

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 05.06.17
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК**

от «21» января 2020 г. № 1

о присуждении Денисову Евгению Ивановичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Разработка технологий выделения Мо-99 из высокоактивных растворов с использованием сорбентов «Термоксид»» по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов принята к защите диссертационным советом УрФУ 16 ноября 2019 г. протокол № 8.

Соискатель, Денисов Евгений Иванович, 1961 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по закрытой тематике защитил в диссертационном совете, созданном на базе Уральского политехнического института имени С.М. Кирова в 1989 г.;

в 2009 г. окончил докторантуру Уральского государственного технического университета – УПИ по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов;

работает в должности доцента кафедры радиохимии и прикладной экологии Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре радиохимии и прикладной экологии Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный консультант – доктор химических наук, профессор, Бетенеков Николай Дмитриевич, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Физико-технологический институт, кафедра радиохимии и прикладной экологии, профессор.

Официальные оппоненты:

Милютин Виталий Витальевич – доктор химических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, г. Москва, лаборатория хроматографии радиоактивных элементов, заведующий лабораторией;

Скуридин Виктор Сергеевич – доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Учебно-научный центр «Исследовательский ядерный реактор», лаборатория № 31 ядерного реактора, профессор-консультант;

Денисова Татьяна Александровна – доктор химических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, лаборатория квантовой химии и спектроскопии им. А.Л. Ивановского, главный научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 40 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 19 работ, из них 13 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК, включая 6 статей – в изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus; 2 патента Российской Федерации на изобретение и 1 патент США. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 4,45 п.л., авторский вклад – 2,75 п.л.

Список основных публикаций по теме диссертации:

1. Денисов Е.И. Радиохимическое исследование гидроксидных пленок. VI. Коллоидно-химические закономерности формирования слоев гидроксида титана из растворов титана (III) / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Ю.В. Егоров, Т.А. Недобух // Радиохимия. – 1996. – Т. 38. – № 3. – С. 248–253 (0,3 п.л. / 0,1 п.л.)

2. Денисов Е.И. Радиохимическое исследование гидроксидных пленок. VII. Электронно-микроскопическое изучение структуры осадков и

пленок гидроксида титана / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Ю.В. Егоров, Т.А. Недобух // Радиохимия. – 1996. – Т. 38. – № 3. – С. 254–260 (0,3 п.л. / 0,1 п.л.)

3. Денисов Е.И. Исследование механизма сорбции молибдена гидратированным оксидом титана / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Л.М. Шарыгин // Вестник УГТУ-УПИ. – 2004. – №17(47). – С. 137–142 (0,3 п.л. / 0,2 п.л.).

4. Денисов Е.И. Исследование механизма сорбции молибдена гидратированным оксидом титана методом кинетики сорбции / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, М.Л. Зеленская, М.С. Сагалова, Л.М. Шарыгин // Вестник УГТУ–УПИ. – 2004. – №17(47). – С. 143–149 (0,3 п.л. / 0,15 п.л.)

5. Денисов Е.И. Исследование поведения рутения в азотнокислых растворах / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Е.А. Давыдова // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2006. – Т. 6. – № 6. – С. 996–1000 (0,3 п.л. / 0,2 п.л.)

6. Денисов Е.И. Исследование форм состояния Мо-99 в азотнокислых растворах / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Л.М. Шарыгин // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2006. – Т. 6. – № 6. – С. 911–916 (0,25 п.л. / 0,15 п.л.)

7. Денисов Е.И. Влияние форм состояния молибдена на его извлечение гидроксидными сорбентами / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Л.М. Шарыгин // Радиохимия. – 2016. – Т. 58. – № 1. – С. 59–66; 0,4 п.л. / 0,25 п.л. (Scopus).

8. Денисов Е.И. Кинетика сорбции ^{99}Mo сорбентом на основе гидратированного диоксида титана / **Е.И. Денисов**, Н.Д. Бетенеков // Радиохимия. – 2016. – Т. 58. – № 6. – С. 540–547; 0,4 п.л. / 0,3 п.л. (Scopus).

9. Денисов Е.И. Исследование межфазного распределения иода в процессе получения концентрата ^{99}Mo / **Е.И. Денисов**, Н.Д. Бетенеков, М.В. Логунов, Ю.А. Ворошилов // Радиохимия. – 2017. – Т. 59. – № 4. – С. 331–339; 0,4 п.л. / 0,3 п.л. (Scopus).

10. Денисов Е. И. Исследование влияния рН азотнокислого раствора на кинетику сорбции ^{99}Mo гидроксидом титана / **Е.И. Денисов**, Н.Д. Бетенеков // Радиохимия. – 2018. – Т. 60. – № 1. – С. 27–34; 0,4 п.л. / 0,3 п.л. (Scopus).

11. Денисов Е. И. Сорбция молибдена гидроксидом титана / **Е.И. Денисов**, Н.Д. Бетенеков // Радиохимия. – 2018. – Т. 60. – № 4. – С. 332–339; 0,4 п.л. / 0,3 п.л. (Scopus).

12. Денисов Е.И. Изучение возможности использования некоторых катионитов в технологии выделения и отчистки молибдена-99 / Ю.А. Ворошилов, М.В. Логунов, **Е.И. Денисов**, С.К. Вовк, П.В. Терехов // Химическая технология. – 2018. – №1. – С. 27–34; 0,4 п.л. / 0,2 п.л.

13. Денисов Е.И. Выбор оптимального состава растворного топлива гомогенного реактора и сорбента марки «Термоксид» для извлечения ^{99}Mo / **Е.И. Денисов**, Н.Д. Бетенеков // Радиохимия. – 2018. – Т. 60. – № 5. – С. 464–469; 0,3 п.л. / 0,2 п.л. (Scopus).

Патенты

14. Патент № 6337055 США. Inorganic sorbent for molybdenum-99 extraction from irradiated uranium solutions and its method of use / Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Т.А. Недобух, Л.М. Шарыгин. Оpubл. 08.02.2002.

15. Патент на изобретение № 2288516 Российская Федерация. Способ получения концентрата радионуклида ^{99}Mo / С.И. Ровный, М.В. Логунов, Ю.А. Ворошилов, Н.Д. Бетенеков, **Е.И. Денисов**, Л.М. Шарыгин, К.В. Бугров, В.Б. Никипелов. Оpubл. 27.11.2006, Бюл. № 33.

16. Патент на изобретение № 2560966 Российская Федерация. Способ получения препарата ^{99}Mo / С.В. Баранов, Г.Ш. Баторшин, М.В. Логунов, Ю.А. Ворошилов, **Е.И. Денисов**, и др. Оpubл. 20.08.2015, Бюл. № 23.

На автореферат поступили отзывы:

1. **Железнова Вениамина Викторовича**, доктора технических наук, заведующего лабораторией сорбционных процессов ФГБУН Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г.

Владивосток. Содержит замечание по некорректному использованию термина «метка».

2. **Файзрахманова Фидуса Фаязовича**, кандидата химических наук, начальника лаборатории проблем экологии Научно-образовательного центра математического моделирования и прикладного программирования ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск. Содержит вопросы и замечания, касающиеся перспективности предлагаемой технологии в сравнении с другими применяемыми в России, использования аббревиатур, часть из которых требует обязательной расшифровки.

3. **Жуйкова Бориса Леонидовича**, доктора химических наук, заведующего лабораторией радиоизотопного комплекса Отдела экспериментальной физики ФГБУН Институт ядерных исследований Российской академии наук, г. Москва. Содержит вопросы и замечания, касающиеся названия диссертационной работы, доступности и наличия аналогов сорбентов Т-5 и Т-52, путей улучшения специфичности сорбентов марки «Термоксид», целесообразности применения данных сорбентов «Термоксид» для разработки технологической схемы извлечения Мо для реактора на НОУ топливе «Аргус-М» в Сарове.

4. **Сухарева Юрия Ивановича**, доктора химических наук, профессора кафедры химии твердого тела и нанопроцессов ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет». Содержит вопросы и замечания, касающиеся внешней диффузии как лимитирующей стадии; нахождения равновесного значения сорбции; особенности гелевого строения сорбентов типа «Термоксид»; взаимосвязи сорбента Т-52 и сорбентов марки «Термоксид», представлений с физической точки зрения превращения несорбируемых форм состояния радионуклидов молибдена в сорбируемые гидроксоформы.

5. **Шадрина Андрея Юрьевича**, доктора химических наук, главного эксперта АО «Высокотехнологический научно-исследовательский

институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ»), г. Москва, и **Логунова Михаила Васильевича**, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника АО «ВНИИНМ». Содержит вопросы и замечания, касающиеся проекта НИИАР по GMP-сертификации производства Мо-99 и оформлению поставок продукции в страны Евросоюза; влияния на химизм сорбции и физико-химические свойства исследованных сорбентов добавок оксидов циркония и олова; растворимости титана, циркония и олова в щелочах; доказательств несорбируемости форм MoO_2^{2+} и MoO_4^{2-} , специфичности сорбента Т-5(Аg) к молибдену в щелочной среде; отсутствию схемы переработки и утилизации жидких и твердых радиоактивных отходов, образующихся при технологических операциях выделения молибдена-99; некоторой небрежности при оформлении автореферата.

6. **Конникова Андрея Валерьевича**, кандидата технических наук, руководителя группы технологической лаборатории ЦЗЛ ФГУП «Производственное объединение «Маяк», г. Озерск, Челябинская обл. Содержит вопросы и замечания, касающиеся предпочтения сульфатных растворов для разработки технологий наработки и извлечения Мо-99 из топлива гомогенного растворного реактора, различных обозначений «моль/л» и «М».

7. **Дьякова Александра Андреевича**, доктора технических наук, эксперта Отдела научного и инновационного развития АО «Институт реакторных материалов» г. Заречный, Свердловская обл. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области сорбционных процессов и технологии редких и редкоземельных элементов, что подтверждается публикациями в рецензируемых российских и международных научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором

исследований решена научная проблема разработки технологий выделения Мо-99, получаемого по реакции деления урана, с использованием неорганических сорбентов «Термоксид», внедрение которых позволит более активно использовать гомогенные атомные реакторы в ядерной медицине.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. На основе исследований физико-химических и сорбционных свойств выбраны наиболее перспективные марки сорбентов «Термоксид» (Т-5, Т-52) для выделения Мо-99.

2. Установлены закономерности сорбции молибдена из азотнокислых и сернокислых растворов сорбентами «Термоксид» при различной их кислотности и концентрации урана, на основании которых предложена схема сорбции гидроксокомплексов молибдена гидроксидом титана.

3. Установлены закономерности сорбции урана и продуктов его деления сорбентами «Термоксид». Предложены способы дополнительной очистки щелочных концентратов молибдена от йода на модифицированном сорбенте Т-5(Аg).

4. На основании экспериментальных данных разработаны технологии выделения Мо-99 с применением сорбентов «Термоксид» из трех типов технологических сред: 1) растворов после переработки мишеней ФГУП «ПО «Маяк»; 2) «растворного» топлива реактора «Аргус»; 3) сульфатного низкообогащённого уранового (НОУ) топлива гомогенного растворного реактора.

5. Определены оптимальные состав и концентрация НОУ-топливного раствора, обеспечивающего выход Мо в конечный концентрат более 85% при минимальном количестве радиоактивных отходов.

6. Разработаны рекомендации по проектированию гомогенного растворного реактора с учетом разработанных технологий выделения Мо-99.

7. Разработаны технологические схемы переработки и утилизации жидких и твердых радиоактивных отходов, образующихся при выделении Мо-99.

На разработанные в данной работе технологии и способы выделения Мо-99 из высокоактивных растворов с использованием сорбентов «Термоксид» получены два патента РФ и патент США. Предложенная технология выделения молибдена из растворов после переработки мишеней ПО «Маяк» с применением сорбента Т-5 успешно прошла опытно-промышленные испытания, что подтверждается актом.

На заседании 21 января 2020 г. диссертационный совет УрФУ принял решение присудить Денисову Е.И. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ в количестве 21 человека, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета УрФУ

Ученый секретарь

диссертационного совета УрФУ

21.01.2020 г.



Рычков Владимир Николаевич



Семенцев Владимир Сергеевич