

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.383.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 24.05.2023 г. № 39

О присуждении Николаеву Александру Николаевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Синтез и исследование стеклокерамических композиций, модифицированных оксидами и углеродсодержащими материалами» по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов принята к защите 22 марта 2023 г. (протокол заседания № 36) диссертационным советом 24.2.383.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А), утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Николаев Александр Николаевич, 5 февраля 1994 года рождения.

Николаев А.Н. в 2017 году окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств». После окончания института поступил в аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук (ИХС РАН) по направлению подготовки 04.06.01 – «Химические науки», научной специальности

1.4.4 – «Физическая химия», которую окончил в 2021 году. В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником лаборатории кремнийорганических соединений и материалов ИХС РАН. Диссертация выполнена в лаборатории кремнийорганических соединений и материалов ИХС РАН.

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Баньковская Инна Борисовна, ведущий научный сотрудник лаборатории кремнийорганических соединений и материалов ИХС РАН.

Официальные оппоненты:

Жуков Илья Александрович, доктор технических наук, заведующий лабораторией нанотехнологий металлургии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Толочко Олег Викторович, доктор технических наук, профессор Высшей школы физики и технологии материалов ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (г. Белгород), в своем положительном отзыве, подписанном Бессмертным Василием Степановичем, доктором технических наук, профессором кафедры Технологии стекла и керамики, указала, что рассматриваемая диссертация может быть оценена положительно. По мнению специалистов ведущей организации диссертационное исследование по своему научному и техническому уровню соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Николаев Александр Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Работа А.Н. Николаева может представлять большой интерес для научных организаций, а также для производственных предприятий.

В целях внедрения высокотемпературных покрытий для неметаллических материалов возможно сотрудничество со следующими организациями: Публичное

акционерное общество «Северсталь», «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина» (РФЯЦ-ВНИИТФ) – федеральное государственное унитарное предприятие Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук».

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы, в том числе 8 статей в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных (*Web of Science*, *Scopus*, *CAS*) и рецензируемых журналах по списку ВАК РФ, 15 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях. Авторский вклад соискателя заключается в анализе литературных данных по теме исследования, планировании эксперимента, подготовки сырьевых компонентов, синтезе компактных образцов и покрытий на основе системы $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$, проведении испытаний компактных образцов и покрытий, подготовке статей и докладов по теме диссертации. Автором предложен механизм формирования фазового состава, макро- и микроструктуры покрытий с оксидными модификаторами.

Опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертационного исследования, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы автора по теме диссертации:

1. Баньковская, И.Б. Синтез и исследование жаростойких покрытий на основе композиции кремний – карбид бора – борид циркония – оксид алюминия / И.Б. Баньковская, **А.Н. Николаев**, Д.В. Коловертнов, И.Г. Полякова // Физика и химия стекла. – 2018. – Т.44. – №. 5. – С. 509-515.
2. Баньковская, И.Б. Влияние добавок диоксида циркония на жаростойкость покрытий на основе бор- и кремнийсодержащих соединений / И.Б. Баньковская, **А.Н. Николаев**, Д.В. Коловертнов, Т.М. Ульянова // Физика и химия стекла. – 2018. – Т. 44. – №. 6 ПРИЛОЖЕНИЕ. – С. 41-43.
3. **Николаев, А.Н.** Исследование морфологии и твёрдости покрытий на основе композиции $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$ / **А.Н. Николаев**, И.Б. Баньковская, К.Э. Пугачёв,

- Д.В. Коловертнов // Физика и химия стекла. – 2019. – Т.45. – №. 2. – С. 196-200.
4. Коловертнов, Д.В. Электросопротивление композиций и покрытий на основе бор- и кремнийсодержащих соединений в интервале температур 20 – 1000 °С / Д.В. Коловертнов, И.Б. Баньковская, **А.Н. Николаев** // Физика и химия стекла – 2020. – Т. 46. – №4. – С.1-5.
 5. Перевислов, С.Н. Физико-механические характеристики композиционных материалов в системе ZrB_2-Si / С.Н. Перевислов, И.Б. Баньковская, **А.Н. Николаев**, Д.В. Коловертнов // Новые огнеупоры – 2020. – №6. –С. 22-29.
 6. **Николаев, А.Н.** Влияние наноразмерных частиц оксидов циркония и алюминия на свойства материалов на основе композиции $Si-B_4C-ZrB_2$ / **А.Н. Николаев**, И.Б. Баньковская, С.Н. Перевислов // Новые огнеупоры. – 2020. – № 8. – С. 18-22.
 7. **Николаев, А.Н.** Синтез и исследование свойств жаростойких покрытий на основе композиции кремний – карбид бора – диборид циркония – диоксид циркония / **А.Н. Николаев**, И.Б. Баньковская, Д.В. Коловертнов // Физика и химия стекла. – 2020. – Т.46. – №. 6. – С. 649-657.
 8. **Николаев, А.Н.** Композиты и покрытия на основе стеклообразующей системы $Si-B_4C-ZrB_2$, модифицированной углеродсодержащими материалами / **А.Н. Николаев**, И.Б. Баньковская, Н.Н. Рожкова // Новые огнеупоры. – 2021. – №8.– С.50-56.

На диссертацию и автореферат отзывы прислали:

1. Демин Виталий Анатольевич доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермский край, г. Пермь;
2. Яценко Елена Альфредовна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Общая химия и технология силикатов» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Ростовская обл., г. Новочеркасск и Рябова Анна Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Общая

химия и технология силикатов» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Ростовская обл., г. Новочеркасск;

3. Дресвянников Александр Федорович, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии электрохимических производств ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Респ. Татарстан, г. Казань;
4. Овсеенко Людмила Васильевна, кандидат химических наук, доцент, заместитель директора ГНУ «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси» по научной и инновационной работе, Респ. Беларусь, г. Минск;
5. Рожкова Наталья Николаевна, доктор химических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией физико-химических исследований ФГБУН Института геологии Карельского научного центра РАН, Респ. Карелия, г. Петрозаводск;
6. Каштанов Александр Дмитриевич, доктор технических наук, заместитель генерального директора НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» по науке, г. Санкт-Петербург.

Все отзывы положительные.

В отзывах указывается, что диссертационная работа выполнена по актуальной тематике, обладает научной новизной и практической значимостью, в автореферате полностью отражена суть исследования, представлена технология синтеза материалов и покрытий на основе бор- и кремнийсодержащих соединений по отработанному температурному режиму, осуществлен выбор модифицирующих добавок, и экспериментально установлено их влияние на процессы спекания и формирование градиентного стеклокерамического покрытия на поверхности графита и алюмооксидной керамики, изучено влияние модификаторов на фазовый состав, микроструктуру и физико-механические свойства получаемых керамических материалов на основе системы $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$. Используемые модифицирующие добавки позволяют сохранить прочное сцепление покрытия с подложкой и позволяет уменьшить расход дорогостоящих компонентов. Исходя из

вышеупомянутого, автор работы заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

В отзывах содержатся следующие замечания критического характера:

1. На изображениях поверхности покрытий на графите заметно нарушена сплошность покрытия и присутствует большое количество дефектов, что подвергает сомнению возможность обеспечения надежной защиты покрываемого материала.
2. В автореферате не объясняется, с какой целью добавляются углеродные добавки, которые дают только неоднородность, а также наблюдается выгорание с образованием трещин как утверждает автор.
3. Из материала автореферата не ясно какими исследованиями подтверждается многослойный градиент получаемого покрытия.
4. Приведенные результаты экспериментов не позволяют сделать заключение об адгезии к поверхности и степени шероховатости полученных покрытий, хотя в последнем случае данные АСМ демонстрируют их неоднородность на наноуровне.
5. В автореферате отсутствует информация о сравнении технологических и технических характеристик полученных автором материалов с таковыми у аналогов. Из текста автореферата неясно, прошли ли апробацию полученные автором результаты, в том числе защищенные патентом РФ №2778741, в промышленных условиях.
6. Не объяснено поведение модификатора наноструктурного оксида алюминия: при концентрации 5 и 15% покрытие на графите в процессе термообработки частично окисляется и в дальнейшем защищает материал, а при содержании 10% - происходит выгорание графитовой матрицы (рис.3)
7. На рис. 7 представлены зависимости изменения массы образцов покрытий с добавками диоксида циркония и шунгита. Последний показал наименьший прирост массы покрытий. С чем это связано, если остекловывание поверхности при нагревании происходит во всех случаях?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием

публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана шихта на основе $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$ для получения высокотемпературного материала покрытия для графита или керамики, отработан температурный режим получения таких материалов. Проведённые исследования позволили установить оптимальные количества оксидных (Al_2O_3 и ZrO_2) и углеродных (графит, шунгит, сажа) модификаторов для улучшения свойств конечного материала.

предложен механизм формирования фазового состава, макро- и микроструктуры материалов с оксидными модификаторами и углеродсодержащими добавками, позволяющий в воздушной среде без использования сложного оборудования синтезировать стеклокерамическое жаростойкое градиентное покрытие на основе системы $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$ на графите и алюмооксидной керамике.

определено, что при введении наноразмерных оксидных модификаторов наблюдается увеличение таких физико-механических свойств материала, как твёрдость в среднем на 15 % и модуль упругости в среднем на 33 %. Установлены закономерности формирования фазового состава, макро- и микроструктуры покрытий при введении углеродных модификаторов, заключающиеся в повышении температуры при термообработке, а также за счёт перемешивания компонентов системы при газообразовании.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлены механизмы формирования компактных образцов и покрытий на основе системы $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$, модифицированных оксидами и углеродсодержащими материалами.

Результаты диссертационной работы вносят вклад в понимание процессов окисления исходных бор- и кремнийсодержащих соединений с модифицирующими добавками в воздушной среде при высоких температурах, дают представление об условиях их формирования, фазовом составе и микроструктурных особенностях.

доказана перспективность использования жаростойких стеклокерамических покрытий на графит с целью защиты последнего от окисления при высоких

температурах, что позволяет более эффективно применять данный конструкционный материал во многих высокотемпературных процессах в таких отраслях, как металлургия, авиация, космонавтика и др.

изложены экспериментальные результаты, показывающие, что введение оксидных модификаторов в шихту $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$ позволяет повысить такие физико-механические свойства синтезированного материала, как твердость и модуль упругости.

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

определена оптимальная толщина покрытия, обеспечивающая защиту графита от выгорания, а также температурные режимы спекания компактных образцов и покрытий, позволяющие формировать материал при сравнительно низких температурах.

разработаны жаростойкие материалы и покрытия на графит, способные выдерживать температуру вплоть до 1800 °С, синтезируемые на воздухе без использования инертной среды.

определены перспективы использования разработанных материалов и покрытий в металлургии (графитовые тигли и электроды), авиационной и ракетной промышленности (особо термически нагруженные элементы летательных аппаратов – носовой обтекатель, кромки крыльев и сопла) и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов исследования обеспечена осуществлением комплексных исследований с использованием современных физико-химических методов анализа, воспроизводимостью экспериментальных данных и соответствием результатов современному уровню знаний в исследуемой области науки, представленным в публикациях других ученых.

теория основана на достоверных и проверяемых данных и в целом соответствует современным представлениям в научной литературе по теме диссертации,

идея базируется на критическом анализе отечественных и зарубежных литературных данных по тематике исследования, учете и обобщении опыта

создания материалов на основе бор- и кремний содержащих соединений путем введения модифицирующих добавок, образующих стеклорасплав на поверхности.

использованы известные подходы и соответствующие решаемым задачам методы обработки и теоретического анализа экспериментальных результатов,

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами по аналогичным материалам, представленным в независимых источниках по данной тематике,

использованы современные методики сбора и анализа исходной информации, методы анализа и стандартизованные методики;

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном написании диссертационной работы и автореферата, анализе и обработке научно-технической литературы по теме исследования, постановке цели и задач исследования, планировании эксперимента, подбора оптимальных соотношений вводимых оксидных и углеродсодержащих модификаторов, отработке температурного режима, проведении физико-механических испытаний образцов, расшифровке дифрактограмм, подготовке статей и докладов по теме диссертации. Автором предложены методы модифицирования исходных компонентов оксидами и углеродосодержащими материалами, которые позволяют снизить температуру формирования покрытия, сохраняя стойкость покрытия при воздействии высоких температур, кроме этого повышаются физико-механические свойства материала, а также его остеклованность. Процесс формирования рассмотренных в работе покрытий требует меньших затрат энергии т.к. синтез проходит при сравнительно низких температурах, также введение модификаторов способствует удешевлению материала.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Уточните, пожалуйста, у Вас цель работы (заявлена как) «Изучение модифицирующих добавок», а на самом деле (стояла) задача синтезировать, отработать технологию этого материала. Почему Вы не ставили задачу создать стеклообразующий материал? (Данная) Технология уже была известна или неизвестна?

2. Если технология была известна, тогда зачем Вы ставите целью работы отработать технологию?
3. Какой третий компонент в вашей системе?
4. Получается, что это новая матрица, и тогда цель Вашей работы состоит в создании матрицы и изучении добавок?
5. Какой доверительный интервал в ваших данных по кинетике?
6. Вами предложен механизм формирования фазового состава макро- и микроструктуры материалов со всеми модификаторами и углесодержащими добавками. Вы не могли бы поконкретнее сказать, что это за механизм?
7. В шунгите содержится более 50 процентов SiO_2 , если у Вас шунгит вступает в реакцию, то идет разложение и диоксид кремния дополнительно добавляется в систему, так как 1200 градусов – это температура воспламенения любых углеродистых материалов. Что происходит с газами? Что происходит с 12 процентами примесей, которые есть в шунгите?
8. Вы использовали маятниковый метод для определения твердости Ваших образцов. Расскажите, пожалуйста, какие у Вас были образцы, как Вы их готовили?
9. Влияет ли подложка на характер Вашего покрытия. Наносили ли Вы покрытие на стеклянную подложку, на кварцевое стекло?
10. Насколько правомерно использовать лакокрасочный метод, который требует плоскую параллельную пластину?
11. Оценка блеска была чисто визуальная?
12. Каким образом Вы судили о вязкости расплава?
13. Будьте добры дайте определение жаростойкости, жаростойкость какой-то конкретной цифрой характеризуется?
14. Почему на жаростойкость влияет вязкость стекломассы?
15. 24 слайд. «К улучшению механических свойств...». В данном случае под механическими свойствами понимается механическая прочность?
16. Измерение механических свойств проводилось при комнатной температуре?
17. Какую связь Вы видите между вязкостью расплава и механическими свойствами?

18. 23 слайд. За счет чего практически не меняется плотность, когда Вы вводите более плотные вещества?
19. Чем обусловлено то, что Вы оставили место на графике кинетических кривых пустым (11 слайд)?
20. 11 слайд. Какие основания на левой картинке рисовать экстремум? Почему Вы рисуете кривую именно такж, не показывая погрешность этой линии?
21. Как Вам удалось поддерживать температуру ровно 1300 градусов? С какой точностью измерялась температура термообработки? Как вам удалось термостатировать систему?
22. 9 слайд. Поясните, пожалуйста, процесс формование образцов в прессе.
23. Как вы контролировали сушку образцов?
24. Как влияет глинозем на состав стеклорасплава?
25. Какую форму кристобалита вы видели на рентгене при остывании материала? Это термодинамически устойчивая форма кристобалита?
26. В используемой Вами терминологии альфа-кварц – это низкотемпературная форма, а бета-кварц – это высокотемпературная форма?
27. Кто производитель диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия, сколько растворенного оксида иттрия в решетке? Дисперсность диоксида циркония определялась Вами, и каким образом?
28. Кто определял свойства диборида циркония и кем он изготовлен?
29. 19 Слайд. Вопрос о степени достоверности данных элементного анализа. Вы этим методом косвенно подтверждали данные рентгенофазового анализа?

Соискатель Николаев А.Н. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Эта матрица была известна, было интересно изучить, как влияют на нее модификаторы.
2. Борид в сочетании с кремнием давно известен, но часто изучают двухкомпонентную систему, то есть кремний - борид циркония, редко туда добавляют какой-то третий компонент. В нашем случае третий компонент позволяет формировать материал при более низких температурах.
3. Карбид бора
4. Да, верно.

5. Когда присутствую некие дефекты образцов, тогда доверительный интервал 10 процентов. В сумме у нас было синтезировано около 180 образцов, не все графики приводились в автореферате и на слайдах. У 10 % образцов было полное выгорание, то есть было некачественно нанесённое покрытие.
6. При добавлении карбида бора у нас получается так, что мы можем сформировать покрытие при более низкой температуре. То есть если у нас будет система кремний-борид циркония, то тогда материал формируется при температуре 1300 градусов, и в итоге в ходе ее окисления у нас образуются кристаллические фазы – диоксид циркония, который способствует повышению гетерогенности в стеклорасплаве, и таким образом повышает жаростойкость. При объединении диоксида циркония и альфа-кристобалита получается силикат циркония, который тоже способствует повышению жаростойкости. Кроме этого формируется альфа-кристобалит при охлаждении стеклорасплава. Часть его кристаллизуется и получается кристаллическая фаза – альфа-кристобалит, который мы можем идентифицировать при помощи рентгенофазового анализа. Один из оксидных модификаторов – это оксид алюминия. Если вводить в боросиликатный расплав оксид алюминия, это позволяет получить более вязкий алюмоборосиликатный расплав, соответственно повышается жаростойкость материала. Про добавку диоксида циркония: в ходе окисления у нас получается моноклинный диоксид циркония, мы дополнительно туда вводим тетрагональный диоксид циркония. Наличие этих двух разнородных модификаций тоже способствует повышению жаростойкости материалов.
7. В нашем случае мы заметили только влияние диоксида кремния, то есть более эффективно формируется стеклорасплав.
8. Если обычно мы делали образец графита с покрытием длиной примерно 2 см и шириной примерно 0,5 см, то для этого метода мы делали образцы длиной примерно 5 см и шириной 2 см. Их подставляли под маятник, и получали количество колебаний, при которых затухает маятник, это количество мы сравнивали со «стеклянным числом».

9. Кварцевое стекло мы использовали как эталон. Оно всегда используется таким образом.
10. Да, покрытие неровное. Замечание принимаю. Это была проба определения механических свойств. Я согласен, что этот метод не совсем применим для данных условий, и для наших покрытий не совсем подходит. Но это дало нам понимание, что возможно механические свойства удастся измерить и другими методами. Мы зафиксировали повышение механических свойств при применении этого метода, и было решено продолжать исследование и определить модуль упругости.
11. Да, определение блеска блескомером показывало маленькое значение.
12. Исходя из литературных данных. Вязкость не измеряли.
13. Жаростойкость – способность материала сохранять свою массу под воздействием температур, то есть не изменять своей массы. В моем случае она (жаростойкость) характеризуется долговременной выдержкой образцов при определенных температурах. Если с ними не происходит выгорания, то есть если убыль их массы не происходит в течение времени обработки, то можно утверждать о том, что они являются жаростойкими.
14. Более вязкое стекло оказалось более жаростойким.
15. Мы определяли предел прочности при изгибе и модуль упругости.
16. Да, верно.
17. Вязкость стекла скорее всего на них не влияет.
18. Без модификаторов компактные образцы показывают пористость порядка 30-40 процентов.
19. Если мы посмотрим на другой график, то мы видим, что при термообработке образца могут быть разные ситуации.
20. Да, я согласен, что это погрешность обработки.
21. Точность $\pm 20-30$ градусов, мы доставали образцы из печи, остужали их, взвешивали, затем еще некоторое время выдерживали, проводили измерения, следили за их массой.
22. Предварительно мы готовили густой шликер, с небольшим количеством связующего, туда добавляли шихту до консистенции творожной массы, затем ее помещали в пресс-форму, туда вставляли пуансон, ставили в

- гидравлический пресс при давлении приблизительно 100 мПа, выдерживали 5 секунд, вынимали, затем образцы сушили и термообработывали.
23. Сушку мы производили на электрической плитке при температуре примерно 80 градусов в течение 15 минут. Больше было не нужно, так как это необходимо для того, чтобы удалить влагу, и чтобы образцы склеились при помощи связующего, приобрели некую прочность, чтобы их можно было более безопасно донести до печи для спекания.
24. Без модификаторов расплав начинает формироваться при температуре 650 градусов. Если увеличить температуру, то этот процесс происходит более эффективно. Благодаря введению карбида бора, мы можем формировать расплав при более низкой температуре. Если его удалить, то расплав тоже будет получаться, но при более высокой температуре т.е. при 1300°C. При введении оксида алюминия температура формирования расплава не изменяется (около 700 градусов), однако количественные соотношения компонентов не исследовали.
25. Форму альфа-кристобалита, да, термодинамически устойчивую.
26. Да, верно.
27. Этот реактив был синтезирован темплатным методом.
28. Он изготовлен в институте неорганической химии, это не промышленное производство, это лабораторный синтез.
29. Я согласен, что рентгенофазовый анализ – это более достоверный метод.

Диссертация Николаева Александра Николаевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с последующими изменениями).

На заседании 24 мая 2023 года диссертационный совет принял решение: за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки в области жаростойких стеклокерамических покрытий, позволяющих улучшить их физико-механические свойства и снизить температуру формирования покрытий, имеющие существенное значение для развития отрасли функциональных

высокотемпературных материалов в Российской Федерации присудить Николаеву А.Н. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Брыков Алексей Сергеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Воронков Михаил Евгеньевич

24 мая 2023 года

