



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
технологический институт  
(технический университет)»  
(СПбГТИ(ТУ))

Московский пр., д. 24-26/49 лит. А, г. Санкт-Петербург, 190013  
телефон/факс: (812) 494-92-03, общий отдел: (812) 494-92-45,  
e-mail: office@spbti.ru

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО  
«Санкт-Петербургский государственный  
технологический институт  
(технический университет),  
д-р техн. наук, доцент



Андрей Павлович Шевчик

2026 г.

30.04.2026 № 612-01-03

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический  
институт (технический университет)»

на диссертационную работу **Варфоломеевой Софьи Владимировны**  
на тему: «Модифицирование стеновой керамики марганецсодержащими отходами  
ванадиевого производства», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по научной специальности 2.6.14 Технология  
силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

**Актуальность темы диссертации** обусловлена необходимостью  
расширения сырьевой базы для синтеза пигментов, в том числе и с использованием  
техногенных отходов промышленности.

В последние годы в архитектурной моде закрепился устойчивый спрос на  
строительные материалы черного цвета, однако на предприятиях отрасли  
наблюдается дефицит пигментов, поставки которых в настоящее время из-за  
рубежа существенно ограничены.

Разработка эффективных стеновых материалов с широкой цветовой гаммой  
и высокими эстетико-потребительскими свойствами, а также замена дефицитных и  
дорогостоящих пигментов на пигменты из техногенных отходов промышленности  
позволит производить конкурентоспособную продукцию и снизить энергозатраты  
на ее производство. В связи с этим тема диссертационного исследования  
Варфоломеевой С.В. является современной и актуальной и представляет как  
теоретический, так и практический интерес.

#### **Структура и содержание работы**

Диссертация включает введение, пять глав, заключение и приложения.  
Диссертационная работа изложена на 217 страницах, включающих 48 таблиц, 75  
рисунков, список литературы из 155 источников, 14 приложений.

Работа построена логично верно и имеет последовательную структуру, главы соответствуют цели и задачам исследования. Положения, выносимые на защиту, полностью отражают содержание диссертационного исследования.

В диссертации представлен обширный анализ научно-технической литературы в области применения техногенных отходов промышленности для модифицирования стеновой керамики, с особым акцентом на использование марганецсодержащих ресурсов. Значительное внимание уделено изучению спектральных характеристик соединений марганца, ванадия и железа, а также механизмам формирования цвета в стеновой керамике.

Выполнен существенный объем экспериментальных исследований, направленных на разработку научно-технологических основ модифицирования стеновой керамики пигментом на основе марганецсодержащего отхода ванадиевого производства.

Выявлены особенности фазовых превращений соединений марганца при термической обработке отхода ванадиевого производства. Рассмотрены основные направления использования пигмента черного цвета на основе отхода ванадиевого производства.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечена анализом значительного объема известных в научной литературе сведений по исследуемой теме, выполнением комплексных экспериментальных исследований на высоком техническом уровне с использованием современного аттестованного и поверенного оборудования. Использование стандартных и оригинальных методик исследований позволяет с уверенностью заключить, что полученные данные имеют высокую воспроизводимость и сходимость и не противоречат имеющимся в научной литературе сведениям в данной области.

Ключевые результаты проведенного исследования представлены автором в 17 научных работах, из них 3 – в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 4 – в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ; 1 – в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, 1 – в иных рецензируемых научных изданиях. Получено 4 патента РФ на изобретение, 1 патент РФ на полезную модель.

Представленные печатные труды и автореферат раскрывают основные тезисы диссертации. Работа полностью соответствует паспорту специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

### **Научная новизна**

Установлены закономерности формирования фазового состава, макро- и микроструктуры модифицированной тетраоксидом марганца стеновой керамики, заключающиеся в образовании хромофорных кластеров якобита нестехиометрического состава  $Mn_{1,03}Fe_{1,97}O_4$  первого типа размером 50–70 мкм и

якобсита второго типа размером 20–30 мкм из марганецсодержащей жидкой фазы в межпоровом пространстве.

Определены фазовые превращения соединений марганца при термической обработке отходов ванадиевого производства, заключающиеся в образовании в дополнение к биксбииту  $Mn_2O_3$  при 200 °С гаусманита  $MnMn_2O_4$  и пиролюзита  $MnO_2$ , в интервале 500–600 °С пиролюзита, при 700 °С ванадата марганца  $Mn_2V_2O_7$ .

Установлены закономерности влияния термической обработки на гиперспектры диффузного отражения (UV-VIS-NIR) в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной области (350–2500 нм) марганецсодержащего отхода ванадиевого производства, заключающиеся в возрастании светлоты  $L^*$  с 27,6 до 38,3, снижении красноты  $a^*$  с 4,01 до 3,73, желтизны  $b^*$  до 11,03, изменении насыщенности  $C^*$  и цветового тона  $h^*$  до 11,65 и 71,3 соответственно, при термической обработке с 200 °С до 700 °С.

### **Теоретическая и практическая ценность диссертации**

Соискателем предложен механизм образования хромофорных кластеров состава якобсита при модифицировании стеновой керамики тетраоксидом марганца, заключающийся в образовании в интервале температур 900–950 °С за счет твердофазных реакций хромофорных кластеров первого типа размером 50–70 мкм и образовании хромофорных кластеров второго типа размером 20–30 мкм в интервале температур 950–1050 °С за счет кристаллизации якобсита из жидкой фазы по механизму зародышеобразования.

Дополнены теоретические представления о процессах структурообразования и фазообразования стеновой керамики, модифицированной оксидами марганца, в том числе в составе отходов ванадиевого производства.

Доказано, что модифицирование стеновой керамики соединениями марганца, в том числе пигментом на основе отхода ванадиевого производства, за счет образования легкоплавких эвтектик с последующей кристаллизацией новообразований из жидкой фазы, обеспечивает как высокие эстетико-потребительские свойства, так и эксплуатационные показатели: увеличение концентрации пигмента с 5 % до 10 % и температуры обжига стеновой керамики с 950 °С до 1050 °С обеспечивает повышение прочности на изгиб с 6,0 до 12,1 МПа, повышение плотности с 1,99 до 2,23 г/см<sup>3</sup>, а также увеличивает морозостойкость до более чем 100 циклов.

Установлено образование ванадата марганца  $Mn_2V_2O_7$  в ИК-Фурье спектрах отхода после термической обработки при 700 °С в диапазоне 700–980 см<sup>-1</sup>: слабые по интенсивности широкие полосы с максимумами при 782 см<sup>-1</sup> и 951 см<sup>-1</sup>.

Определено, что изменение цветовых характеристик отхода после обработки при 700 °С, который имеет черный цвет, связано с образованием ванадата марганца  $Mn_2V_2O_7$  и приводит к повышенной (до 60–90%) способности отражения в ближней инфракрасной области спектра.

Разработана и запатентована технология модифицирования стеновой керамики пигментом на основе отхода ванадиевого производства.

### **Апробация результатов работы**

Апробация результатов исследования осуществлялась на ПК «Артель «Старооскольский гончарный промысел» (г. Старый Оскол), ООО «Плазмика» (г.

Белгород) и АО «ОЭЗ» ВЛАДМИВА» (г. Белгород). Для внедрения результатов исследования разработаны технологические регламенты по применению пигмента на основе отхода ванадиевого производства. Представленные в диссертационной работе акты внедрения свидетельствуют о высокой эффективности разработанной технологии стеновой керамики, модифицированной пигментом на основе отхода ванадиевого производства. Результаты испытаний показали, что стеновая керамика, модифицированная пигментом на основе отхода ванадиевого производства, обладает повышенными эксплуатационными характеристиками.

Основные положения диссертационной работы были представлены на научно-практических конференциях: XVII Всероссийская научно-практическая конференция (Старый Оскол, 2020 г.), Международная научно-практическая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук (Белгород, 2022 г.); XVI Международный молодежный форум (Белгород, 2024), Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство (Старый Оскол, 2024), Международная научная школа «Zero Waste» для молодых ученых, аспирантов и студентов (Новочеркасск, 2024 г.); IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России». (Новокузнецк, 2025 г.); Международная научная конференция, посвященная памяти академика РАН Шевченко Владимира Ярославовича «Новые тенденции в керамике и стекле» (Новочеркасск, 2025 г.).

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации**

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы Варфоломеевой С. В. представляют практический интерес для предприятий строительной индустрии. Предложенные технологические решения ориентированы на использование действующих производственных линий и отечественного оборудования, что упрощает их внедрение в современных условиях.

В современной архитектурной практике сформировался устойчивый спрос на облицовочные материалы черного цвета. Это повышает архитектурно-художественную выразительность городской застройки, но традиционно ведет к удорожанию продукции из-за высокой стоимости импортных пигментов. Разработанная технология стеновой керамики черного цвета на основе отходов позволяет значительно снизить затраты на окрашивание, обеспечивая выпуск конкурентоспособных материалов.

Теоретические положения и практические рекомендации работы могут быть успешно интегрированы в учебный процесс высших учебных заведений при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Химическая технология».

**Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы** ак известно, в технологии керамики, в частности, при производстве фарфора образуется первичный муллит и игольчатые кристаллы вторичного муллита из жидкой фазы в стеклофазе. В этой связи возникает вопрос, при каких температурах термообработки стеновой керамики, модифицированной соединениями марганца,

происходит образование якобсита второго типа из марганецсодержащей жидкой фазы?

диссертационной работе достаточно полно раскрыты вопросы касательно размеров хромофорных кластеров первого и второго типов якобсита нестехиометрического состава. Однако в работе нет должного объяснения причинам образования якобсита нестехиометрического состава: в жидкой фазе, по-видимому, могут присутствовать конгломераты якобсита второго типа размером не только 20–40 мкм, но и меньшего размера, так на рисунке 3.8 диссертации размеры якобсита не превышают 10 мкм.

работе указаны размеры хромофорных кластеров якобсита и приведены их размеры. Однако не акцентировано внимание на размерах хромофорных кластеров состава ванадата марганца.

химический состав отхода ванадиевого производства (табл. 4.1) приведен с точностью до сотых долей процента. Однако в работе нет пояснения, каким образом учитывались колебания в составе отхода и производился ли акт отбора проб на предприятии?

тексте диссертации имеются опечатки и редакционные неточности (с. 8, с. 27, с. 130), а также в автореферате (с.4).

Замечания не влияют на общую положительную оценку проведенного исследования.

### Заключение

Диссертация **Варфоломеевой Софьи Владимировны** на тему: **«Модифицирование стеновой керамики марганецсодержащими отходами ванадиевого производства»** является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой содержится **решение научной задачи**, заключающее в разработке технологии модифицирования стеновой керамики пигментом на основе марганецсодержащего отхода ванадиевого производства, имеющей **существенную значимость** для развития соответствующей отрасли науки – технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Полученные научные результаты, выводы и рекомендации, обладают новизной, теоретической и практической значимостью. Текст диссертации написан автором самостоятельно, грамотным техническим языком, материал изложен в логической последовательности.

По актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Варфоломеева Софья Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

Доктор технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, профессор, заведующий кафедрой химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»

Пантелеев Игорь Борисович

«30» апреля 2026 г.

**Сведения о ведущей организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»

Адрес: 190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49 лит. А.

Телефон: +7 (812) 494-9304 доб. 3385

E-mail: [panteleev@spbti.ru](mailto:panteleev@spbti.ru)

Сайт: <https://spbti.ru>

Подпись *Пантелеев Игорь Борисович*  
Начальник отдела *Ширеева Л.В.*