

**М. И. Москвичёв¹, В. Е. Гайшун¹, Д. Л. Коваленко¹,
Н. А. Алешкевич¹, Я. А. Косенок¹, Н. В. Насонова²**

¹ Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

² Минск, БГУИР

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОСТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СТЕКОЛЬНОГО СЫРЬЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРНЫХ И РАДИОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Введение

Для увеличения энергоэффективности зданий и сооружений, снижения затрат основных строительных материалов, уменьшения толщины и облегчения ограждающих конструкций в современной строительной отрасли активно применяются различные виды теплоизоляционных материалов [1]. Проблема воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) выдвигает дополнительные требования к современным строительным материалам, в том числе, теплоизоляционным, и может быть решена посредством создания новых материалов, обладающих радиозащитными свойствами.

Пеностекло представляет собой теплоизоляционный материал, в форме блоков или гранул, состоящий из вспененной стекломассы, которую получают из смеси порошка стекла с порообразователем. Основными преимуществами пеностекла перед другими теплоизоляционными материалами являются устойчивость к влаге, относительно высокая механическая прочность, негорючесть и биологическая стойкость [2–3].

Экономическая эффективность методики получения теплоизоляционных материалов может быть достигнута за счет снижения энергоемкости процесса посредством введения в исходный состав отходов химической промышленности, полезных ископаемых,

различных видов стекольного сырья, а также поверхностно-активных веществ (ПАВ). Применение отходов и вторичных ресурсов в технологии получения пеностекломатериалов позволяет решить проблему их утилизации и повысить экологическую безопасность окружающей среды.

Таким образом, получение пеностекла, обладающего радиозащитными характеристиками, с применением вторичного стекольного сырья является актуальной задачей.

1. Материалы и методика эксперимента

Методика получения пеностекла на основе стекольного сырья предполагает несколько этапов. На первом этапе готовится шихта на основе стеклобоя и вспенивающей смеси, состоящей из натриевого жидкого стекла и ПАВ.

В качестве вторичного стекольного сырья был использован бой тарного полубелого стекла следующего химического состава: 67–68 масс.% SiO_2 , 10,5–11,0 масс.% CaO , 14,5–15,5 масс.% Na_2O , 6,5–8,0 масс.% оксидов Al , Fe , Mg , K и др. Оптимальный размер частиц стеклобоя не должен превышать 100 мкм [4], поэтому сырье предварительно измельчали на вибрационной микромельнице «FRITSCHE Pulverisette 0» (Германия). После измельчения стеклобой просеивали через сито с размерами ячейки 100 мкм. Были приготовлены три варианта составов из измельченного стеклобоя, натриевого жидкого стекла по ГОСТ 13078-81 [5] и ПАВ (таблица 1).

Таблица 1 – Составы сырьевой смеси для получения образцов пеностекломатериалов

№ состава	Компоненты		
	Стеклобой, масс.%	Водный раствор силикатов натрия, масс.%	ПАВ, масс.%
1	67,0	30,0	3,0
2	65,0	30,0	5,0
3	60,0	35,0	5,0

Полученную смесь высушивали в течение 2–4 часов и формировали порошкообразную массу. Затем массу засыпали в форму, стенки которой покрывали каолиновой пастой. Форма помещалась в муфельную печь и термообработывалась в муфельной печи SNOL 8,2/1100 в заданном температурном режиме (рисунок 1).

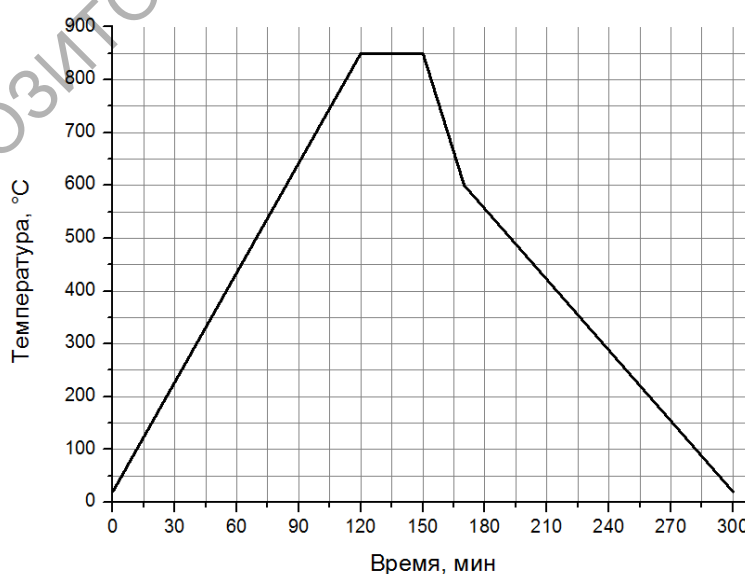


Рисунок 1 – Температурный график процесса термической обработки сырьевой смеси для получения пеностекла

После завершения термической обработки образцы извлекались из формы и обрабатывались до требуемых размеров.

2 Результаты и их обсуждение

Изображения структуры образцов представлены на рисунке 2.

Полученные образцы пеностекломатериалов имеют черную окраску и пористую структуру, практически равномерно распределенную по всему объему.

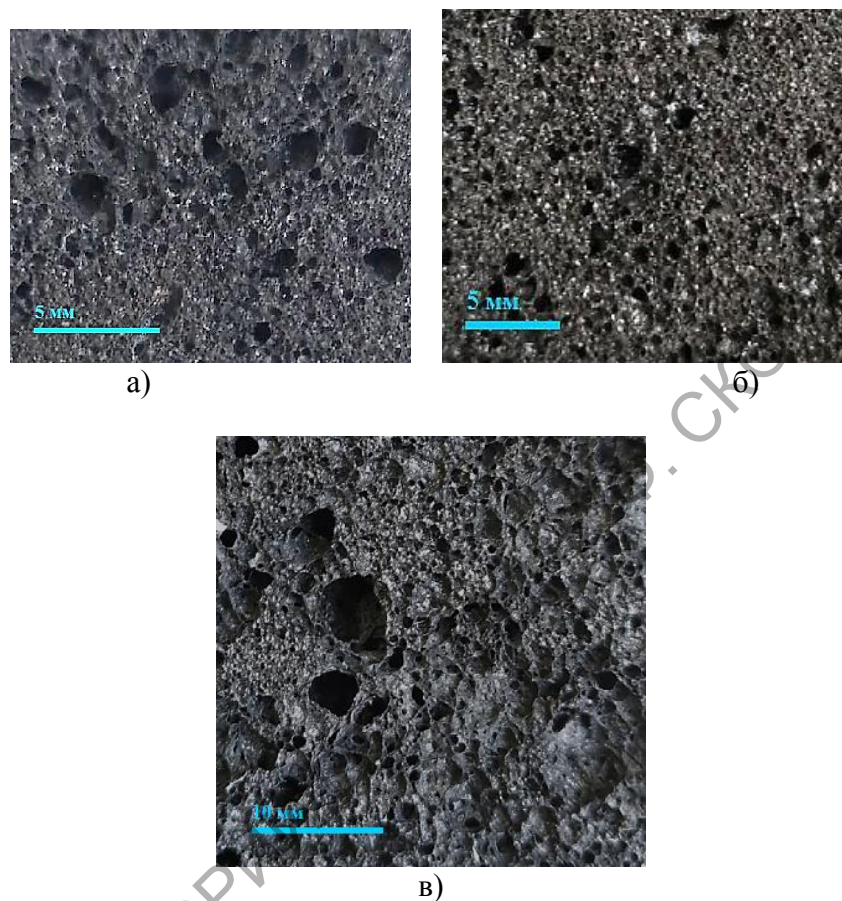


Рисунок 2 – Внешний вид структуры образцов пеностекломатериалов (а – образец №1, б – образец №2, в – образец №3)

Проведенные исследования показывают, что у образцов, изготовленных на основе молотого стеклобоя, жидкого стекла и ПАВ, плотность находится в пределах 0,29–0,45 г/см³ (таблица 2). Повышение концентрации ПАВ позволяет снизить плотность получаемых пеностекломатериалов. Водопоглощение исследуемых образцов не превышает 10 масс. %.

Таблица 2 – Значения плотности и водопоглощения образцов пеностекломатериалов

№ образца	Водопоглощение за 24 ч, масс. %	Плотность, г/см ³	Диаметр пор, не более, мм
1	4,6	0,45	2,5
2	8,4	0,29	4,0
3	9,7	0,31	5,0

Радиозащитные свойства полученных образцов исследовали с помощью векторного анализатора цепей Rohde&Schwarz ZNB20. Были получены частотные зависимости коэффициента отражения электромагнитного излучения на частотах 8–12 ГГц (рисунок 3).

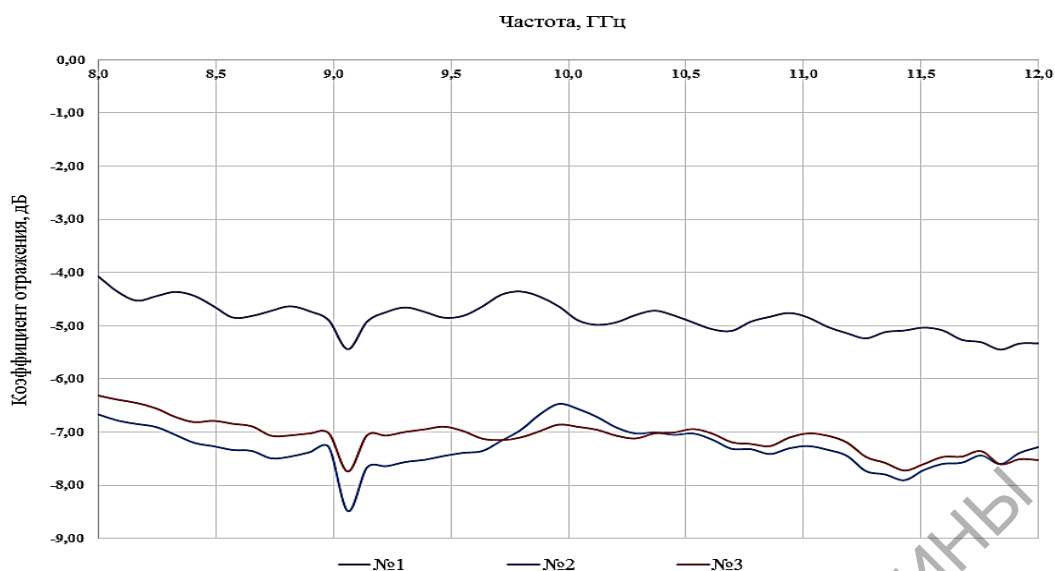


Рисунок 3 – Частотная зависимость коэффициента отражения ЭМИ полученных образцов пеностекломатериалов в диапазоне частот 8–12 ГГц

Полученные образцы пеностекломатериалов обладают коэффициентом отражения электромагнитного излучения от -4 дБ до -8,5 дБ в диапазоне частот 8–12 ГГц. Установлено, что увеличение концентрации ПАВ от 3 до 5 масс. % позволяет снизить коэффициенты отражения и передачи и повысить эффективность радиозащитных свойств получаемых материалов.

Заключение

Разработанная энергоэффективная методика позволяет получать пеностекломатериалы, характеристики которых удовлетворяют требованиям, предъявляемым к современным теплоизоляционным и радиозащитным материалам.

Полученные материалы могут применяться для теплоизоляции ограждающих конструкций в современном строительстве, а также в условиях, требующих уменьшения воздействия электромагнитного излучения.

Применение измельченного стеклобоя в качестве основного сырья позволяет решить проблему его утилизации и повысить экологическую безопасность окружающей среды.

Список использованных источников

1 Москвичёв, М. И. Пеностекломатериалы на основе стекольных отходов бытового и промышленного происхождения и силикатов щелочных металлов / М. И. Москвичёв, В. Е. Гайшун, В. В. Сидский [и др.] // Проблемы физики, математики и техники. – 2019. – №4 (41). – С. 102–105.

2 Тихонов, В. Б. Особенности использования современных теплоизоляционных материалов на полимерной основе / В. Б. Тихонов, М. П. Колесниченко // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2011. – №1. – С. 24–27.

3 Мелконян, Р. Г. Производство стеклообразных пеноматериалов: проблемы и решения / Р. Г. Мелконян [и др.] // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2018. – №1(10). – С. 133–156.

4 Способ получения блочного пеностекла: пат. 2594416 Рос. Федерация, МПК С03С11/00, С03В19/08/ / К. А. Абязов, А. Б. Жималов, А. А. Жималов, Ю. Г. Игитханян, Ю. Г. Иващенко; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Саратовский институт стекла». – № 2015123451/03; заявл. 15.06.2015; опубл. 20.08.2016.

5 ГОСТ 13078–81. Стекло натриевое жидкое. Технические условия. – Введ. 1982-01-01 с изменениями. – Минск : Гос. комитет по стандартизации РБ. – 20 с.