

**Список использованных источников:**

1. СН 3.03.04-2019 Автомобильные дороги. (утверждены и введены в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 26 декабря 2019 г. № 74) – Минск : Минстройархитектуры, 2019. – 60 с.
2. ТКП 200-2018 Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. Минск : Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 2018. – 189 с.

---

**УДК 666.3:666.646**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛИТОК ВНУТРЕННЕЙ ОБЛИЦОВКИ СТЕН**

Саплев А.В., Левицкий И.А.

*УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Основной задачей производства плиток для внутренней облицовки стен является снижение стоимости сырьевых составляющих за счет применения максимально возможного количества минерального сырья Республики Беларусь с обеспечением высокого качества изготавливаемых изделий.

На ОАО «Керамин» плитка для внутренней облицовки стен изготавливается по шликерной технологии методом двухкратного обжига с целью повышения качественных характеристик продукции.

*Исследования по разработке состава керамической массы проводились в многокомпонентной системе исходного сырья, что позволяло регулировать технологические и физико-химические свойства изделий путем корректировки содержания компонентов сырьевой композиции.*

*Составы масс для керамических плиток внутренней облицовки стен представлены на рис. 1.*

В качестве глинистой составляющей использовались суглинки месторождения «Фаниполь» Минской области с пределом содержания 20–30 мас. %, глина месторождения «Ново-Лукомль» Витебской области – 22–28 мас. % и глина месторождения «Гайдуковка» при постоянном количестве 5 мас. %. Отощающей и флюсующей добавкой являлись гранитоидные отсеvy, образующиеся при обработке горных пород в РУП «Гранит» г.п. Микашевичи Брестской области. Интервал их содержания составлял 14–20 мас. %. Роль плавня выполняли также доломитовые отсеvy месторождения «Руба» Витебской области.

Применялась также добавка кварцевого песка Гомельского горно-обогатительного комбината и небольшое количество каолина-сырца марки КЗ-1 (Украина). Общее содержание доломитовых отсеvов, кварцевого песка и каолина составляло 30 мас. % в установленных при исследованиях соотношениях, обеспечивающих требуемый химический состав.

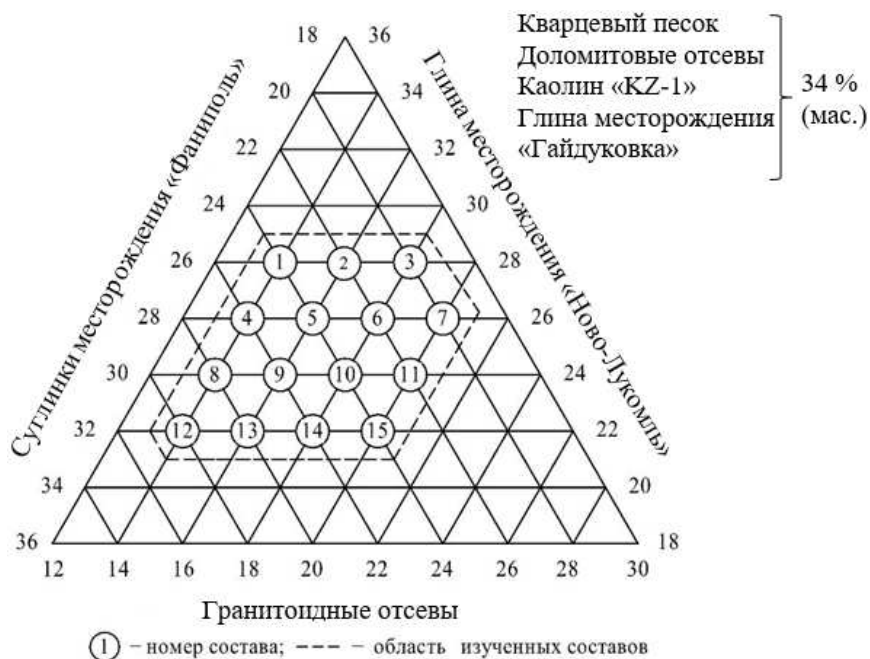


Рис. 1. Составы масс для керамических плиток внутренней облицовки стен

Мокрый помол составляющих сырьевых компонентов производился при влажности суспензии 36–40 % до остатка на сите № 0056 (10085 отв./см<sup>2</sup>), составляющем 1,2–1,5 %. В качестве электролита использовался триполифосфат натрия и жидкое стекло, вводимые в количестве 0,06 и 0,3 % соответственно сверх 100 % составляющих массы.

Полученный шликер высушивался в сушильном шкафу при 115±2 °С с последующим измельчением и рассевом на ситах. Обеспечивался гранулометрический состав порошков, которые имели следующие размеры зерен (мм) и они содержались в количестве (мас. %): менее 0,125 – 5; (0,25–0,125) – 37; 0,50–0,25 – 55; более 0,5 – 3. Порошки смешивались, увлажнялись до влажности 4–5 %, и вылеживались не менее 3-х суток для усреднения влажности. Перед прессованием порошки протирались сквозь сито № 1 (51 отв./см<sup>2</sup>).

Образцы плиток получались полусухим прессованием при двухступенчатом процессе. Первая ступень осуществлялась при давлении 12 МПа, и вторая – при 20 МПа.

Высушивались образцы до влагосодержания не более 2% при температуре 120±2 °С в сушильном шкафу. Утильный обжиг проводился в промышленных условиях ОАО «Керамин» в роликовой печи типа FMS-2850 при температуре 1120±3 °С при продолжительности 53±2 мин.

Полученные образцы плиток характеризовались высоким качеством поверхности и подвергались исследованию физико-химических свойств в соответствии с действующим стандартными методиками керамического производства.

Установлено, что общая усадка образцов находилась в пределах 0,3–0,52 %, водопоглощение составляло от 17,1 до 20,4 %. Значения кажущейся плотности образцов – 1720–1830 кг/м<sup>3</sup>, открытая пористость – 33,6–37,4

%. Температурный коэффициент линейного расширения в интервале 20–400 °С составил  $(66,2–69,5) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ . Влажностное расширение плиток находилось в пределах 0,01–0,03.

Фазовый состав, исследованный с помощью рентгеновского дифрактометра D8 ADVANCE фирмы Bruker (Германия) с последующей расшифровкой рентгенограмм, позволил установить в образцах наличие анортита  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ ,  $\alpha$ -кварца ( $\alpha\text{-SiO}_2$ ) и в небольших количествах – альбита  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ .

С помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-5610 LV (Япония) установлено, что структура образцов представлена аморфизированным веществом с наличием кристаллических образований, пор и стекловидной составляющей.

Кристаллические образования сформированы близкой к призматической форме, по размерам преобладают образования от 0,1 до 3,5 мкм по длине, ширина их составляет 0,1–1,5 мкм. Их характер позволяет отнести их к анортиту.

Стекловидная составляющая представлена в виде прослоек, окружающие кристаллические образования, а также неравномерно распределенные участки в аморфизированном веществе.

Реликтовые зерна кварца преимущественно изометрической формы с диаметром 0,2–1,2 мкм.

Поры в структуре материала преимущественно закрытые, тупиковые, вытянутые, нередко с расширениями и пережимами. Реже присутствуют поры округлые и извилистые. Размер их составляет от 0,3 до 1,6 мкм.

Термический анализ сырьевых смесей с целью изучения их поведения при нагревании проводился для установления режима термообработки образцов.

Исследования осуществлялись с помощью комплекса DIL 402 PC фирмы Netzsch (Германия). Полученные кривые дифференциально-сканирующей калориметрии представлены на рис. 2.

Установлено, что удаление физически связанной воды, содержащейся в сырьевых глинистых материалах осуществляется при 84,7–87,9 °С, что обусловлено неглубоким эндотермическим эффектом. Наблюдаемые экзоэффекты небольшой интенсивности при 340,5–342,9 °С обусловлены структурной перестройкой  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$  в железосодержащих глинистых материалах.

Эндоэффекты в интервале температур 504,6–508,7 °С обусловлены удалением конституционной влаги. Они могут также налагаться на процессы, связанные с переходом низкотемпературной формы кварца в высокотемпературную.

Глубокий эндотермический эффект при 783,5–784,9 °С разложением  $\text{MgCO}_3$ , содержащейся в доломите с образованием  $\text{MgO}$  и кальцита. В температурном интервале 891,6–896,7 °С наблюдается слабый экзотермический эффект, обусловленный кристаллизацией анортита, а при 947,6 °С – альбита.

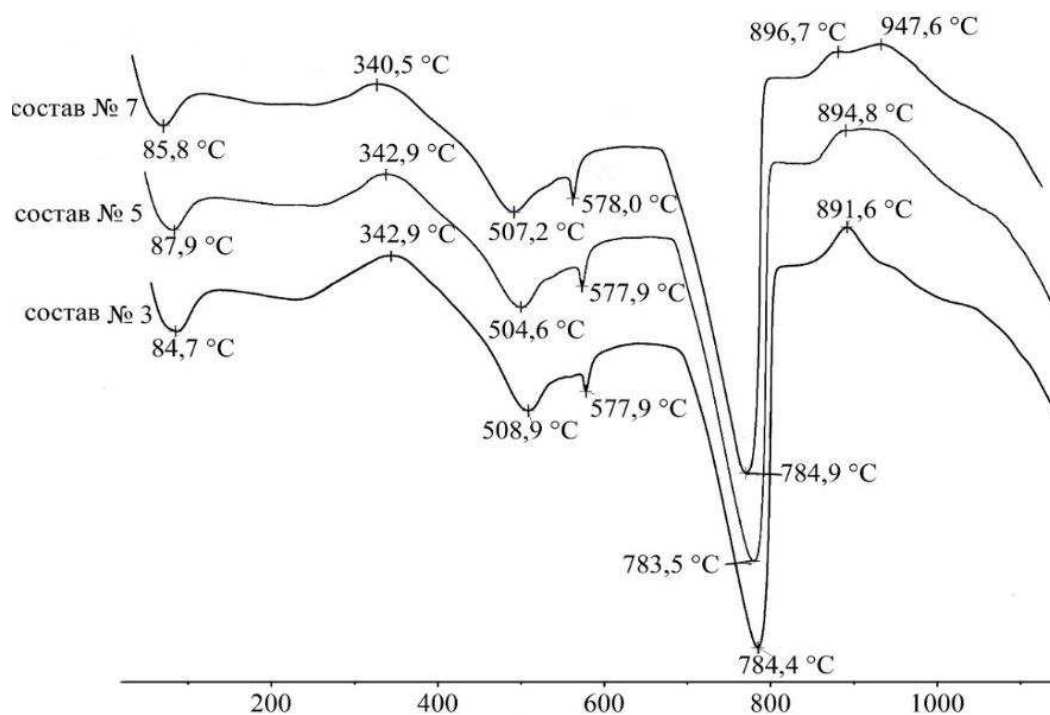


Рис. 2. Кривые ДСК исследованных шихт

Проведенные исследования позволили определить, что процессы спекания в исследованной системе во многом обусловлены наличием в глинистом сырье примесей карбонатов и оксидов железа, и также небольших количеств сульфатов, которые интенсифицируют процесс спекания за счет образования силикатов и алюмосиликатов, способствуя также растворению кварца и снижая температуру обжига плиточной массы.

Установлено, что область оптимальных составов керамических масс характеризуется содержанием  $Al_2O_3$ , составляющим 15,3–18,2 мас. %. Сумма оксидов щелочных и щелочноземельных составляющих находится в интервале 17,4–18,2 мас. % при соотношении  $RO$  ( $CaO + MgO$ ) к  $R_2O$  ( $Na_2O + K_2O$ ), составляющем 3,3–3,5. Содержание кварца при этом составляет 61,6–63,2, а оксидов железа – 3,7–4,9 мас. %.

Проведенными исследованиями определена возможность синтеза керамических масс для плиток внутренней облицовки стен, отвечающих требованиям нормативно-технической документации, с использованием минерального сырья Республики Беларусь.