

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гольцмана Бориса Михайловича на тему «Научные основы ресурсосберегающей технологии термически вспененных алюмосиликатных материалов», представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

**Актуальность темы исследования.** В современном строительстве крайне востребованы эффективные негорючие и долговечные теплоизоляционные материалы. Применяемое пеностекло, обладающее низкой теплопроводностью, высокой прочностью и химической стойкостью, является перспективным материалом для теплоизоляции. Однако существующие технологии его производства для снижения себестоимости продукции требуют оптимизации термической обработки, расширения сырьевой базы, включая использование вторичного сырья и отходов промышленности, а также улучшение эксплуатационных характеристик. Особую значимость здесь имеет изучение механизмов взаимодействия компонентов порообразующих смесей и разработка новых составов, обеспечивающих стабильное вспенивание, равномерную пористую структуру и возможность гибкого регулирования свойств конечного материала. Поэтому разработка ресурсосберегающей технологии термически вспененных алюмосиликатных материалов весьма актуально и может внести существенный вклад в импортозамещение и экологию.

### **Научная новизна исследования:**

- впервые описаны процессы формирования и трансформации углеродной нанофазы при термической обработке пеностекольных шихты;
- установлены этапы взаимодействия смеси «стеклопорошок – жидкое стекло – глицерин» и зоны активного газовыделения, а также структурные изменения при высокотемпературном ее обжиге;
- сформулированы особенности вспенивания алюмосиликатного сырья за счет щелочного компонента по гидратному механизму. Доказано, что дополнительное введение глицериновой порообразующей добавки обеспечивает стабилизацию пористой структуры и дополнительное повышение пористости;
- сформулированы закономерности воздействия фторидно-боратных флюсующих смесей на термически обусловленные превращения в алюмосиликатных материалах. Совместное введение смесей « $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{NaF}$ » обеспечивает комплексную интенсификацию спекания, плавления и вспенивания алюмосиликатных смесей на всем протяжении термической обработки;
- показана возможность порообразования при термической обработке золошлаковых отходов ТЭС по механизму «самовспенивания» и увеличение их склонности к самовспениванию при повышении содержания аморфной фазы за счет большей внутренней энергии и реакционной способности;

- разработан комплекс эмпирических моделей, описывающих фазово-структурные изменения при термической обработке шихт, и доказана их высокая предиктивная способность.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

- впервые детально описаны механизмы термического разложения глицерина в составе пеностекольных шихт, включая образование углеродной нанофазы и ее взаимодействие с компонентами стекла;

- разработаны модели, объясняющие роль гидратного и углеродного механизмов газовой выделения, а также их синергетический эффект при совместном использовании;

- выявлены закономерности деполимеризации алюмосиликатной матрицы под действием щелочных и фторидно-боратных добавок, приводящие к снижению температуры плавления и вязкости расплава и обеспечивающие снижение температуры обработки и энергозатрат;

- описаны процессы «самовспенивания» золошлаковых отходов без введения дополнительного порообразователя, связанные с реакциями между оксидами железа и остаточным углеродом, что снижает себестоимость продукции, способствует решению проблемы утилизации промышленных отходов и снижению нагрузки на окружающую среду;

- показана возможность применения спектра органических соединений (сахароза, ванилин др.) в качестве альтернативы глицерину, что позволяет адаптировать технологию под доступное сырье;

- предложена инновационная трехкомпонентная смесь «плавень – вспениватель – активатор», обеспечивающая в рамках единого производственного процесса возможность гибкого регулирования характеристик конечного продукта за счет варьирования технологических параметров термообработки;

- разработаны рекомендации по подбору компонентного состава смеси для получения материалов с заданной плотностью в диапазоне 150-550 кг/м<sup>3</sup>, прочностью в диапазоне 1-5 МПа и средним размером пор 400 мкм с учетом химического состава основного алюмосиликатного сырья;

- разработана и апробирована в опытно-промышленных условиях научно обоснованная технология производства пористых алюмосиликатных материалов, отличающаяся меньшими затратами на подготовку и вспенивание шихты.

#### **Апробация и публикации по теме диссертаций**

Основные научные положения и результаты диссертации представлены на многочисленных международных и российских конференциях, опубликованы в 78 научных работах, из них работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях (из перечней Минобрнауки России) – 19; в изданиях, индексируемых в международных базах данных – 23; получено патентов РФ на изобретение – 5, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, базах данных, топологиях интегральных микросхем – 1.

По содержанию автореферата диссертации имеются вопросы и замечания:

- как учитывается химико-минеральный состав природного и техногенного алюмосиликатного сырья при выборе комплексной добавки «плавень-вспениватель-активатор»?;

- не представлены физико-механические и теплотехнические характеристики пеностекольных материалов, полученных по разработанной в диссертации технологии.

Заданные вопросы и высказанные замечания не снижают в целом положительной оценки представленной диссертационной работы. По уровню и объему выполненных научных исследований, актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости полученных результатов диссертационная работа «Научные основы ресурсосберегающей технологии термически вспененных алюмосиликатных материалов» является законченной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Гольцман Борис Михайлович, решив важную для строительной индустрии России научно-технологическую задачу, связанную с разработкой ресурсосберегающей технологии производства термически вспененных материалов из природного и техногенного алюмосиликатного сырья, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Доктор технических наук (специальность 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов), профессор, заместитель директора по научной и инновационной деятельности Института новых материалов и технологий, заведующий кафедрой «Материаловедение в строительстве» Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

E-mail: f.l.kapustin@urfu.ru

Телефон 8(343)3744853

Капустин Федор Леонидович

12 мая 2026 г.

Подпись профессора Капустина Ф.Л. удостоверена



М. НАЧАЛЬНИКА  
ДИОВ  
А. УЛЬЯНОВА