

«Утверждаю»

Проректор по научной работе  
Томского государственного  
архитектурно-строительного  
университета

\_\_\_\_\_ Ефименко С.В.

\_\_\_\_\_ 2023 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

Диссертация «**Строительная керамика с анортитовой фазой на основе легкоплавких глин и техногенного непластичного сырья**» по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» выполнена на кафедре: «Прикладная механика и материаловедение» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

В период подготовки диссертации соискатель **Семеновых Марк Андреевич** обучался в очной аспирантуре по специальности 08.06.01 «Техника и технологии строительства» и в настоящий момент работает в должности младшего научного сотрудника в Томском государственном архитектурно-строительном университете.

В 2019 г. Семеновых Марк Андреевич окончил Томский государственный архитектурно-строительный университет по специальности 08.04.01 «Строительство» с присвоением квалификации «Магистр».

Справка о периоде обучения и сдаче кандидатских экзаменов по специальности 08.06.01 – «Техника и технологии строительства» выдана в 2023 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением

высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет». Научный руководитель – Скрипникова Нелли Карповна, доктор технических наук, профессор каф. «Прикладная механика и материаловедение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», назначен приказом по организации №1912с от «07» ноября 2019 г.

Обсуждение доклада по теме диссертационного исследования проходило на объединенном научном семинаре ТГАСУ 21 апреля 2023 г.

На семинаре присутствовали:

1. Волокитин Г. Г., д.т.н., заведующий каф. «Прикладная механика и материаловедение» ТГАСУ;
2. Скрипникова Н. К., д.т.н., профессор каф. «Прикладная механика и материаловедение» ТГАСУ;
3. Клопотов А. А., д.ф-м.н., профессор каф. «Прикладная механика и материаловедение» ТГАСУ;
4. Волокитин О. Г., д.т.н., профессор каф. «Прикладная механика и материаловедение», проректор по учебной работе ТГАСУ;
5. Верещагин В. И., д.т.н., профессор НИ ТПУ;
6. Копаница Н. О., д.т.н., профессор каф. «Строительных материалов и технологий» ТГАСУ;
7. Саркисов Ю. С. д.т.н., профессор каф. «Физика, химия и теоретическая механика» ТГАСУ;
8. Мелентьев С. В., к.т.н., доцент каф. «Прикладная механика и материаловедение» ТГАСУ;
9. Литвинова В. А., к.т.н., доцент каф. «Прикладная механика и материаловедение» ТГАСУ;
10. Шеховцов В.В. к.т.н., в.н.с. лаборатории новых строительных материалов НИИ СМ ТГАСУ;
11. Глотов С. А. старший преподаватель каф. «Прикладная механика и материаловедение», проректор по учебной работе ТГАСУ.

По результатам доклада были заданы следующие вопросы:

1. Каким образом высчитывали относительное содержание фаз в обожженных продуктах?
2. Как влияет температура на синтез анортита?
3. К какому классу глин относится глина Верхового месторождения?
4. Как вы обосновываете использование глины Мазуровского месторождения при внедрении описанной технологии?
5. Чем обусловлено такое содержание анортита в керамических материалах?
6. Почему исследование влияния температуры обжига на свойства керамических материалов проводилось с использованием композиций глины и отходов? Почему было выбрано такое соотношение?
7. Производился ли технико-экономический расчет предлагаемой для внедрения технологии?
8. Возможно ли аналогичный эффект при добавлении не металлургических отходов, а природных кальцийсодержащих минералов?
9. Чем обусловлено снижение температуры спекания керамики и, соответственно, синтеза анортита в ее составе?
10. В связи с чем наблюдается снижение величины плотности у исследуемых образцов керамики?
11. Какие еще области применения возможны для разработанных материалов?

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

диссертация «**Строительная керамика с анортитовой фазой на основе легкоплавких глин и техногенного непластичного сырья**» Семеновых Марка Андреевича является законченной работой, соответствует Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а также соответствует требованиям Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, утвержденного

приказом ректора ТПУ 362-1/од от 28.12.2021 г., и рекомендуется к защите в совете Национального исследовательского Томского политехнического университета по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», так как в диссертации рассматриваются физико-химические процессы синтеза анортитовой фазы в процессе обжига керамических материалов, представлены научные положения формирования анортитовой фазы в процессе обжига композиций на основе глины и кальцийсодержащих металлургических отходов и разработаны основы технологии получения строительного керамического кирпича. Результаты, полученные в диссертации, соответствуют п.2 объекта исследований и п.1.2 области исследований паспорта специальности.

Диссертация **«Строительная керамика с анортитовой фазой на основе легкоплавких глин и техногенного непластичного сырья»** Семеновых Марка Андреевича оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011.

**Личный вклад автора.** Автор диссертационной работы принимал участие в формировании темы, постановке цели и задач. Автор лично проводил экспериментальные работы по получению керамических материалов, пробоподготовке, обрабатывал экспериментальные результаты и разработал технологию и составы для получения строительной керамики с анортитовой фазой на основе легкоплавких глин и техногенного непластичного сырья. Результаты диссертационной работы были опубликованы в научных статьях. Общий вклад автора в публикации научных результатов составляет 90 %. Формирование темы, цели, задач и выводов были проведены совместно с научным руководителем.

**Достоверность результатов исследований.** Достоверность основных положений и выводов обеспечивается необходимым объемом статистики, применением современных методов расчета и лабораторного оборудования, обладающих высоким уровнем точности измерений. Результаты проведенных исследований не противоречат данным, представленным в опубликованных научных работах российских и зарубежных ученых.

**Научные результаты** диссертационной работы Семеновых М. А. заключаются в следующем:

1) установлено, что количество синтезируемого анортита при обжиге керамического материала на основе глины и непластичного сырья при соотношении оксидов в компонентной шихте  $\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2 - 1:2:6$  с содержанием оксида кальция ( $\text{CaO}$ ) в смеси 7 масс. % составляет 12 масс. %. При соотношении  $\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2 - 1:2:1,5$  количество оксида кальция увеличивается до 17 масс.%, а количество анортита составляет 24 масс. %.

2) установлено, что наличие железосодержащих соединений в виде оксидов железа  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в количестве 36 % мас. в композициях глины и непластичного сырья снижает температуру спекания на 82 °С по сравнению с глиной и интенсифицирует синтез анортита и за счет образования легкоплавких эвтектик.

3) кристаллы анортита размерами 5-20 мкм агломируются с кристаллами кварца, волластонита и формируют конгломераты в виде кристаллического каркаса, обволакиваемого первичным расплавом с образованием керамического изделия с прочностью при сжатии 40–44 МПа.

#### **Теоретическая значимость работы.**

Получены новые данные о процессах синтеза анортита при взаимодействии глины и кальцийсодержащего сырьевого компонента в условиях температуры обжига 1050 °С. Развита представления о получении анортитовой фазы при определенном соотношении компонентов  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ . Разработаны научные положения получения строительных керамических материалов с анортитовой фазой при использовании кальцийсодержащего вторичного сырья.

#### **Практическая значимость.**

Разработанный состав, содержащий  $\text{CaO}$  в количестве 6,93 масс.%, с использованием шлама газоочистки конвертерного производства в составе шихты 20 масс.%, позволяет получить керамические изделия со следующими свойствами: прочность при сжатии – 44 МПа, плотность – 2030 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение – 8,5 %.

- Разработанный состав, содержащий СаО в количестве 3,96 масс.%, с использованием шлака доменного в составе шихты 20 масс.% обеспечивает получение керамического образца со следующими свойствами: прочность при сжатии – 29 МПа, плотность – 1990 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение – 12 %.
- Разработанный состав, содержащий СаО в количестве 5,16 масс.%, с использованием шлама газоочистки доменного производства в составе шихты 20 масс.%, позволяет получить керамический образец со следующими свойствами: прочность при сжатии – 35 МПа, плотность – 2010 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощение – 9,6 %.
- Разработаны технологические основы получения строительного керамического материала на основе глины и непластичного сырья в виде кальцийсодержащих отходов металлургической отрасли.
- Получен патент на изобретение № 2797169 «Керамический кирпич и способ его получения».

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на научной школе-конференции с международным участием для молодых учёных «Функциональные стекла и стеклообразные материалы: Синтез. Структура. Свойства» (г. Томск, 2022 г.), III Международной научно-практической конференции: «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России» (г. Новокузнецк, 2022 г.), Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» (г. Томск, 2022 г.), Международной конференции «Gas Discharge Plasmas and Their Applications" (GDP 2021) (г. Томск, 2021 г.), «Современные строительные материалы и технологии» (Калининград, 2021 г.), XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (Томск, 2021).

#### **Список основных публикаций соискателя на тему диссертационной работы.**

По материалам выполненных исследований опубликованы 15 работ, 4 из которых рецензируются в базах Scopus, и 7 работ – в базах ВАК, результаты работы легли в основу патента № 2797169.

*Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science:*

1. **Semenovykh, M.A.** Anorthite-based building ceramics / N.K. Skripnikova, M.A. Semenovykh, V.V. Shekhovtsov // Magazine of Civil Engineering. 2023. 117(1). Article No. 11706.

2. **Семеновых, М.А.** Использование кальцийсодержащего техногенного сырья для получения анортитовой керамики / М.А. Семеновых, Н.К. Скрипникова, В.В. Шеховцов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 2. С. 106-113.

3. **Semenovykh, M.A.** Thermal plasma synthesis of anorthite / N. K. Skripnikova, O. G. Volokitin, V. V. Shekhovtsov, M. A. Semenovykh // Russian Physics Journal, Vol. 65, No. 6, 2022 (Russian Original No. 6, June, 2022).

4. **Semenovykh, M.A.** Technogenic Metallurgical Raw Materials for Producing Ceramic Materials with Anorthite / M. A. Semenovykh, N. K. Skripnikova, O. G. Volokitin, V. V. Shekhovtsov // Glass and Ceramics volume 79, pp. 95–98 (2022).

5. **Semenovykh, M.A.** Anorthite-containing building ceramic using metallurgical sludge waste / V. V. Shekhovtsov, N. K. Skripnikova, M. A. Semenovykh, O. G. Volokitin // Glass and Ceramics, Vol. 78, Nos. 5 – 6, September, 2021 (Russian Original, Nos. 5 – 6, May – June, 2021).

6. **Семеновых, М.А.** Стеновые керамические материалы с использованием техногенного железосодержащего сырья / В.А. Власов, Н.К. Скрипникова, М.А. Семеновых, О.Г. Волокитин, В.В. Шеховцов // Строительные материалы. 2020. № 8. С. 33-37.

7. **Семеновых, М.А.** Особенности использования некондиционных видов сырья для получения анортитовой керамики / В.А. Власов, М.А. Семеновых, Н.К. Скрипникова, В.В. Шеховцов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020; №22(5): 122-128.

*Публикации в других источниках:*

1. Семеновых, М.А. Морфология стеклокристаллического материала анортитовой фазы, полученного плазменным синтезом / М. А. Семеновых, Н. К. Скрипникова, В. В. Шеховцов // III Международная конференция «Газоразрядная плазма и синтез наноструктур»: сборник трудов (г. Казань, 1-4 декабря 2022 г.) / М-во высшего образования и науки Рос. Федерации, М-во образования и науки Респ. Татарстан, Казанский нац. исследовательский технический ун-т и др. - Казань: Бук, 2022. - С. 151-152.

2. Семеновых, М.А. Плазмохимический синтез стеклокристаллического материала с анортитовой фазой / В.В. Шеховцов, Н.К. Скрипникова, М.А. Семеновых // «Функциональные стекла и стеклообразные материалы: Синтез. Структура. Свойства» GlasSPSchool: Сборник тезисов Научной школыконференции с международным участием для молодых учёных. 2022. С. 137-138.

3. Семеновых, М.А. Анортитсодержащая строительная керамика с использованием техногенного сырья / М. А. Семеновых, О.А. Кунц // Химия и химическая технология в XXI веке. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера. Томск. 2022. С. 458-460.

4. **Semenovykh, M.A.** Anorthite-reducing glass-crystalline materials synthesized in plasma / V V Shekhovtsov, N K Skripnikova, M A Semenovykh, R Yu Bakshanskii // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2064. 15th International Conference on "Gas Discharge Plasmas and Their Applications" (GDP 2021). No. 012111.

5. Семеновых, М.А. Получение анортитовой керамики с использованием некондиционного видов сырья / Н.К. Скрипникова, М.А. Семеновых, В.В. Шеховцов, О.А. Кунц // В сборнике: Эффективные методологии и технологии управления качеством строительных материалов. Новосибирск, 2021. С. 168-171.

6. Семеновых, М.А. Использование металлургических отходов для получения обжиговых строительных материалов / В. А. Власов, Н.К. Скрипникова, М.А.

Семеновых, О.Г. Волокитин, В.В. Шеховцов // Современные строительные материалы и технологии: сборник научных статей / под редакцией М.А. Дмитриевой. — Вып. 3. — Калининград : Издательство БФУ им. И. Канта, 2021. С. 87-93.

7. Семеновых, М.А. Изучение физико-механических свойств керамической матрицы при модифицировании отходом конверторного производства / М.А. Семеновых // XVIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». 2021. С. 80-82.

8. Семеновых, М.А. Использование металлургических отходов в качестве сырья для получения бетонов различного назначения / М.А. Семеновых, Н.К. Скрипникова, Д.К. Григорьевская // В сборнике трудов II всероссийской научно-практической конференции с международным участием: «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России», Новокузнецк, 2019. С. 86 – 88.

Диссертационная работа соответствует перечню приоритетных направлений фундаментальных и поисковых научных исследований на 2021-2030 годы (Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 г. №3684-р): 1.4.2. Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов.

Диссертация **«Строительная керамика с анортитовой фазой на основе легкоплавких глин и техногенного непластичного сырья»** Семеновых Марка Андреевича соответствует Порядку присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете от 28 декабря 2021 г. № 362-1/од.

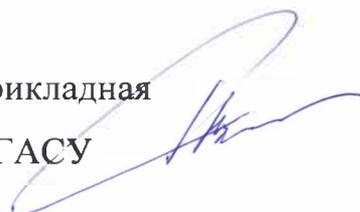
Диссертация **«Строительная керамика с анортитовой фазой на основе легкоплавких глин и техногенного непластичного сырья»** Семеновых Марка Андреевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Заключение принято на заседании объединенного научного семинара Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Присутствовало на научном семинаре – 11 чел: докторов наук – 7, кандидатов наук – 3. Результаты голосования: «за» – 11 чел., «против» – нет, «воздержалось» - нет, протокол № 14 от «21» апреля 2023 г.

Председатель научного семинара

д.т.н., заведующий каф. «Прикладная  
механика и материаловедение» ТГАСУ



Г.Г. Волокитин

Секретарь научного семинара

секретарь каф. «Прикладная механика и  
материаловедение» ТГАСУ



О.И. Шпет