

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Барбина Николая Михайловича 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 чёрных, цветных и редких металлов»

При мировом объеме производства металлургического кремния более 500 млн. тонн в год из-за несовершенства технологического карботермического процесса, неудовлетворительной работы газоочистных сооружений ежегодно образуется более 200 млн. тонн мелкодисперсных техногенных отходов. Общий объем накопившихся отходов от производства кремния в виде микрокремнезема составляет более 1 млн. т. Производители заинтересованы в организации переработки отходов кремниевого производства с получением продукции, которая может позволить решить проблемы эксплуатации металлургических печей при высоких температурах процесса.

Исходя из этого, диссертационное исследование Глазьева М.В., направленное на разработку технологии переработки тонкодисперсных остатков диоксида кремния путем их использования в технологии производства шамотных изделий общего назначения, кремнеземистых огнеупорах и в технологии производства огнеупорных бетонных смесей для металлургических агрегатов, является своевременным и актуальным.

Степень достоверности результатов исследования обеспечена соответствием фундаментальным закономерностям теории металлургических процессов, базовым положениям технологии производства кремния и огнеупорных материалов, при использовании экспериментальных методов исследования. Достоверность результатов подтверждается корректностью постановки и проведения экспериментальных исследований, применением статистических методов обработки данных, с использованием современного технологического и аналитического оборудования с лицензионным программным обеспечением, апробацией основных положений диссертации в публикациях и выступлениях автора на отечественных и зарубежных научных конференциях.

Цель и задачи исследования, представленные в работе соискателем, сформулированы методологически корректно.

Сложность достижения поставленной в диссертационной работе цели потребовала от автора использования адекватных теоретических и экспериментальных методов исследования.

Конкретные элементы новизны, определяющие научную значимость представленной работы, составляют следующие положения:

- Комплексное исследование структуры и свойств микрокремнезема позволяет определить рациональный состав и свойства модификатора с улучшенными теплофизическими характеристиками.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-399 от 23 АВГ 2022  
ЛУ УС

- Научно обоснован эффект упрочнения при вводе тонкодисперсных остатков диоксида кремния в огнеупорные смеси, в результате которого прочность огнеупоров повышается на 15-20 %, наряду с улучшением их теплофизических свойств.

- 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.

- Структурные особенности и кристаллическое строение  $\text{SiO}_2$  являются факторами, изменяющими характер протекания физико-химических процессов и изменения полиморфного состояния в условиях высокотемпературного воздействия во время их эксплуатации в металлургических печах.

- 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.

Теоретическая значимость заключалась в выявлении свойств и характеристик, определении состава микрокремнезема, и получении зависимостей при переработке отходов кремниевого производства в условиях производства огнеупоров для металлургических печей, при определении оптимального гранулометрического состава, при расчете удельной поверхности частиц, с учетом обработки проведенных исследований образцов, рентгенофазового анализа, энергодисперсионного микроанализа, термогравиметрического и дифференциального термического анализов.

Практическая значимость проведенных автором исследований, состоит в том, что по результатам выполненной работы получены:

- Акт о внедрении результатов диссертационной работы от 20.04.2022, подтверждающий решение о намерении внедрения результатов диссертационного исследования в деятельности АО «Боровичский комбинат огнеупоров» по использованию методики изучения свойств и состава тонкодисперсных отходов диоксида кремния производства металлургического кремния, а также рекомендации по применению разработанных технологий использования тонкодисперсных отходов диоксида кремния в производстве шамотных изделий общего назначения и в производстве огнеупорной бетонной смеси для выполнения монолитных бетонных футеровок и изготовления огнеупорных изделий

- Акт результатов диссертационного исследования от 08.04.2022, подтверждающий внедрение результатов в учебный процесс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» на кафедре металлургии в рамках дисциплины «Металлургические печи».

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 6 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях, входящих в

международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получены 2 патента на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Публикации автора, а также автореферат полностью отражают ключевые положения, содержащиеся в тексте диссертации.

В целом, диссертационная работа написана грамотно, хорошим научным языком и содержит все необходимые элементы, предусмотренные правилами оформления этого документа.

Изложенные выше суждения позволяют считать теоретические и практические результаты диссертации не вызывающими серьёзных возражений. Вместе с тем, отмечая актуальность диссертационного исследования, его новизну и значимость для науки и практики, по материалам диссертационного исследования необходимо сформулировать ряд замечаний:

1. Важным аспектом применения отходов кремниевого производства в представленных в диссертации технологиях было изучение использования сепарированного кремнезема. На мой взгляд в диссертацию стоило бы включить изучение структурных, морфологических, теплофизических особенностей не только техногенного, но и сепарированного микрокремнезема.

2. Из текста диссертации не понятно, почему для применения микрокремнезема были выбраны именно марки ISO-2000 ША, ISO -2000 КП кл.А, а также другие огнеупорные материалы.

3. Каковы критерии выбора замены шамота микрокремнеземом, а не замены смеси глины и каолина?

4. Не указано, какое количество микрокремнезема от общего значения образующихся отходов может быть использовано в представленных технологиях.

5. При рассмотрении экономического эффекта приведены только расчёты применения микрокремнезема в шамотных изделиях, и плата за размещение отходов на отвалах, но не рассмотрена экономическая эффективность от использования в кремнезёмистых огнеупорах, и огнеупорных бетонных смесях.

**Вывод:** Диссертационная работа Глазьева М.В. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение проблемы, имеющей важное теоретическое и практическое значение для металлургической отрасли.

Работа написана грамотно, доходчиво и надлежащим образом оформлена. Автор показал умение самостоятельно вести исследования в определённом научном направлении с доведением их до конкретных практических рекомендаций.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа «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» полностью отвечает 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 её автор – Глазьев Максим Валерьевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

**Официальный оппонент,**

доктор технических наук, доцент,  
Ведущий научный сотрудник учебно-научного комплекса техносферной безопасности, пожаротушения и аварийно-спасательных работ  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

*Бр*

**Барбин Николай Михайлович**

10.08.2022

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Адрес: 620062, Свердловская область, город Екатеринбург, улица Мира, дом 22

Контактный телефон: +7(343)374-07-06

Адрес электронной почты: [nmbarbin@yandex.ru](mailto:nmbarbin@yandex.ru)

Веб-сайт: <https://uigps.ru>

*Подпись Барбина Н.М.*  
*Ст. перископного*

*Т.А.С.*  
