

DOI: 10.12737/22242

¹Бессмертный В.С., д-р техн. наук, проф.,
¹Бондаренко Н.И., аспирант,
²Соколова О.Н., доц.,
¹Бондаренко Д.О., аспирант,
¹Клименко В.Г., канд. техн. наук, доц.

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
²Белгородский университет кооперации, экономики и права

СТЕНОВАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА

bondarenko-71@mail.ru

Исследовано влияние отходов обогащения железистых кварцитов КМА на эксплуатационные показатели стеновой керамики на основе глин Белгородской области. Показано, что отдельные фракции отходов обогащения железистых кварцитов КМА интенсифицируют процессы спекания и накопления стеклофазы в стеновой керамике. Использование отходов обогащения железистых кварцитов КМА позволяет существенно повысить марочную прочность стеновой керамики.

Ключевые слова: глинистое сырьё, глина, железистые кварциты, эксплуатационные свойства.

В настоящее время запасы высококачественного сырья истощились, а в Белгородской области месторождения высококачественных глин практически отсутствуют. В этой связи изыскание возможности использования местных источников глинистого сырья является актуальной задачей [1–4].

Рост покупательной способности населения страны вызывает увеличение объемов жилищного строительства и повышенный спрос на строительные материалы, в том числе стеновую керамику [5–7].

Кроме того, ухудшение экологической обстановки в нашей стране требует утилизации и промышленного использования различных отходов промышленности, в том числе и горнодобывающей. В настоящее время в хранилищах промышленных предприятий накопилось более 100 млрд. тонн различных отходов. Поэтому интенсивное использование отходов промышленности строительных материалов также является перспективным направлением повышения качества и конкурентоспособности стеновых строительных материалов [8–10].

Для производства строительных материалов ежегодно в РФ добывается около 1,5 млрд. тонн нерудного сырья, в том числе глин различного минералогического состава. Однако месторождения высококачественных глин истощились, а глины с различными включениями, в том числе карбонатными, требуют значительной дополнительной технологической переработки с введением в состав керамических масс корректирующих добавок. В качестве таких добавок в работе использовали отходы обогащения железистых кварцитов КМА фракций 0,06–0,25 мм для тощих глин и фракций 0,25–1,25 мм для незапесоченных глин с низкой трещиноватостью.

В работе изучались важнейшие физико-химические и потребительские свойства керамики и готовых изделий с отходами обогащения железистых кварцитов КМА (табл. 1).

Методом пластического формования из глин Бессоновского, Волоконовского, Терновского и Старооскольского месторождений готовили партии образцов в виде кубиков с ребром 3 см, содержащих отходы обогащения в количестве 0; 5; 10; 15 и 20 мас. % (табл. 3).

Таблица 1

Номенклатура исследуемых свойств керамики и готовых изделий

№	Объект исследования	Размерность	Наименование свойства
1	Керамика	кг/м ³	плотность
		град ⁻¹	ТКЛР
		%	огневая усадка
2	Стеновая керамика	МПа	прочность на сжатие
		МПа	прочность на изгиб
		циклы	морозостойкость
		%	водопоглощение

Статистическую обработку результатов измерений с расчетом среднеквадратичного отклонения, коэффициента вариации, доверитель-

ного интервала, точности опыта и промахов, проводили по стандартным методикам с использованием компьютерных программ.

Минералогический состав исследуемых глин представлен в таблице 2.

Таблица 2

Минералогический состав глин месторождений Белгородской области

№	Наименование глин	Содержание минералов, масс. %								
		каолинит	монтмориллонит	гидролюда	хлорит	кварц	полевой шпат	карбонаты	оксиды и гидроксиды железа	органическое вещество
1	Глина Бессоновского месторождения	24–29	–	20–25	–	35–37	2–3	7–10	3–5	2–4
2	Глина Волоконовского месторождения	27–32	8–10	17–22	–	30–35	3–5	8–11	3–6	3–5
3	Глина Терновского месторождения	25–35	–	12–15	–	15–20	10–12	6–9	5–6	2–4
4	Глина Старооскольского месторождения	10–12	20–25	17–19	3–5	15–20	2–4	4–6	4–5	2–3
5	Глина Краснояружского месторождения	8–10	40–45	11–16	3–5	10–14	2–4	1–2	2–4	2–4

Высушенные образцы обжигали в муфельной печи в восстановительных условиях (тигель с углем) при температуре 1000 °С с выдержкой при максимальной температуре 2 часа. После обжига образцы испытывали на морозостойкость, прочность при сжатии и изгибе, определяли водопоглощение и объемную массу по стандартным методикам.

Введение в состав керамической массы на основе глин Бессоновского и Волоконовского месторождений 10 масс. % фракции отходов обогащения железистых кварцитов КМА 0,06–0,25 мм существенно повышает прочность при сжатии и изгибе образцов стеновой керамики.

Так, прочность при сжатии и изгибе у образцов на основе глин Бессоновского месторождения массы Б–2 составляла соответственно 20,9±0,2 МПа и 3,3±0,1 МПа против 10 МПа в стеновой керамике, полученной из необогащенного сырья. Аналогичные изменения прочности на сжатие и изгиб отмечены у керамических масс на основе глины Волоконовского месторождения. Прочность на сжатие у образцов на основе масс В–2 и В–3 составляла соответственно 29,3±0,2 МПа и 26,3±0,2 МПа.

Образцы стеновой керамики на основе масс В–2, В–3 и В–4 имели достаточно высокую прочность при изгибе, равную соответственно 4,9±0,1 МПа; 4,1±0,5 МПа и 4,0±0,5 МПа. По данным значения показателя прочности при изгибе у выше перечисленных образцов соответствовали требованиям к изделиям стеновой керамики марки М200. Нами установлено, что морозостойкость образцов на основе масс В–4, В–3, В–2 составляет соответственно 27, 35, 50 циклов замораживания–оттаивания.

Нами изучено также влияние отходов обогащения железистых кварцитов КМА фракций 0,25–1,25 мм на свойства стеновой керамики из керамических масс на основе глин Терновского и Старооскольского месторождений, так как эти глины имеют значительно меньшее количество свободного кварца, чем глины Бессоновского и Волоконовского месторождений.

Выбор фракций таких размеров основан на том, что как нами установлено ранее, в глинах Терновского и Старооскольского месторождений фракция отходов КМА 0,25–1,25 мм не только снижала чувствительность глин к сушке и повышала их трещиностойкость, но и повышала деформационную устойчивость на сжатие и изгиб. Как показали наши исследования при обжиге стеновой керамики фракция отходов КМА 0,25–1,25 мм способствовала интенсивному образованию стеклофазы в керамическом черепке, и как следствие повышению прочности на сжатие и изгиб, а также морозостойкости готовых изделий.

Оптимальное содержание отходов обогащения железистых кварцитов КМА в керамических массах Т–3 и С–3 составило 15 масс. %.

Максимальные значения прочности на сжатие и изгиб (соответственно 28,3±0,2 МПа и 5,1±0,1 МПа) и максимальное значение морозостойкости (50 циклов) наблюдалось у образцов на основе керамических масс С–3.

Аналогичные изменения показателей качества обожженной стеновой керамики также установлены для керамических масс Т2 и Т3.

Нами предложено обоснование механизма спекания керамических масс с добавками отходов обогащения железистых кварцитов КМА.

Известно, что на процессы, протекающие при спекании керамических масс, большое влияние оказывает сумма оксидов $RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)$ и отношения RO/R_2O и $Fe_2O_3(FeO)/R_2O$ [11]. В исследуемых составах шихты с введением отхо-

дов обогащения железистых кварцитов КМА увеличивается сумма оксидов $RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)$ и уменьшается соотношение $Fe_2O_3(FeO)/R_2O$.

Таблица 3

Шихтовой состав исследуемых масс (масс. %)

№	Наименование	Индекс массы																					
		Б-0	Б-1	Б-2	Б-3	Б-4	В-0	В-1	В-2	В-3	В-4	Т-0	Т-1	Т-2	Т-3	Т-4	С-0	С-1	С-2	С-3	С-4		
1	Глина Бессоновского месторождения	10	0	95	90	85	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Глина Волоконовского месторождения	-	-	-	-	-	10	0	95	90	85	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Глина Терновского месторождения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	95	90	85	80	-	-	-	-	-	-	-
4	Глина Старооскольского месторождения	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0	95	90	85	80	-	-
5	Отходы обогащения железистых кварцитов КМА фракций 0,25–0,06 мм	-	5	10	15	20	-	5	10	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Отходы обогащения железистых кварцитов КМА фракций 1,25–0,25 мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	10	15	20	-	5	10	15	20	-	-
	Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

С добавлением 10–20 масс. % отходов обогащения железистых кварцитов КМА в состав керамических масс сумма оксидов плавней $RO+R_2O+Fe_2O_3(FeO)$ возрастает на 3–5 масс. %. Это способствует увеличению стеклофазы в керамике и сдвигу спекаемости керамических масс в область более низких температур.

В стеновой керамике, полученной из высококачественных глин, содержание стеклофазы обычно лежит в пределах 5–7 масс. %. Увеличение стеклофазы до 9–10 мас. % не только интенсифицирует процессы спекания, но и вызывает уплотнения кристаллической составляющей. Такое изменение обеспечивает повышение прочности при сжатии и изгибе, а также морозостойкость. Однако при дальнейшем накоплении стеклофазы (11–15 мас. %) в условиях повышенной пористости происходит одновременно несколько процессов: разрушение части кристаллического каркаса, уменьшение пористости за счет накопления стеклофазы в канальных порах, образование замкнутых пор и их увеличение за счет вязкости стеклофазы. Это в свою очередь приводит к снижению прочности при сжатии и изгибе, а также морозостойкости, что наблюдается у керамических масс Б-4, В-4, Т-4 и С-4 с содержанием 20 % отходов обогащения железистых кварцитов КМА.

Кроме того, так как в промышленных условиях обжиг стеновой керамики обычно проводят в восстановительных условиях, то это способствует частичному восстановлению трехвалентного железа в двухвалентное.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить положительное влияние фракций 0,06–0,25 мм и 0,25–1,25 мм отходов обогащения железистых кварцитов КМА на эксплуатационные показатели стеновой керамики на основе местных источников сырья Белгородской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов В.И., Зельниченко Е.И. Технология изготовления лицевого кирпича из углеотходов // Строительные материалы и конструкции. 1993. № 4. С. 16–17.
2. Ефимов А.И., Немец И.И. Регулирование реотехнологических характеристик глинистых масс железосодержащими отходами // Известия вузов. Строительство. 2000. № 10. С. 53–57.
3. Немец И.И., Ефимов А.И. Влияние отходов обогащения железистых кварцитов и отходов каолинового волокна на керамические свойства легкоплавких глин // Совершенствование химической технологии строительных материалов: сб. тр. МИСИ и БТИСМ. М., 1981. С. 99–

101.

4. Зубехин А.П., Бельмаз Н.С., Филатова Е.В. Фазовый состав керамического кирпича из глин различного состава // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2003. № 2. С.90–92.

5. Лесовик Р.В., Гридчин А.М., Строкова В.В. Состояние и перспективы использования сырьевой базы КМА в стройиндустрии // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004. № 3. С. 22–24.

6. Бессмертный В.С., Пучка О.В., Кеменов С.А., Бондаренко Н.И., Табит Салим А.А. Плазмохимическая модификация стеновых строительных материалов с отходами обогащения железистых кварцитов КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 21–24.

7. Гридчин А.М., Лесовик Г.А., Авилова Е.Н., Глаголев Е.С. Решение проблемы утилизации техногенного сырья КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 7–

10.

8. Гридчин А.М., Лесовик Р.В., Ряпухин Н.В. Свойства мелкозернистых бетонов с использованием техногенных пород КМА. Белгород: Изд-во БГТУ, 2003. 62 с.

9. Строкова В.В. Современное состояние и экологические проблемы освоения сырьевой базы стройиндустрии региона КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2004. № 8. С. 290.

10. Черкашин Ю.Н., Лесовик Р.В., Сопин Д.С. Высококачественный бетон с использованием сырьевых ресурсов КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 21–24.

11. Руденко Т.С., Скоморовская Л.А., Нестерцов А.И. Низкотемпературные массы для керамических плиток // Физикохимия композиционных строительных материалов. Белгород: БТИСМ, 1989. С. 76–84.

Bessmertniy V.S., Bondarenko N.I., Sokolova O.N., Bondarenko D.O., Klimenko V.G.

WALL CERAMICS ON THE BASIS OF LOCAL SOURCES OF RAW MATERIALS AND WASTE OF ENRICHMENT OF THE KMA FERRUTEROUS QUARTZITES

Influence of waste of enrichment of the KMA ferruteros quartzites on operational indicators of wall ceramics on the basis of clays of the Belgorod region is investigated. It is shown that separate fractions of waste of enrichment of the KMA ferruteros quartzites intensify processes of agglomeration and accumulation of a steklofaza in wall ceramics. Use of waste of enrichment of the KMA ferruteros quartzites allows to raise a marochnost of wall ceramics significantly.

Key words: clay raw materials, clay, ferruteros quartzites, operational properties.

Бессмертный Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

Бондаренко Надежда Ивановна, аспирант кафедры технологии стекла и керамики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: bondarenko-71@mail.ru

Соколова Оксана Николаевна, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров и таможенной экспертизы.

Белгородский университет кооперации, экономики и права.

Адрес: Россия, 308023, Белгород, ул. Садовая, д. 116а.

E-mail: sokolovakseny@rambler.ru

Бондаренко Диана Олеговна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: di_bondarenko@mail.ru

Клименко Василий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: Klimenko3497@yandex.ru