

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 05.03.04  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «22» апреля 2021 г. № 3

о присуждении Кобелеву Антону Михайловичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Комбинированный способ переработки реакторного графита в водяном паре и оксидно-солевых расплавах» по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации принята к защите диссертационным советом УрФУ 05.03.04 «26» февраля 2021 г. протокол № 2.

Соискатель, Кобелев Антон Михайлович, 1985 года рождения;

в 2008 г. окончил ГОУ ВПО «Уральский институт государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям ликвидации последствий стихийных бедствий» по специальности «Пожарная безопасность»;

в 2013 г. окончил заочную аспирантуру ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» по специальности 05.26.01 – Охрана труда; с 20.12.2020 г. по 19.06.2021 г. был прикреплен к ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» в качестве экстерна для сдачи кандидатских экзаменов по направлению 14.06.01 Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии (Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации);

работает в должности старшего научного сотрудника – начальника научно-исследовательского отделения учебно-научного комплекса пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ ФГБОУ ВО «Уральский институт государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении учебно-научного комплекса пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ ФГБОУ ВО «Уральский институт государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», МЧС России.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент, Барбин Николай Михайлович, ФГБОУ ВО «Уральский институт государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», учебно-научный комплекс пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, научно-исследовательское отделение, ведущий научный сотрудник.

**Официальные оппоненты:**

Хомяков Анатолий Павлович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, кафедра машин и аппаратов химических производств, заведующий кафедрой;

Гудим Юрий Александрович – доктор технических наук, профессор, ООО Промышленная компания «Технология металлов», г. Челябинск, заместитель генерального директора по научной работе;

Слюнчев Олег Михайлович – кандидат технических наук, ФГУП «Производственное объединение «МАЯК»», г. Озерск, Челябинская обл., Центральная заводская лаборатория, группа по обращению с жидкими и газоаэрозольными радиоактивными отходами, начальник группы

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, из них 10 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, включая 9 статей в зарубежных изданиях, входящих в междуна-

родные базы цитирования Scopus и Web of Science; 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 8,1 п.л., авторский вклад – 4,09 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

*Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:*

1. Барбин Н.М. Термодинамическое моделирование поведения радионуклидов при нагреве (сжигании) радиоактивного графита в парах воды. / Н.М. Барбин, **А.М. Кобелев**, Д.И. Терентьев, С.Г. Алексеев // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – №10 – С. 38-47. 0,63 п.л./ 0,32 п.л.

2. Барбин Н.М. Поведение углерода и урана при нагревании радиоактивного графита в парах воды. Термодинамическое моделирование. / Н.М. Барбин, **А.М. Кобелев**, Д.И. Терентьев, С.Г. Алексеев // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2016. – Т. 59. – Вып. 9 – С. 16-20. 0,31 п.л./ 0,16 п.л. (*Web of Science*).

3. Barbin N. M. Thermodynamic modeling of thermal processes involving actinides (U, Am, Pu) in the course of heating radioactive graphite in steam / N. M. Barbin, **A. M. Kobelev**, D. I. Terent'ev, S.G. Alekseev // Radiochemistry. – 2017. – Vol.59 – №5 – PP.507–511. 0,31 п.л./ 0,16 п.л. (*Scopus, Web of Science*).

4. Barbin N. Thermophysical characteristics of radioactive graphite – water vapor system / N. Barbin, **A. Kobelev**, D. Terent'ev, S. Alekseev // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 115. 0,25 п.л./ 0,13 п.л. (*Scopus*).

5. Barbin N. M. Thermodynamic Analysis of the Oxidation of Radioactive Graphite in a Multicomponent Melt in an Inert Atmosphere / N. M. Barbin, **A. M. Kobelev**, D. I. Terent'ev, S. G. Alekseev // Russian Metallurgy (Metally). – 2018. – Vol. 2018. – № 8 – PP.700–706. 0,44 п.л./ 0,22 п.л. (*Scopus, Web of Science*).

6. Barbin N. M. Thermodynamic modeling of thermal processes involving chlorine, calcium, beryllium, nickel, and cesium radionuclides in the course of heating radioactive graphite in steam / N. M. Barbin, **A. M. Kobelev**, D. I. Terent'ev, S.G. Alekseev // Radiochemistry. – 2019. – Vol.61 – №2 – PP.192–197. 0,38 п.л./ 0,19 п.л. (*Scopus, Web of Science*).

7. Barbin N. M. The behavior of radioactive metals (Am, Eu, Sr) during the processing of radioactive graphite in salt melts // N. M. Barbin, **A. M. Kobelev**, D. I. Terent'ev, S.G. Alekseev // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1347. 0,38 п.л./ 0,19 п.л. (*Scopus*).

8. Barbin N. M. Thermodynamic analysis of the oxidation of radioactive graphite in the CuO–NaCl–KCl–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>–K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> melt in water vapor / N. M. Barbin, **A. M. Kobelev**, D. I. Terent'ev, S.G. Alekseev // Russian Metallurgy (Metally). – 2020. – Vol. 2020. – №2 – PP.155–163. 0,56 п.л./ 0,28 п.л. (*Scopus, Web of Science*).

9. Barbin N. Thermal characteristics of the radioactive graphite – CuO – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – NaCl – KCl system in argon atmosphere / N. Barbin, **A. Kobelev**, D. Terent'ev, S. Alekseev // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1565. 0,31 п.л./ 0,16 п.л. (*Scopus*).

10. Barbin N. M. Thermodynamic modeling of the gas-plasma phase in the processing of radioactive graphite in a gas plasma furnace / N. M. Barbin, **A. M. Kobelev**, D. I. Terent'ev // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1675. 0,38 п.л./ 0,19 п.л. (*Scopus*).

*Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ:*

11. Кобелев А.М. Св-во о гос. рег. прог. для ЭВМ № 2019667735. Модель процесса переработки радиоактивного графита в газогенераторной печи / А.М. Кобелев, В.В. Луговкин, Н.М. Барбин, Д.И. Терентьев: патентообладатель ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России – №2019666648; заявл. 18.12.2019; опубли. 26.12.2019.

На автореферат поступили отзывы от:

1. **Козлова Павла Васильевича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры химии и химических технологий Озерского технологического института – филиала ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Озерск (Челябинская область). Содержит замечания, касающиеся использования неоднозначной трактовки полу-

ченных результатов, представленных на рисунке 2 (стр. 9 автореферата); отсутствия объяснения результатов, приведенных на рисунках 4-6 (стр.12 автореферата).

2. **Балакирева Владимира Федоровича**, члена-корреспондента РАН, доктора химических наук, профессора, советника РАН, ФГБУН Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы, касающиеся процессов, где окисление углерода происходит за счет внешних окислителей; значения допустимой активности C-14 для его переработки; дальнейших этапов после накопления в солевой смеси радионуклидов.

3. **Сабирзянова Наиля Аделевича**, доктора технических наук, заведующего лабораторией химии гетерогенных процессов ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы, касающиеся разделения графитовых блоков на внешнюю и внутреннюю части; обезвреживания радиоактивных газов; контроля уровня загрязнения установки по переработке реакторного графита.

4. **Красикова Сергея Анатольевича**, доктора технических наук, доцента, главного научного сотрудника лаборатории редких тугоплавких металлов отдела цветной металлургии ФГБУН Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы, касающиеся очистки тигля после газогенераторной переработки; производительности газогенераторной установки.

5. **Смоленского Валерия Вадимовича**, доктора химических наук, главного научного сотрудника лаборатории радиохимии ФГБУН Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы, касающиеся видов и количества радионуклидов, присутствующих в реакторном графите; поведения радионуклидов в процессе переработки при высоких температурах; существования диоксида урана, уранилхлорида, ионизированного диоксида урана; состава карбонатно-хлоридной смеси и ее летучести; обоснования температуры исследования нагревания реакторного графита.

6. **Волковича Владимира Анатольевича**, кандидата химических наук, доцента, доцента кафедры редких металлов и наноматериалов ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. Содержит замечания, касающиеся опечаток и неудачных выражений, и вопросы, касающиеся учета влияния образующегося водорода на валентное состояние урана; изменения числа тепловых эффектов на термограммах в системах с оксидом никеля; параметра статистической обработки, расчета скорости окисления графита, процентного соотношения реагирующих веществ; характера полученных зависимостей; влияния площади поверхности твердых фаз и ее изменения при определении скорости окисления; роли солевой системы в процессе окисления графита; сравнения скоростей окисления в хлоридно-карбонатной и хлоридной системах; уточнения состава стекла и расчета количества образующихся радиоактивных отходов.

7. **Филатова Евгения Сергеевича**, доктора химических наук, главного научного сотрудника лаборатории расплавленных солей ФГБУН Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы, касающиеся связи выбросов углекислого газа с атомными электростанциями; актуальности использования атомных электростанций; приведения реакций окисления графита; уточнения технологии переработки электролита после процесса окисления в солевом расплаве; возможного образования диоксинов в процессе переработки реакторного графита.

8. **Горбунова Владимира Александровича**, доктора технических наук, заведующего кафедрой «Атомные электрические станции» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново. Содержит замечание, касающееся недостаточной информации о преимуществах или недостатках использования различных атмосфер для ряда систем; влияния степени измельчения и состава частиц графита на его скорость окисления; а также вопросы, касающиеся описания процессов (эндотермических, экзотермических), происходящих при нагревании реакторного графита; наличия водорода в результате процессов конверсии; уточнения

возможности перехода газа в установке окисления в расплаве солей; определения термина «беспламенное горение».

9. **Крымского Валерия Вадимовича**, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры «Теоретические основы электротехники» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск. Без замечаний.

10. **Гончарова Олега Юрьевича**, кандидата химических наук, главного ученого секретаря ФГБОУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается широкой известностью их достижений и исследований в области ядерных энергетических установок, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения по переработке реакторного графита уран-графитовых атомных электростанций (АЭС), имеющие существенное значение для развития страны.

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:

- методом термодинамического моделирования исследовано поведение радионуклидов при нагревании радиоактивного графита в различных средах при температурах от 373 до 3273 К;

- методом термического анализа определены температурные интервалы взаимодействия оксидов металлов и графита в двойных и четверных солевых системах;

- рассчитаны энтальпии эндотермических и экзотермических процессов, протекающих в рассматриваемых оксидно-солевых системах;
- проведено термогравиметрическое исследование процесса окисления графита в рассматриваемых оксидно-солевых системах;
- рассчитана активность радиоактивного газа, образуемого при переработке предложенными способами;
- рассчитано общее количество радиоактивных отходов, получаемых после переработки реакторного графита предложенными способами;
- рассчитаны тепловые эффекты для реакций газогенерации;
- проведена технико-экономическая оценка производства электрической энергии газотурбинной и газопоршневой установками при использовании генераторного газа.

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

- определен равновесный состав систем графит – пары воды, графит – оксидно-солевые расплавы – пары воды (воздух, аргон);
- результаты выполненных экспериментов позволили определить основные параметры будущих способов переработки реакторного графита;
- разработана и предложена укрупненная технологическая схема комбинированного способа переработки реакторного графита в перегретом водяном паре и оксидно-солевых расплавах;
- разработаны основные принципы конструирования установок по переработке реакторного графита;
- разработана компьютерная программа «Модель процесса переработки радиоактивного графита в газогенераторной печи (ГРАФИТ-ГАЗ)», которая уже используется при подготовке специалистов направления «Пожарная безопасность» Уральского института ГПС МЧС России.

Полученные в ходе исследования результаты могут быть использованы при подготовке студентов, изучающих методы переработки твердых радиоак-



тивных отходов, а также для повышения квалификации персонала, работающего в области ядерной энергетики. Разработанный комбинированный способ переработки реакторного графита может значительно уменьшить его объемы за счет применения оксидно-солевых расплавов и газогенераторной переработки.

На заседании 22 апреля 2021 г. диссертационный совет УрФУ 05.03.04 принял решение присудить Кобелеву А.М. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет УрФУ 05.03.04 в количестве 14 человек, из них в удаленном интерактивном режиме – 4, в том числ 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссер-тации, участвовавши в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали; за – 14 против – нет воздержались – нет.

Председатель  
диссертационного совета  
УрФУ 05.03.04



  
Щеклеин Сергей Евгеньевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
УрФУ 05.03.04

  
Ташлыков Олег Леонидович

22.04.2021 г.