

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 2.6.02.07
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «03» июня 2025 г. № 9

о присуждении Шайдуллину Сергею Минулловичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Легкоплавкое боросиликатное стекло для отверждения жидких высокоактивных отходов» по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов принята к защите диссертационным советом УрФУ 2.6.02.07 «28» апреля 2025 г. протокол № 7.

Соискатель, Шайдуллин Сергей Минуллович, 1993 года рождения, в 2018 г. окончил ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики;

в 2022 г. окончил очную аспирантуру Северского технологического института – филиала ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов);

с 02.05.2024 г. по 01.11.2024 г. был прикреплен к ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» для сдачи кандидатских экзаменов по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов;

работает в должности ведущего инженера-технолога в Федеральном государственном унитарном предприятии «Производственное объединение «Маяк» (Челябинская обл., г. Озерск).

Диссертация выполнена в центральной заводской лаборатории Федерального государственного унитарного предприятия «Производственное объединение «Маяк» и на кафедре химии и технологии материалов современной энергетики Северского технологического института – филиала федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, Козлов Павел Васильевич, ФГУП «Производственное объединение «Маяк», центральная заводская лаборатория, исследовательская лаборатория по обращению и кондиционированию радиоактивных отходов, начальник лаборатории.

Официальные оппоненты:

Королева Ольга Николаевна – доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук, г. Москва, лаборатория кристаллохимии, ведущий научный сотрудник;

Сигаев Владимир Николаевич – доктор химических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва, кафедра химической технологии стекла и ситаллов, заведующий кафедрой;

Кашеев Владимир Александрович – кандидат физико-математических наук, Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара», г. Москва, заместитель генерального директора - директор отделения

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 44 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 44 работы, из них 9 статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе 7 статей в журналах, входящих в международные системы цитирования Scopus и Web of Science, 1 патент РФ на полезную модель. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 14,4 п.л., авторский вклад – 3,018 п.л.

Основные публикации по теме диссертации

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

1. Шайдуллин, С.М. Отработка процесса варки боросиликатных стекол с имитаторами компонентов ВАО и исследование их химической устойчивости / **С.М. Шайдуллин**, Е.А. Беланова, П.В. Козлов, М.Б. Ремизов, Е.М. Дворянчикова // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2018. – Т. 64, № S2-2 (759). – С. 148-154. (0,44 п.л. / 0,09 п.л.)

2. Shaydullin, S.M. Investigation of Borosilicate Glasses with Simulated HLW Components and Determination of Their Chemical Durability / **S.M. Shaydullin**, E.A. Belanova, P.V. Kozlov, M.B. Remizov, E.M. Dvoryanchikova // Chimica Techno Acta. – 2021. – Vol 8 (1). – P. 1-7. (0,44 п.л. / 0,09 п.л.) (Scopus)

3. Шайдуллин, С.М. Коррозионные испытания бадделеитокорундовых и хромсодержащих материалов отечественного производства в расплавах боросиликатных стекол / **С.М. Шайдуллин**, М.Б. Ремизов, П.В. Козлов, С.А. Дубков, М.В. Печенкина, Г.В. Кочкина // Новые огнеупоры. – 2022. – № 11. – С.3-8. (0,38 п.л. / 0,06 п.л.)

Shaydullin, S.M. Corrosion Testing of Russia-Made Baddeleyite-Corundum and Chromium-Containing Materials in Borosilicate Glass Melts / **S.M. Shaydullin**, M.B. Remizov, P.V. Kozlov, S.A. Dubkov, M.V. Pechenkina, G.V. Kochkina // Refractories and Industrial Ceramics. – 2023. – Vol. 63, №. 6. – P. 579-584. (0,38 п.л. / 0,06 п.л.) (WoS)

4. Shaydullin, S.M. Corrosion Tests of Domestic and Imported Chromium-Containing and Baddelyite-Corundum Refractories in Borosilicate Glass Melts / **S.M. Shaydullin**, M.B. Remizov, P.V. Kozlov // Radiochemistry. – 2023. – Vol. 65, № S1. – P. 13-23. (0,69 п.л. / 0,23 п.л.) (WoS)

5. Eremyashev, V.E. Limiting Solubility of Zirconium in Aluminoborosilicate Glasses / V.E. Eremyashev, G.G. Korinevskaya, M.A. Rassomakhin, D.E. Zhivulin, **S.M. Shaidullin**, P.V. Kozlov // Radiochemistry. – 2023. – Vol. 65, № S1. – P. 64-72. (0,56 п.л. / 0,09 п.л.) (WoS)

6. Шайдуллин, С.М. Определение термовискозиметрических характеристик боросиликатных стекол для перспективной области легкоплавких составов, разрабатываемых для удаляемого малогабаритного плавителя дизайна Федерального государственного унитарного предприятия «Производственное объединение «Маяк» / **С.М. Шайдуллин**, А.Ю. Никулина, М.Б. Ремизов, П.В. Козлов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 3. – С. 50-60. (0,69 п.л. / 0,17 п.л.); K1

7. Шайдуллин, С.М. Исследование свойств легкоплавких боросиликатных стекол, разрабатываемых для удаляемого малогабаритного плавителя дизайна ФГУП «ПО «Маяк», методом симплексного планирования / **С.М. Шайдуллин**, А.Ю. Чеснокова, П.В. Козлов, М.Б. Ремизов, К.А. Джевелло, Е.А. Беланова // Физика и химия стекла. – 2024. – Т. 50, № 2. – С. 172-187. (1 п.л. / 0,17 п.л.)

Shaidullin, S.M. Study of the Properties of Low-Melting Borosilicate Glasses Developed for a Removable Small-Sized Melter Designed by Mayak Production Association Using the Simplex Planning Method / **S.M. Shaidullin**, A.Y. Chesnokova, P.V. Kozlov, M.B. Remizov, K.A. Dzhevello, E.A. Belanova // Glass Physics and Chemistry. – 2024. – Vol. 50, № 2. – P. 127-138. (0,75 п.л. / 0,13 п.л.) (WoS)

8. Pon'kin, E.I. A Mathematical Model of the Removable Small-size Melter Designed by the Mayak Production Association / E.I. Pon'kin, **S.M. Shaydullin**, V.A. Dudkin // Radiochemistry. – 2024. – Vol. 66, № 6. – P. 901-909. (0,56 п.л. / 0,19 п.л.) (WoS)

9. Eremyashev, V.E. Influence of the Composition and Structural Differences of Zirconium-Containing Sodium-Cesium Aluminoborosilicate Glasses on Their Heat and Water Resistance / V.E. Eremyashev, G.G. Korinevskaya, D.E. Zhivulin, V.N. Bocharov, M.V. Shtenberg, K.A. Filippova, **S.M. Shaydullin** // Radiochemistry. – 2024. – Vol. 66, № 6. – P. 918-926. (0,56 п.л. / 0,08 п.л.) (WoS)

Патент РФ на изобретение

10. Патент РФ на полезную модель № 205723 / Козлов П.В., Ремизов М.Б., Зубриловский Е.Н., Мелентьев А.Б., Бендасов Д.И., Вербицкий К.В.,

Шайдуллин С.М., Чермных А.А., Ребрин М.А. Заявка от 23.11.2020 № 2020138393. Оpubл. 30.07.2021 Бюл. № 22. (0,5 п.л. / 0,06 п.л.)

На автореферат поступили отзывы:

1. Папынова Евгения Константиновича, кандидата химических наук, заведующего лабораторией ядерных технологий Департамента ядерных технологий Института наукоемких технологий и передовых материалов ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток. Содержит вопрос о нормативных требованиях к испытаниям, выборе временного периода испытаний и об оценке стабильности более длительного срока эксплуатации объектов исследования.

2. Тананаева Ивана Гундаровича, доктора химических наук, члена-корреспондента РАН, директора Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского научного центра (КНЦ) Российской академии наук (РАН) – заместителя генерального директора ФИЦ КНЦ РАН по научной работе, Мурманская обл., г. Апатиты. Без замечаний.

3. Ахмедьянова Рената Магафуровича, кандидата технических наук, заместителя генерального директора по научной работе ООО «Уральский научно-исследовательский институт строительных материалов», г. Челябинск. Содержит вопросы о выборе используемой в работе стеклофритты, построении диаграммы состояния и замечание о том, что в работе не рассмотрено влияние скорости охлаждения стекломассы на рентгеноаморфность стекол.

4. Петрова Владимира Геннадьевича, кандидата химических наук, доцента химического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Содержит вопросы о структуре образцов боросиликатного стекла, вязкости расплавов стекла и замечание о подписи значений на диаграммах.

5. Шадрин Андрей Юрьевича, доктора химических наук, старшего научного сотрудника, заместителя директора – директора направления радиохимии Частного учреждения «Наука и инновации» (Госкорпорация «Росатом»), г. Москва. Содержит замечания о формулировке цели диссертационной работы,

использовании заранее приготовленной стеклофритты при эксплуатации плавителя и механизмах коррозии для различных конструкционных материалов.

6. Понизова Антона Владимировича, кандидата технических наук, заместителя директора ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», г. Москва. Содержит вопросы о термине «идеальный расплав», нормативных требованиях скорости и степени выщелачивания и рекомендацию об использовании экспериментальных данных диссертационной работы при обосновании безопасности захоронения получаемых компаундов.

7. Гаспаряна Микаэла Давидовича, доктора технических наук, профессора-консультанта кафедры общей химической технологии ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва. Без замечаний.

8. Ефимова-Сойни Николая Константиновича, кандидата технических наук, доцента, заместителя директора Инжинирингового Центра «Центр Компьютерного Инжиниринга» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». Содержит вопросы о сравнении построенных моделей стекол с моделями из библиотеки Sciglass, соответствии термина «математическая модель» нормативной документации и рекомендацию использовать полученные в диссертационной работе данные в качестве исходных для построения цифровой модели печи.

9. Брыкова Алексея Сергеевича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)». Содержит замечания о количестве значащих цифр в приведенных значениях для средних значений плотности и удельной теплоемкости, нормативных требованиях, предъявляемых к получаемому стеклоподобному компаунду.

10. Лебедева Алексея Сергеевича, кандидата химических наук, научного сотрудника ФГБУН Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук, Челябинская обл.,

г. Миасс. Содержит вопросы о применении для данного вида плавителя других перспективных составов, структурной интерпретации изменения свойств стекла и расплава, о влиянии коррозии конструкционных материалов на изменения состава и свойств боросиликатного расплава.

11. Скригана Ильи Николаевича, кандидата технических наук, начальника лаборатории технологии и процессов отверждения радиоактивных отходов АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», г. Санкт-Петербург. Содержит вопросы о методике коррозионных испытаний, использовании в составе имитатора высокоактивных отходов – Nd, обозначении оси на рисунке, вязкости и химической стойкости боросиликатного стекла; электрических и энергетических характеристиках плавки стекла на плавителе и формулировке «идеальный расплав».

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области исследований, связанных с изучением свойств стекол различных составов, что подтверждается публикациями в рецензируемых российских и международных научных 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 решена научная задача по разработке состава легкоплавкого боросиликатного стекла для отверждения жидких высокоактивных отходов, имеющая значение для развития технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

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:

- установлена граница области легкоплавких составов системы $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{X}$ ($\text{X} = \text{Al}_2\text{O}_3, \text{MgO}, \text{CaO}, \text{TiO}_2, \text{Li}_2\text{O}, \text{SrO}, \text{Cs}_2\text{O}, \text{ZrO}_2, \text{MoO}_3$,

La_2O_3 , CeO_2 , Nd_2O_3 , NiO , Cr_2O_3 , Fe_2O_3). Показано, что разработанные составы боросиликатных стекол из данной области имеют высокую водоустойчивость при 25 °С, термическую и кристаллизационную стойкость, механическую прочность и обеспечивают безопасное хранение образующегося стеклоподобного компаунда;

- установлены закономерности изменения структурных свойств в исследуемых стеклах от содержания в них имитаторов компонентов высокоактивных отходов. Показано, что замена Na_2O на оксиды щелочных или щелочноземельных металлов, при условии постоянства суммарного содержания модифицирующих оксидов в составе стекла, приводит к определенному перераспределению модифицирующих катионов между боратными структурными единицами и не приводит к каким-либо значимым изменениям в строении неупорядоченной сетки стекла;

- установлено пониженное коррозионное воздействие легкоплавкого состава боросиликатного стекла на конструкционные материалы печи остекловывания радиоактивных отходов – на бадделеитокорундовый и хромалюмоцирконовый огнеупоры, бетон шамотный, которые используют для варочных бассейнов электрических печей, а также на сплав ХН70Ю и сталь 12Х18Н10Т, из которых выполнены электроды и сливная фильера, газоходы, обечайка, токоподводы, корпус и прочее периферийное оборудование малогабаритного плавителя.

Разработана принципиальная технологическая схема, обеспечивающая иммобилизацию жидких высокоактивных отходов в разработанное легкоплавкое боросиликатное стекло. Проведены полупромышленные испытания разработанных состава и технологии получения боросиликатного стекла в малогабаритном плавителе на стендовой установке. Показано, что при использовании разработанного состава боросиликатного стекла достигается однородный расплав стекломассы, контролируемый слив расплава стекла из плавителя, плановая производительность печи от 10 до 11 кг/ч по стеклу. Введение имитаторов компонентов высокоактивных отходов в расплав стекла не влияет на электрические и энергетические характеристики плавки. Разработанный состав

боросиликатного стекла будет включен в технологический регламент нового комплекса остекловывания для эксплуатации малогабаритного плавителя дизайна ФГУП «ПО «Маяк» (Челябинская обл., г. Озерск), что подтверждается актом внедрения легкоплавкого состава боросиликатного стекла.

На заседании 03 июня 2025 г. диссертационный совет УрФУ 2.6.02.07 принял решение присудить Шайдуллину С.М. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 2.6.02.07 в количестве 19 человек, в том числе 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

УрФУ 2.6.02.07

Рычков Владимир Николаевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

УрФУ 2.6.02.07

Семенищев Владимир Сергеевич

03.06.2025 г.

