

# Негорючие теплоизоляционные пористые заполнители на основе минерального сырья Беларуси



Использование теплоизоляционных материалов в строительстве позволяет снизить массу конструкций, уменьшить потребление конструктивных строительных материалов (бетон, блоки, кирпич и др.), создать более комфортные условия в помещениях, а также сократить расход энергии на отопление зданий.

Необходимость создания новых теплоизоляционных материалов для строительства (неорганических пористых заполнителей на основе отечественного минерального сырья, отличающихся высокими физико-механическими свойствами), обусловлена решением не только проблем ресурсосбережения, импортозамещения и расширения минерально-сырьевой базы Республики Беларусь, но и актуальных вопросов обеспечения пожарной безопасности зданий промышленного и гражданского строительства.

Помимо вышеуказанного, в районах интенсивного развития горного производства особенно остро стоит проблема постоянно увеличивающихся площадей отвалообразований, негативно влияющих на экологическую обстановку, вызванных исключением из хозяйственного оборота земель, занятых отходами производства, уничтожением или снижением их качества из-за пылевых заносов с отвалов и хвостохранилищ.

Согласно ГОСТ 16381-2022 теплоизоляционные материалы классифицируют по виду основного

исходного сырья, структуре, форме; горючести; содержанию связующего вещества; термическому сопротивлению и области применения. В особый подвид выделяются пористые заполнители — керамзит, получаемый практически из одной породы — глины с использованием небольшого количества порообразователя. Получение таких материалов связано с обжигом отформованных сырьевых гранул, что позволяет обеспечить необходимый коэффициент вспучивания и соответственно объемную плотность заполнителя  $450 - 650 \text{ кг/м}^3$ . Керамзит химически инертен, не гниет, представляет собой сыпучий материал, который не слеживается, экологически безопасен. Он характеризуется теплопроводностью  $0,09 - 0,018 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ; класс горючести: НГ (негорючий материал); форма выпуска в зависимости от размера гранул — гравий, щебень, песок. Материал огнестойкий, способен выдержать кратковременное воздействие высоких температур без разрушения.

Целью исследования является разработка рецептуры сырьевых композиций для получения негорючих керамических теплоизоляционных пористых заполнителей на основе минерального сырья Беларуси по аналогичной керамзиту технологии, но с применением совершенно новых отечественных сырьевых материалов.

При выполнении работы основными компонентами сырьевых композиций являлись магматические

породы разрабатываемых и перспективных потенциальных месторождений магматических пород юга Беларуси, представленных гранитоидами, базальтами и габбро-диабазами и осадочные вскрышные породы, представленные глауконитсодержащими песками, алевритами и алевролитами.

Проведение исследования базировалось на основании определения температурных интервалов плавления пород при термообработке как критериального фактора, обеспечивающего формирование структуры теплоизоляционных пористых керамических материалов с последующей разработкой рецептур их сырьевых композиций и изучением зависимости показателей физико-химических свойств от составов и температурных параметров термической обработки.

Для изготовления образцов теплоизоляционных пористых материалов приготовление массы осуществлялось поэтапно путем тщательного смешивания в сухом состоянии тонкомолотых пород и порообразователя (карбида кремния), затем добавлялись пластификатор (легкоплавкая глина) и вода. Далее в грануляторе формовался полуфабрикат (сырцовые гранулы), которые подсушивались в естественных условиях и поступали на термическую обработку по режиму, обеспечивающему заданный коэффициент вспучивания и объемную плотность.

Физико-химические процессы при нагревании исследуемых образцов породы и сырьевых композиций анализировались по кривым дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), а определение химического оксидного состава осуществлялось с использованием сканирующего электронного микроскопа.

В соответствии с техническими нормативными правовыми документами (СТБ ЕН 13055-1 и СТБ ЕН 14013-1) определялись основные свойства полученных материалов.

Крупнейшим предприятием на территории Беларуси и в Европе по добыче и переработке строительного камня является РУПП «Гранит», которое представляет собой многофункциональный технологический комплекс. Сырьевой базой служит месторождение строительного камня «Микашевичи», промышленные запасы которого составляют 518,380 млн м<sup>3</sup>. Оно отрабатывается карьерным способом, глубина карьера составляет 130 м. Особое акцентирующее внимание уделяется изучению возможности получения теплоизоляционных пористых материалов на основе гранитоидных отсеков, являющихся некондиционной фракцией при производстве дорожного щебня на Микашевичском РУПП «Гранит» и составляющих порядка 25 % от общего количества производимого щебня.

Сырьевым компонентом также являются диабазы перспективного потенциального Диабазового месторождения Нагорновского комплекса Житковичского района Гомельской области, слагающиеся дайками различной мощности, из которых детально изучена самая крупная мощностью 250 м, протянувшаяся небольшими перерывами на 20 км.

Новодворское месторождение базальтов и сапонитсодержащих туфов расположено на территории Пинского района Брестской области. Предварительно оцененные запасы и прогнозные ресурсы этих пород составляют 203,830 млн т. Попутные полезные ископаемые представлены вскрышными осадочными глауконитсодержащими породами – песками, алевритами и алевролитами, предварительно оцененные запасы которых составляют 77,098 млн м<sup>3</sup>.

Основными критериями пригодности использования вышеприведенных пород для получения силикатных материалов различного назначения является их усредненный химический состав, приведенный в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав сырьевых компонентов

Компоненты	Содержание оксидов, мас. %							
	SiO <sub>2</sub>	MgO	FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	потери при прокаливании
Гранитоиды	61,63	3,32	8,94	2,52	0,93	0,35	0,19	2,87
Базальт	46,11	7,87	14,00	4,30	1,74	0,31	–	9,18
Диабазы	45,54	9,43	11,30	4,67	0,59	0,20	0,42	5,23

Таким образом, по химико-минеральному составу, как первому и главному признаку пригодности сырья, отечественные магматические и осадочные горные породы являются перспективной сырьевой основой для получения пористых теплоизоляционных керамических материалов.

Качественный состав экспериментальных сырьевых композиций для получения пористых материалов, которым присвоены условные названия гранопор (на основе гранитоидных пород), базопор (на основе базальтов), диапор (на основе диабазов), глаупор (на основе глауконитсодержащих пород), приведен в таблице 2.

Таблица 2. Качественный состав сырьевых композиций

Условное название материала	Гранитоиды	Базальт	Диабаз	Глауконитсодержащая порода	Глина	Карбид кремния	Вода
Гранопор	+	-	-	-	+	+	+
Базопор	-	+	-	-	+	+	+
Диапор	-	-	+	-	+	+	+
Глаупор	-	-	-	+	+	+	+

Качественный состав пористых теплоизоляционных материалов представлен системой компонентов сырьевой композиции «горная порода – глина – карбид кремния – вода», где в качестве основного компонента использованы гранитоиды, базальты, диабазы и глауконитсодержащие пески, алевриты и алевролиты. Система является вполне доступной, не содержит дефицитных компонентов, а с учетом использования в качестве основы отходов горно-перерабатывающей промышленности можно сделать вывод о ее экономической целесообразности и улучшении экологической обстановки прилегающих регионов.

Изменение агрегатного состояния исследуемых пород имеет решающее значение для установления оптимальных температурно-временных параметров обжига, которые обеспечивают процесс вспучивания и формирования пористой структуры материала, непосредственно связанных с переходом системы в пиропластическое состояние и образованием жидкой фазы. Экспериментально определенные температурные интервалы при нагревании позволили выделить две основные стадии изменения агрегатного состояния пород: начало спекания за счет появления жидкой фазы при 1160 – 1180 °С; интервал плавления пробы до расплава, составляющий 1180 – 1320 °С.

Разработан температурно-временной режим обжига сырцовых гранул, обеспечивающий формирование пористой структуры и комплекс требуемых физико-химических свойств, состоящий из следующих температурно-временных экспозиций: подъем температуры до 100 °С за 10 мин, выдержка 10 мин; подъем температуры до 600 °С за 30 мин, выдержка 10 мин; подъем температуры до 1190 – 1210 °С за 30 мин, выдержка 10 мин; охлаждение инерционное. Благодаря всем необходимым процессам, происходящим при обжиге сырцовых гранул, формируется пористая однородная равномерная структура, обеспечивающая необходимую объемную плотность, а частично остеклованная поверхность гранул обеспечивает необходимые показатели физико-химических свойств с тенденцией их улучшения по сравнению с керамзитом.

Усредненные показатели основных физико-химических свойств разработанных теплоизоляционных пористых заполнителей наиболее востребованной фракции (10 – 16 мм), полученных в соответствии с разработанной рецептурой на основе магматических и осадочных пород, приведены в таблице 3. Содержание пород в составах керамических масс составляет 70 – 75 мас. %, что обеспечит при масштабном выпуске продукции достаточно высокие экономические показатели и снижение ее себестоимости.

Таблица 3. Основные свойства пористых теплоизоляционных заполнителей

Свойства	Показатели свойств
Объемная плотность, кг/м <sup>3</sup>	650–780
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	420–470
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,075–0,085
Механическая прочность при сжатии, МПа	2,0–2,2
Водопоглощение, %	10,3–13,8
Коэффициент вспучивания	2,6–2,9
Морозостойкость, потери массы после 15 циклов замораживания и оттаивания, %	0,1–0,3
Потеря массы при кипячении, %	1,87–1,89
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	91,41

Показатели физико-химических свойств материалов свидетельствуют о том, что разработанные пористые заполнители удовлетворяют требованиям нормативно-технической документации, предъявляемым к аналогичным материалам.

В результате выполнения НИР разработаны составы сырьевых смесей на основе магматических и осадочных горных пород для пористых заполнителей, определены и оптимизированы температурно-временные параметры их получения на всех технологических этапах, в частности, сушки сырцовых гранул для обеспечения их необходимой прочности, а также обжига для обеспечения требуемых показателей физико-химических и эксплуатационных свойств.

Разработаны научные основы управления процессами порообразования и формирования структуры материала во взаимосвязи с составами сырьевых композиций. Изготовлены опытные образцы пористых заполнителей, которые благодаря низкой теплопроводности в сочетании с достаточной механической прочностью и небольшой насыпной плотностью могут использоваться в качестве заполнителя легких бетонов, изготовления теплоизоляционных блоков «Термокомфорт», а также в качестве самостоятельного засыпного теплоизоляционного материала в гражданском строительстве.

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что по геолого-структурной позиции, вещественному составу и мощности залегания магматические и осадочные породы являются приемлемым отечественным объектом для получения теплоизоляционных керамических негорючих материалов, а их масштабное использование будет способствовать не только расширению минерально-сырьевой базы республики, но и обеспечению энергоэффективности и пожаробезопасности строящихся с их использованием зданий и сооружений.

*Светлана БАРАНЦЕВА,  
доцент, к.т.н., старший научный сотрудник  
кафедры технологии стекла и керамики БГТУ,*

*Ирина АЗАРЕНКО,  
младший научный сотрудник  
кафедры технологии стекла и керамики БГТУ,*

*Виктор БИРЮК,  
доцент, к.т.н., заведующий кафедрой промышленной  
безопасности УГЗ*

## Рекомендации владельцу лифта по порядку временного его приостановления использования (хранения в период эксплуатации)

Временное приостановление использования (хранение в период эксплуатации) лифта, не связанное с проведением аварийно-восстановительного ремонта лифта, на срок, превышающий 24 ч, оформляется распорядительным актом владельца.

При приостановлении использования лифта владельцу необходимо провести ряд мероприятий, направленных на обеспечение его безопасного состояния в период хранения:

- разместить предупреждающие таблички на дверях шахты, посадочных этажах (площадках) о нерабочем состоянии лифта;

- выполнить действия, направленные на ограничение возможности проникновения посторонних лиц в шахту, приямок, машинное, блочное, а также в другие помещения, относящиеся к лифту;

- обеспечить электробезопасность пользователей, квалифицированного персонала и иных лиц при их воздействии на аппараты управления лифтом и (или) прикосновения к конструкциям лифта, которые могут оказаться под напряжением (отключить вводное устройство лифта и вывесить табличку с надписью «Лифт отключен, находится на хранении»);

- назначить распорядительным актом владельца лифта работника, ответственного за обеспечение безопасности лифта в период временного приостановления его использования (хранения).

Для лифта, приостановленного на срок более 15 суток, необходимо установить сроки и порядок контроля состояния лифта, выполнения указанных мер в период хранения.

При необходимости возобновления эксплуатации лифта следует предварительно выполнить работы по подготовке к использованию согласно эксплуатационным документам.

*Егор СЕНКЕВИЧ,  
главный специалист управления надзора  
за безопасностью подъемных сооружений  
и аттракционов Госпромнадзора*