости чистых газов;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

идентифицирована наиболее перспективная цеолитная мембрана для выделения паров воды из смеси с гелием при низких концентрациях воды (~ 0.2 % об. H₂O) и температурный режим ее эксплуатации.

предложена технологическая схема разделения «мембранный каскад» с рециркуляцией для предварительного концентрирования водорода в смеси с гелием перед каталитическим мембранным реактором ПЕРМКАТ;

проведен технико-экономический расчет мембранных каскадов на основе капиллярной и трубчатой мембран MFI для разделения смесей H₂/He и H₂O/He с 0,1% об. H₂ или H₂O в He;

установлено, что замена водорода в смеси с гелием на пары воды позволяет уменьшить число ступеней каскада в 5,5 раз, капитальные затраты в 7 и эксплуатационные в 11 раз;

рекомендованы перспективные цеолитные мембраны и оптимальные условия их эксплуатации для эффективного предварительного концентрирования водорода в смесях с гелием для последующего полного разделения в реакторе ПЕРМКАТ.

Результаты работы могут быть рекомендованы для использования на предприятиях энергетической и нефтехимической промышленности, в научно-исследовательских институтах при решении задач, связанных с выделением водорода из газовых смесей, в фундаментальных проектах и прикладных работах, а также в учебном процессе по подготовке бакалавров и магистров в области мембранной техники и технологии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты получены на сертифицированном оборудовании, проверка средств измерения проведена в соответствии с регламентом, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;
- теоретические представления построены на известных проверяемых данных, согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;
- идея предварительного концентрирования смесей водород-гелий с последующей подачей в реактор ПЕРМКАТ, базируется на собственных результатах, а также на анализе и обобщении мировой научной и технологической практики;
- достоверность полученных результатов обеспечена использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, и подтверждена их

согласованностью;

– выводы диссертации обоснованы и не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о технологии разделения газов на промышленных предприятиях.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке основных задач исследования; проведении всех экспериментов; обработке и интерпретации экспериментальных данных; разработке основных методов эксперимента; личном участии в апробации результатов исследования; подготовке и оформлении основных публикаций по выполненной работе.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.17.18 – мембраны и мембранная технология в части пункта 2 «Теория мембранных процессов, механизмы переноса компонентов через мембраны различной природы. Кинетика мембранного транспорта; пункта 4: «Технологические схемы с применением мембранных процессов, их экономическое и экологическое обоснование», пункта 6: «Применение мембранных процессов в промышленности, охране окружающей среды и медицине, в том числе решение проблем водного хозяйства, разделения жидких и газовых смесей, выделения ценных компонентов из сточных вод и газовых выбросов, использование процессов и устройств для поддержания жизнедеятельности человека».

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация Борисевич О.Б. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержатся научно обоснованные технологические решения, имеющие существенное значение для развития технологии в области разделения газовых смесей, содержащих водород и его изотопы в примесных концентрациях.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

На заседании «8» февраля 2018 года, протокол № 2, диссертационный совет принял решение присудить Борисевич Ольге Борисовне ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 16, против присуждения учёной степени - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета

Ученый секретарь диссертационного совета

Колесников

