



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке ФГАОУ ВО «УрФУ  
имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина», д-р физ.-мат. наук, доцент

А.В. Германенко

2022 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертацию **Глазьева Максима Валерьевича** на тему «Высокотемпературные фазовые взаимодействия при утилизации тонкодисперсных отходов производства металлургического кремния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов

Представленная на отзыв диссертация посвящена решению вопроса разработки технологии производства товарной продукции из отходов, образующихся при получении металлургического кремния.

#### 1. Актуальность темы диссертации

При производстве 1 т металлургического кремния образуется 400-450 кг микрокремнезема (микросилики), и в настоящее время данное техногенное сырье не находит широкого применения в промышленности. Поэтому значительное количество пыли газоочистки рудотермических печей (РТП) направляется на хранилища, что требует дополнительных материальных затрат на хранение, а также приводит к ухудшению экологической обстановки. При этом использование микрокремнезема в качестве сырьевого источника для получения новых видов материалов (модифицирующих добавок) может позволить улучшить теплофизические характеристики строительных и дорожных смесей, огнеупоров и др. Однако многие существующие технологии переработки отходов производства металлургического кремния не нашли применения в промышленности ввиду недостаточно глубокой изученности вопроса фазовых переходов техногенного микрокремнезема и его высокотемпературных взаимодействий с основными компонентами огнеупорных, строительных и др. смесей. Поэтому требуется разработка новых технологических и технических решений, основанных на всестороннем изучении структуры и свойств тонкодисперсных отходов кремниевого производства.

Представленные в диссертационной работе результаты теоретических и экспериментальных исследований направлены на решение поставленных выше задач, и, следовательно, являются актуальными. Актуальность работы подтверждается также ее соответствием приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-400 от  
ЛУ УС

23 АВГ 2022

Российской Федерации и стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года.

## **2. Структура и объем диссертации**

Представленная на рассмотрение диссертационная работа состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой главе, заключения, списка используемой литературы, включающего 135 наименований, списка иллюстративного материала и приложения. Общий объем работы составляет 118 страниц, в том числе 24 таблицы, 25 рисунков, 2 приложения.

Автореферат имеет объем 20 страниц с дополнительной вкладкой. Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертационной работы.

## **3. Основные научные результаты, обладающие новизной**

Автором в результате выполненного диссертационного исследования получены следующие основные научные результаты, обладающие новизной:

1. Комплексное исследование структуры и свойств микросилики (технического кремнезема) позволяет определить рациональный состав и свойства модификатора с улучшенными теплофизическими характеристиками.

2. Научно обоснован эффект упрочнения, за счет преобладания  $\beta$ -SiO<sub>2</sub> при вводе тонкодисперсных остатков диоксида кремния в огнеупорные смеси, с учетом промежуточных межфазовых переходов, в результате которого прочность огнеупоров повышается на 15-20 %, наряду с улучшением их теплофизических свойств.

3. Установлено, что морфологические особенности, химический состав микрокремнезема, его количество определяют избирательность действия примесей на коллоидно-химические и структурно-механические процессы, характер и кинетику гидратации огнеупорных смесей, тип и состав новообразований.

4. Структурные особенности и кристаллическое строение SiO<sub>2</sub> являются факторами, изменяющими характер протекания физико-химических процессов и изменения полиморфного состояния в условиях высокотемпературного воздействия во время их эксплуатации в металлургических печах.

5. Определено, что аморфное высокоактивное состояние техногенного микрокремнезема может привести к раннему накоплению жидкой фазы во временном агрегатном состоянии во время термообработки образца, и дальнейшему спеканию материала в сочетании с уплотнением структуры готовых огнеупорных изделий для металлургических печей.

#### **4. Теоретическая и практическая значимость**

Теоретическая значимость заключается в выявлении свойств и характеристик, определении состава кремнезема, и получении зависимостей при переработке отходов кремниевого производства (микросилики) в условиях производства огнеупоров для металлургических печей. С использованием полученных зависимостей предложен вариант решения проблемы масштабной утилизации отходов кремниевого производства, показана возможность дальнейшего использования отходов в качестве упрочняющей добавки для строительных, дорожных и других смесей. Проведены опытно-промышленные эксперименты на АО Боровичский комбинат огнеупоров (Новгородская обл.), в результате получен акт о внедрении результатов диссертационной работы от 20.04.2022, подтверждающий решение о намерении внедрения результатов диссертационного исследования в производстве шамотных изделий общего назначения и в производстве огнеупорной бетонной смеси.

#### **5. Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций работы**

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы не вызывает сомнений и подтверждается использованием современных общепризнанных методик и аттестованного аналитического оборудования, а также проведением опытно-промышленных испытаний на действующем производстве с обобщением результатов испытаний, что также позволило использовать полученные данные в учебном процессе.

#### **6. Общая оценка диссертации, вопросы и замечания**

При рассмотрении работы Глазьева Максима Валерьевича возникли следующие вопросы и замечания:

1. Для рисунка 1 в автореферате не указана легенда, которая необходима для понимания отличия между образцами.

2. В названии таблицы 1 в автореферате указано, что это результаты химического анализа, хотя на самом деле это результаты рентгено-флуоресцентного анализа, что показано в диссертации на стр. 63.

3. Химический состав образцов техногенного микрокремнезема полученный с использованием SEM-EDX анализа (таблица 11 диссертации) сильно отличается от состава, приведенного в таблице 6 диссертации – намного больше углерода и мало кремния. С чем это может быть связано?

4. Согласно рисунку 17 диссертации потеря массы образцов при ТГ анализе составляет более 19%. Однако в таблице 6 диссертации показано ППП гораздо ниже, что,

по-видимому, связано с большим количеством в образце углерода, который не был показан при рентгено-флуоресцентном анализе.

5. Как влияет присутствие такого большого количества углерода в техногенном микрокремнеземе на свойства полученных огнеупорных материалов?

Указанные замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертационного исследования.

## 7. Заключение

Диссертация «Высокотемпературные фазовые взаимодействия при утилизации тонкодисперсных отходов производства металлургического кремния», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Глазьев Максим Валерьевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Глазьева Максима Валерьевича обсуждался и был утвержден на заседании кафедры металлургии цветных металлов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», протокол № 9 от 11.07.2022 г.

Заведующий кафедрой  
металлургии цветных металлов  
ФГАОУ ВО «УрФУ имени  
первого Президента России Б.Н.  
Ельцина», д-р техн. наук, с.н.с



Мамяченков  
Сергей Владимирович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Почтовый адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Официальный сайт: <https://urfu.ru/>

e-mail: [rector@urfu.ru](mailto:rector@urfu.ru), [s.v.mamiachenkov@urfu.ru](mailto:s.v.mamiachenkov@urfu.ru)

Тел.: +7 (343) 375-45-07, 375-46-09