

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 3 / 2026, Vol. 18, Iss. 3 <https://esj.today/issue-3-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/62SAVN326.pdf>

DOI: 10.15862/62SAVN326 (<https://doi.org/10.15862/62SAVN326>)

2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Панова, В. Ф. Исследование железосодержащих промышленных отходов, как сырьевых компонентов для получения керамических строительных материалов / В. Ф. Панова, С. А. Панов, И. В. Спиридонова, Ф. Н. Рыжков, М. А. Чернейкин // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 3. —

URL: <https://esj.today/PDF/62SAVN326.pdf>. DOI: 10.15862/62SAVN326.

For citation:

Panova V.F., Panov S.A., Spiridonova I.V., Ryzhkov Ph.N., Cherneikin M.A. Research on iron-containing industrial waste as raw materials for obtaining ceramic building materials. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(3): 62SAVN326. Available at: <https://esj.today/PDF/62SAVN326.pdf>. DOI: 10.15862/62SAVN326. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 69.03:67.08

Панова Валентина Феодосьевна

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Новокузнецк, Россия
Доцент кафедры «Инженерных конструкций, строительных технологий и материалов»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: panov-kps@yandex.ru

Панов Сергей Александрович

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Новокузнецк, Россия
Доцент кафедры «Инженерных конструкций, строительных технологий и материалов»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: panov-kps@yandex.ru

Спиридонова Ирина Владимировна

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Новокузнецк, Россия
Заведующий кафедрой «Инженерных конструкций, строительных технологий и материалов»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: splridonova-iv@yandex.ru

Рыжков Филипп Николаевич

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Новокузнецк, Россия
Доцент кафедры «Инженерных конструкций, строительных технологий и материалов»
Кандидат технических наук
E-mail: 9234691912@mail.ru

Чернейкин Михаил Андреевич

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Новокузнецк, Россия
Аспирант
E-mail: 9234691912@mail.ru

**Исследование железосодержащих промышленных
отходов, как сырьевых компонентов для получения
керамических строительных материалов**

Аннотация. В статье приведены результаты исследования состава и свойств железосодержащих отходов промышленных предприятий с целью применения их как компонентов шихты, при получении обжиговых строительных материалов и изделий. Предпочтение отдано тонкодисперсным материалам, таким как газоочистные пыли и шламы: шламы конверторного, листопрокатного цехов, доменной газоочистки, колошниковая пыль, рудным «хвостам», а также отходам шлифования, метизного производства и т. п. Номенклатура таких отходов обширна, вещественный состав разнообразен. Авторами показана классификация железосодержащих продуктов, за основу взят вещественный состав, который условно разделен на три части: железистую, минеральную и органическую. Часть компонентов имеют комплексный органо-минеральный состав, в которых содержатся поверхностно — активные вещества. Они оказывают пластифицирующий эффект как в процессе формования сырца, а также являются выгорающими веществами, увеличивая пористость черепка в процессе обжига. Железосодержащие вещества работают как добавки — плавни, в небольшом количестве (до 5 %) оказывают положительный эффект на качество керамических образцов.

Описана методика определения температурной области влияния добавок в керамической шихте. Авторами установлено положительное воздействие комплексных железосодержащих веществ на свойства керамических образцов полученных на основе техногенных многотоннажных отвальных отходов: обогащения угля, железной руды, вскрышных пород. Количество отвальных пород в шихте доведено до 70 % при содержании суглинка до 25 %.

Статья акцентирует внимание на технологии переработки многотоннажных промышленных отходов, их экологической значимости и экономических преимуществах. Исследования авторов показывают, что использование вторичных минеральных ресурсов в производстве керамических изделий не только способствует уменьшению экологической безопасности городов, но также открывает новые горизонты для устойчивого и эффективного производства в строительной отрасли.

Ключевые слова: переработка отходов; керамические изделия; вскрышная порода; экологические технологии; качество продукции; строительная отрасль; вторичное сырье; регенерация

Введение

В отдельных промышленных регионах, например, в Кузбассе и близлежащих территориях сосредоточены месторождения полезных ископаемых, добыча которых привела к активному развитию угольной, рудной, металлургической и энергетической промышленности [1–3]. Средний показатель добычи сырья и накопленных продуктов его переработки на каждого жителя региона составляет около 300 тонн, что более чем на порядок превышает средний мировой уровень (20 тонн на человека). Последствия этого свидетельствуют о перемещении и накоплении огромного количества изъятых из естественных условий переработанного, преобразованного и превращенного в отходы продукта [4–6]. Образование отходов на промышленных предприятиях — проблема, требующая решения. При добыче и переработке полезных ископаемых в дело используется максимум 30–40 % сырья, а 60–70 % вырабатывается в отвалы, может попадать в водоёмы, атмосферу загрязняя их и оказывая отрицательное воздействие на организм человека. Комплексное использование местного сырья и отходов важно, так как оно связано с решением проблемы создания чистых городов за счёт создания безотходных производств и экологически чистых промышленных территорий. Переработка техногенных пород является решением актуальной задачей для народного хозяйства [7–9].

Учитывая, что отвальные промышленные породы относятся к, так называемому, «тощему» сырью.

Поэтому для получения керамических изделий на их основе требуется введение в шихту комплексных активизирующих веществ, которые должны работать на стадии формования и образовывать жидкий расплав при обжиге, для обеспечения прочного черепка. Технологический процесс получения строительного материала также является важным фактором в формировании готового продукта [10; 11].

В настоящей работе предлагается рассмотреть керамические шихты, основу которых составят многотоннажные техногенные отходы: обогащения угольных пород, руды; вскрышные материалы, а для активизации их применить местные глины, суглинки и комплексные железосодержащие добавки. На первом этапе были изучены источники образования железосодержащих веществ, предпочтение отдавалось дисперсным отходам [12].

Железосодержащие вещества играют важную роль плавня в шихте обжиговых строительных материалов, как правило — керамических, они позволяют снизить температуру обжига изделий. Добавки — плавни необходимы и в производстве клинкера, классически применяют, пиритные огарки. Состав шихты для получения клинкера с применением железосодержащей добавки — плавня, отхода метизного производства (ОМП), защищен патентом [13; 14]. Применение таких компонентов позволяет сократить энергозатраты при производстве обжиговых строительных материалов и изделий, улучшить их свойства [15–17].

Цель работы: представить результаты исследования состава и свойств железосодержащих веществ и определить их положительный эффект в шихте керамических строительных материалов и изделий на основе многотоннажных промышленных отходов.

Были исследованы различные железосодержащие отходы предприятий городов Новокузнецка и Новосибирска: АО «ЕВРАЗ ЗСМК», АО «Кузнецкие ферросплавы», АО «Новосибирский металлургический завод имени Кузмина» и др. (табл. 1). Исследования показали, что железистые компоненты в отходах может находиться в различных формах, например, в окисных и закисных соединениях (рис. 1).

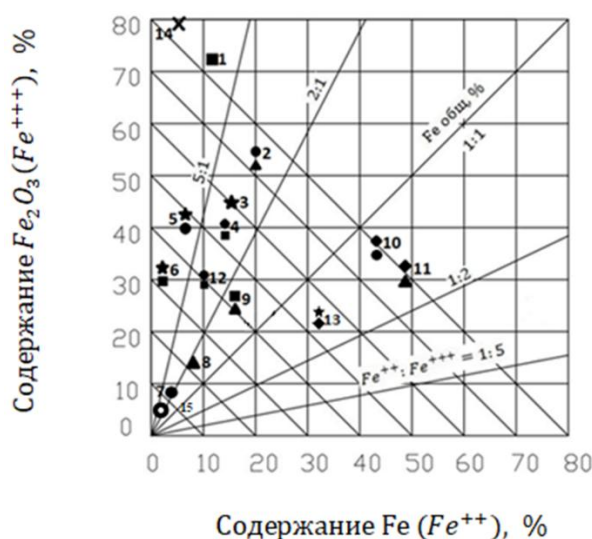
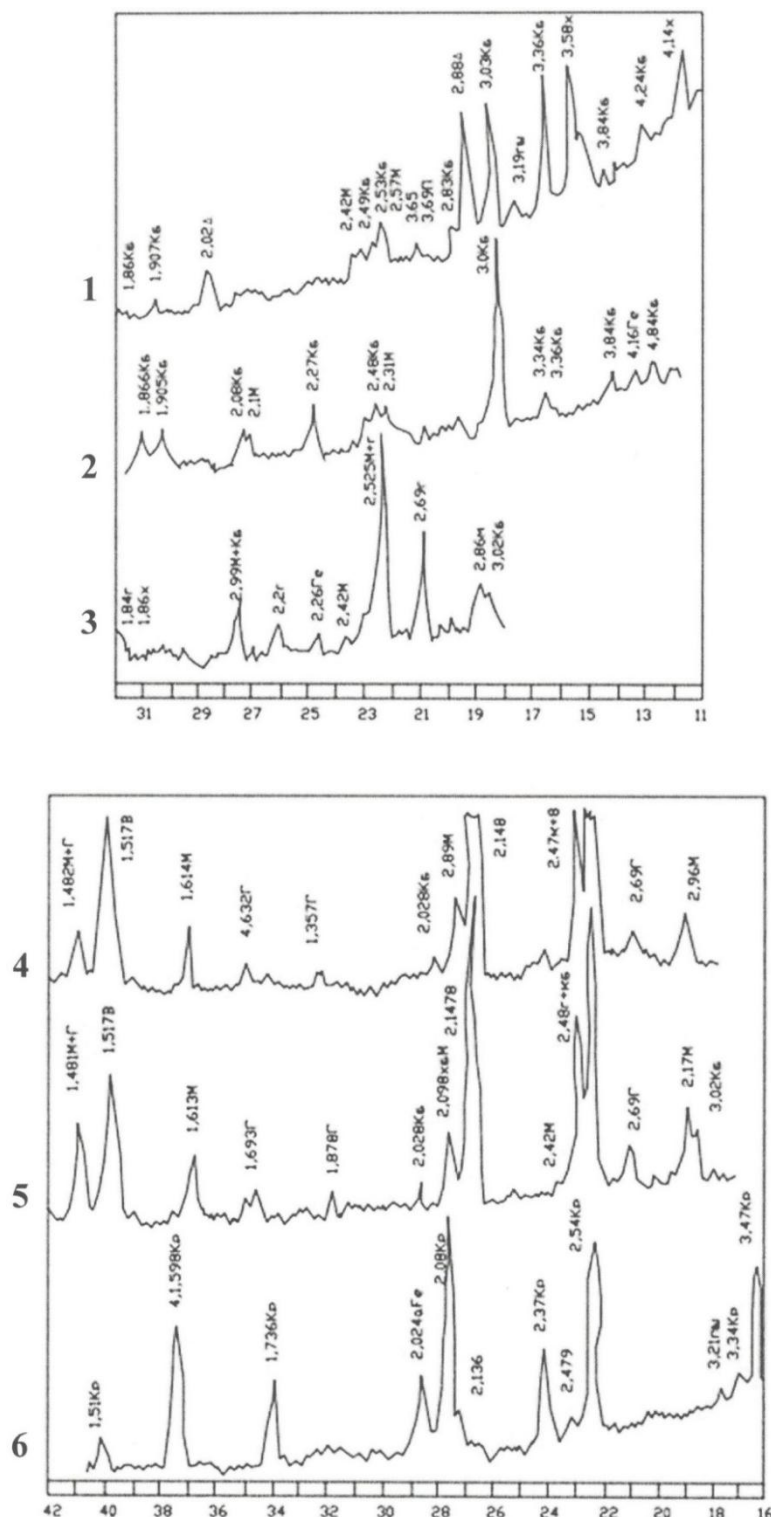


Рисунок 1. Соотношение окисных и закисных соединений железа в железосодержащих промышленных отходах (номера и условные обозначения согласуются с таблицей 1) (рисунок авторов)

Дифрактограммы отходов (рис. 2) подтверждают, что железистый компонент представлен в основном гематитом, который определяется по характерным максимумам: 2.69; 2.52; 2.2; 1.84 Å и магнетитом: 2.86; 2.52; 2.42; 2.09 Å, а также примеси: гетит (4.16; 3.72 Å); кальцит (4.24; 3.36; 3.02; 2.48 Å) (рис. 2, № 1, 2, 3). Комплексное вещество в виде металло-масляной

окалина содержит вюстит, имеющий дифракционные максимумы 2.47; 2.14; 1.517 Å (рис. 3, № 4, 5, 6). Установлено, что окалина различных заводов имеет относительно одинаковый состав (рис. 2, № 4, 5).



М — магнетит; Г — гематит; Ге — гемит; П — пирит; В — вюстит; аFe — α-железо; Кб — кальцит; Д — доломит; Кв — кварц; Нр — норманит; Х — хлорит

Рисунок 2. Дифрактограммы железосодержащих отходов: 1 — обогащения руды; 2 — травления металла; 3 — доменной газоочистной пыли; 4 — окалина АО «НМЗ имени Кузьмина»; 5 — окалина (АО «Евраз ЗСМК»); 6 — отходы шлифования (рисунок авторов)

Таблица 1

Железосодержащие отходы промышленных предприятий

Наименование	Агрегатное состояние	Влажность, %	Предприятие-поставщик	Номера проб для классификации	Условные обозначения
1	2	3	4	5	6
Шлам конверторного цеха	Шлам	30–40	АО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк	1	
Отход листопрокатного цеха	Шлам, масляный порошок	25–30 возд. сухая	АО «Новосибирский металлургический завод имени Кузьмина», г. Новосибирск	2	
Колошниковая пыль	Шлам, порошок	10–20 возд. сухая	АО «ЕВРАЗ ЗСМК», (отвал КМК)	3	
			АО «ЕВРАЗЗСМК»	4	
Шлам доменной газоочистки	шлам, порошок	30–40 возд. сухая	АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	5	
			АО «ЕВРАЗЗСМК» (отвал КМК)	6	
Газоочистная пыль и шлам	Шлам, порошок	25–35 возд. сухая	АО «Кузнецкие ферросплавы», г. Новокузнецк	7	
«Хвосты» обогатительной фабрики	Порошок	возд. сухая	Абагурская аглофабрика, г. Новокузнецк	8	
Отходы шлифования	Шлам, масляный порошок	10–20 возд. сухая	ООО «Кузнецкий машиностроительный завод», г. Новокузнецк	9	
Отходы прокатного производства	Шлам, масляный порошок	10–20 возд. сухая	АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (отвал КМК)	10	
			АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	11	
Отходы травильного отделения	Шлам	30–40 до 15	АО «Новосибирский металлургический завод имени Кузьмина»	12	
Отходы регенерации	Шлам, масляный	30–40	АО «Новосибирский металлургический завод имени Кузьмина»	13	
Отход метизного производства (ОМП)	Шлам, красный	30–40 до 15	АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	14	
Гранулированный доменный шлак	Зернистый	5–8	АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	15	

Составлено авторами

Шламы образуются в результате химического удаления окалины со стальных изделий. Окалина на стали располагается слоями в виде оксидов трех форм: оксида железа Fe_2O_3 (гематита), закиси-окиси Fe_3O_4 (магнетита) и закиси FeO (вюстита). На производстве снятие окалины осуществляется химическим способом. Например, при производстве гвоздей, болтов и др. метизов образуются, так называемые, отходы метизного производства (ОМП), которые являются продуктами нейтрализации кислых железосодержащих отходов травильными растворами (проба № 14). Удаления окалины обеспечивается химическими способами травления (кислотное, электрохимическое, щелочное) и далее восстановление оксидов в железо нитратом натрия. Наибольшее распространение получило травление в растворах серной (H_2SO_4) и соляной (HCl) кислот. В результате нейтрализации кислых железосодержащих сточных вод и отработанных травильных растворов образуется шлам, который вывозится в отвалы, где формируются, так называемые «красные озера». После сушки шлама получается порошок красного цвета, характерный для гематита, это подтвердили результаты рентгеновских исследований. Свойства порошка: удельная поверхность составляет около $700 \text{ м}^2/\text{кг}$, насыпная плотность — $600\text{--}700 \text{ кг/м}^3$ в рыхлом состоянии.

В зависимости от способа образования (генезиса) железосодержащие отходы можно разделить на три группы: 1 группа — это пыль, шлам газоочистки доменного, конвертерного, мартеновского, электроплавильного цехов, агломерационных фабрик, ферросплавного производства; 2 группа — это отходы холодной обработки металлических изделий: листопрокатного цеха, отходов моечных травильных отделений, регенерации смазочно — охлаждающими жидкостями (СОЖ), хвосты железорудного обогащения, отходы метизного производства (ОМП); 3 группа — это отходы термообработки: огневой зачистки, литья заготовок, колошниковая пыль, прокатного стана, например, рельсобалочного цеха.

Исследование вещественного состава железосодержащих отходов показывает, что некоторые из них содержат органические компоненты в виде кокса, угля, коксика (газоочистная доменная, калашниковая пыль); а также масляные компоненты, нефтепродукты, поверхностно активные вещества (ПАВ), к ним относятся: отходы моечных отделений, регенерации, прокатных и шлифовальных цехов.

Номенклатура выдаваемых железосодержащих отходов обширна, вещественный состав разнообразен. Разработана классификация продуктов, за основу взят вещественный состав, который условно разделен на три части: железистую, минеральную и органическую (рис. 3).

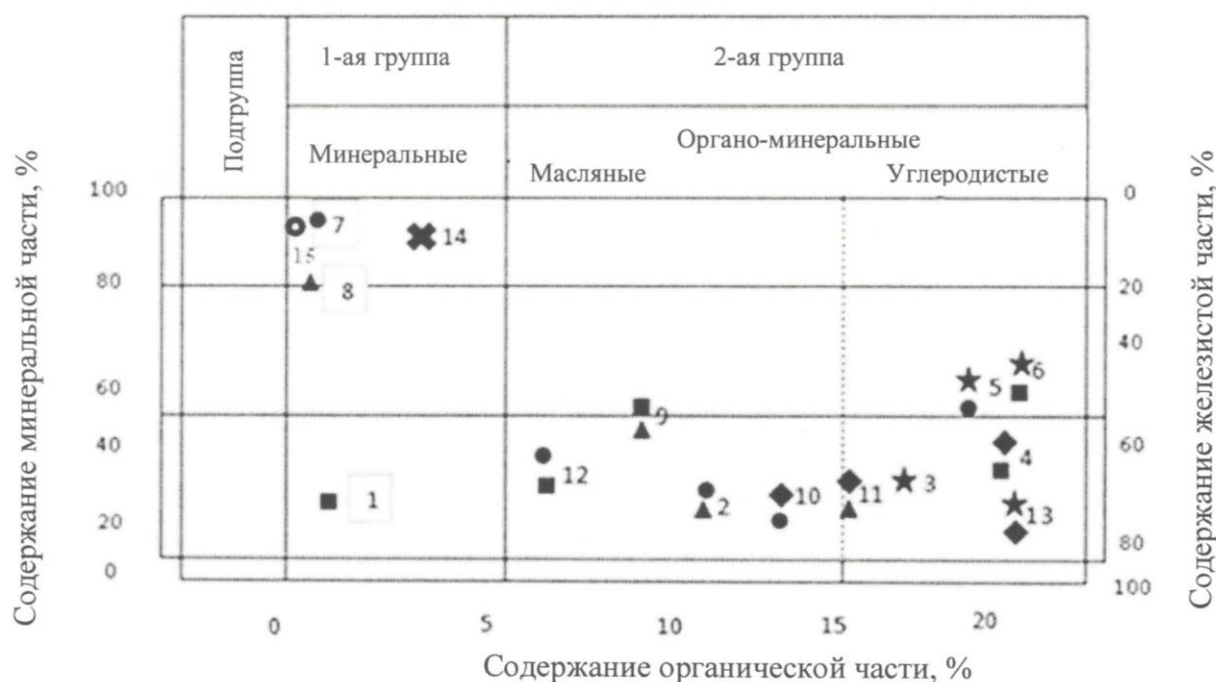


Рисунок 3. Классификация железосодержащих отходов промышленных предприятий по вещественному составу (Номера проб и условные обозначения соответствуют таблице 1) (рисунок авторов)

Железистую часть составляет металлическое железо, а также его окисные, закисные и гидроокисные формы. Минеральная часть представлена: кремнеземом, глиноземом, карбонатами, сульфатами и другими минеральными примесями. Органическая часть может быть в виде масел, нефтепродуктов или в виде тонкодисперсного углерода типа сажистого, графитного, кокса, коксика и т. п.

В зависимости от содержания той или иной составной части железосодержащие отходы разделены на две группы: минеральные и органо-минеральные. В группу минеральных железосодержащих отходов выделены вещества, содержащие 0–5 % органических примесей (пробы 1, 7, 8, 14, 15).

Особое место занимает стекло-железо-содержащие отходы, например, гранулированный доменный шлак (проба 15). Органоминеральные компоненты разделены на масляные (пробы 2, 9, 10, 11, 12) и углеродистые (пробы №, 4, 5, 6, 13).

Известно, что органические составляющие отходов являются выгорающими веществами в керамической шихте, а некоторые из них могут проявлять пластифицирующий эффект при формировании сырца.

Железосодержащие отходы являются, как правило, продуктами рудной и металлургической промышленности. Они образуются также на различных технологических переделах металлообрабатывающих предприятий. Особый интерес для технологов представляют отходы мелкие, дисперсные и пылевидные, которые не требуют больших трудозатрат при их подготовке, как сырьё для производства строительных материалов (рис. 4).

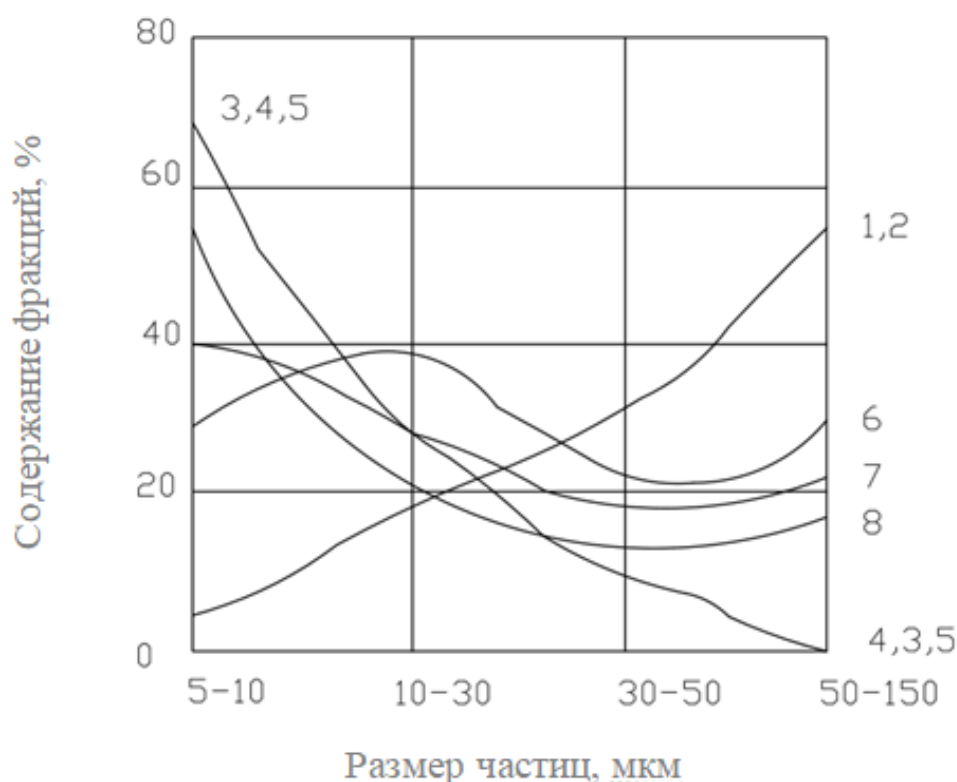


Рисунок 4. Гранулометрический состав железосодержащих отходов (мас. %):

1 — агломерации; газоочистная пыль; 2 — доменная; 3 — мартеновская; 4 — конверторная; 5 — электрошлаковая; 6 — травильного отделения; окалина после прокатки металла; 7 — горячей; 8 — холодной (рисунок авторов)

Активная роль добавки в керамической шихте проявляется в определенной температурной зоне. Предложен способ определения температурной области влияния добавок в суглинистой шихте, использован метод наложения кривых ДТГ для суглинков и шихт с добавками (рис. 5, заштрихованная область).

В производстве керамических стеновых изделий традиционными добавками являются опилки, измельченный уголь. На рисунке 5 наглядно определено, что они имеют точечное влияние на суглинистую шихту, в отличие от железосодержащих добавок, поэтому дают недостаточный эффект на качество керамического сырца и черепка. Широкий температурный интервал влияние оказывает железосодержащие добавки совместно с ПАВ или органо-железистые (рис. 5, кривые № 5, 6).

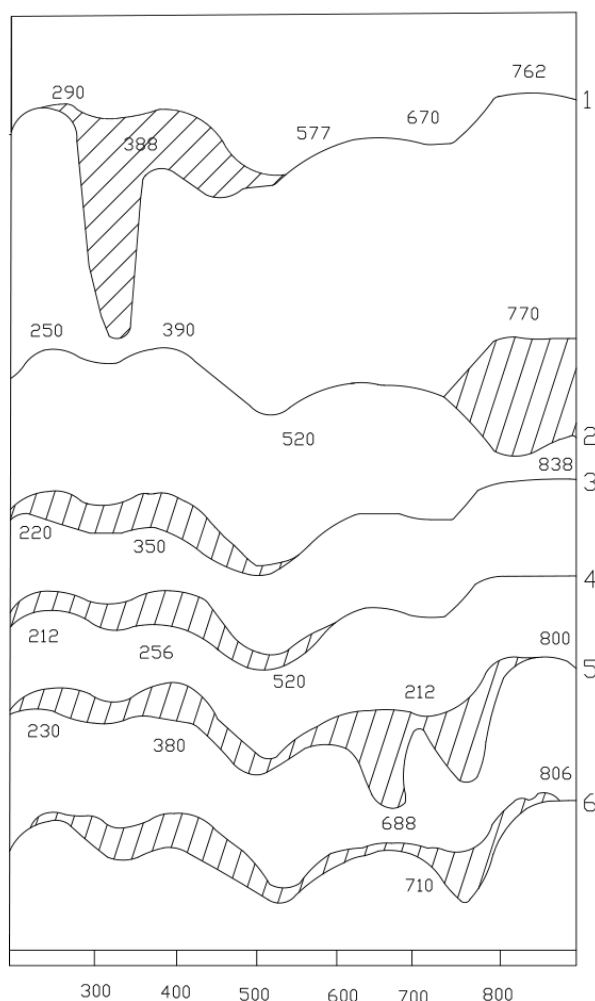


Рисунок 5. Температурная область и интенсивность действия в суглинистой шихте по кривым ДТГ добавок: 1 — опил, 20 % по объему; 2 — углерод, 5 % по массе; 3 — СДБ, 1 % по массе на сухое вещество; 4 — ПАВ, 0.5 % по массе на сухое вещество; 5 — рудные хвосты. 4 % + СДБ, 2 %; 6 — металл — масляная окалина, 5 % (рисунок авторов)

В качестве основных компонентов керамических шихт выбраны многотоннажные глиносодержащие отвальные техногенные отходы: хвосты обогащения угольных пород, руды; вскрышные материалы. Например, рудные хвосты Абагурской аглофабрики (г. Новокузнецк) занимают площадь около 32 га. Самостоятельно они относятся к некондиционному керамическому сырью и требуют обогащения и активизации [18]. Далее рассмотрены примеры применения этих отходов, в комплексе с активизирующими веществами.

1. Исследование керамических шихт на основе рудных хвостов.

Отходы обогащения железных руд образуются методом мокрой (ММС) и сухой магнитной сепарации (СМС) предварительно измельченных горных пород. Породы проходят до четырех стадий магнитной обработки, после которой 86 % материала имеют размер частиц менее 0,007 мм. Средняя проба из отвала содержит: 0,5–1,6 мм — 20 %; 0,2–0,5 мм — 26 %; 0,1–0,2 мм — 14 %; менее 0,007 мм — 30 %.

Установлено, что общая проба рудных хвостов содержит ограниченное количество глинистых компонентов (до 5 %), а ее шламистая часть до 7 %. Шламистая составляющая сосредоточена в обводном канале, вокруг отвала. Учитывая, что отходы не обладают пластичностью, поэтому для формования лабораторных образцов в шихту вводилось небольшое количество

местных суглинков. Применен следующий режим изготовления образцов: влажность пресс-порошка — 8–12 %, давление прессования — 10–25 МПа. Формировались изделия в виде цилиндров диаметров 50 мм и высотой 56–67 мм с последующей их сушкой и обжигом при 1000 градусов.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что из шихты, состоящей из 70 % отходов обогащения железной руды и 30 % суглинка, получен стеновой материал марки 100 (табл. 2).

Далее изучалось влияние железосодержащей добавки — отхода метизного производства (ОМП). Определена оптимальная шихта: рудные хвосты: суглинок: ОМП = 50:45:5. Прочность полученных образцов составляет 17 МПа, что вполне приемлемо для производства кирпича согласно ГОСТ 530-2012 Кирпич и камни керамические. Общие технические условия.

Исследование влияния комплекса стекло-железо-содержащих компонентов в виде дисперсного порошка стеклобоя (удельная поверхность 300 м²/кг) в количестве 10 % и ОМП — 3–5 % наблюдается возрастание прочности черепка до 42 МПа. Результаты исследования показали, что на основе рудных отходов при максимальном их количестве до 70 % возможно получение качественных керамических изделий.

Таблица 2

**Физико-механические свойства обожженных образцов
с применением промышленных отходов и активирующих веществ**

Состав шихты, масс. %	Влажность шихты, %	Давление прессования, МПа	Средняя плотность, г/см ³	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %
Отходы, 100	8,2	10	1,899	8,5	17
Отходы, 100	9,6	12,5	1,923	9,0	16
Отходы, 100	10,8	12,5	1,879	8,0	18
Термоактивиров. отходы (ОУО), 100 %; Рудные хвосты, 10 %	10	30	1,85	18	15,7
Отходы, 70 Суглинок, 30	10,6	10	1,941	12,0	15
Отходы, 70 Суглинок, 30	11,4	12,5	1,938	14,0	15

Составлена авторами

2. Исследование керамических шихт на основе отходов углеобогащения.

Особенностью таких отходов является полиминеральный состав, содержание глинистых веществ доходит до 15 %, а количество остаточного углерода может доходить до 20 %.

Исследование влияния гранулометрического состава отходов показало, что наибольший эффект на показатели качества керамических образцов оказывают дисперсные фракции ОУО, менее 0,315 мм. Например, при содержании фракции менее 0,315 мм в количестве 80 %, получена прочность черепка — 17 МПа, средняя плотность — 1,7 г/см³.

Установлено, что превышение углерода в ОУО до 20 % приводит к снижению качества керамических образцов. Завышенное количество углерода при обжиге не успевает выгорать, он переходит в коксовидное рыхлое состояние. Предложено такое сырье подвергать предварительной термообработке, которая обеспечивает выгорание негативного углерода. Определена оптимальная температура термообработки измельченных ОУО — 500–600 градусов.

В качестве дополнительных компонентов в керамической шихте изучались: местные суглинки и железосодержащий отход в виде ОМП. Оптимальные результаты получены при соотношении компонентов в шихте: ОУО — 70–75 %; суглинок — 20–25 %; ОМП — 2–3 %, что соответствует марке 100.

прочность керамических образцов составила — 20–25 МПа. На шихте с железосодержащей добавкой в виде рудных хвостов — получен материал с прочностью — 18 МПа (табл. 2).

Для получения тонкостенных керамических изделий, например плитки, черепицы, необходимо обеспечить повышенную прочность при изгибе и пористость черепка до 5 %. Такие исследования проведены на вскрышных породах.

3. *Исследование керамических шихт на основе вскрышных пород.*

При изучении многотоннажных вскрышных пород, полученных при добыче угля Талдинского, Ерунаковского, Бачатского разрезов установлено, что они содержат глинистую составляющую в виде монтмориллонита, каолинита и пригодны для производства керамических изделий. Выше по тексту было определено, что керамическое сырье, в том числе и техногенные отходы, требуется применять в тонкодисперсном состоянии. Была проведена механоактивизация шихты из вскрышной породы совместно со стекловидной железосодержащей добавкой в виде доменного гранулированного шлака. Установлено, что механоактивизация путем помола в шаровой мельнице (оптимальное время — 2 часа), позволяет обеспечить пластичность смеси равной 9, а чувствительность к сушке — 140. При увеличении времени помола до 8 часов, чувствительность к сушке понижается до 80, а пластичность достигает 135.

Вскрышные отходы Бачатского угольного разреза с комплексной стекло-железо — содержащей добавкой в виде граншлака в количестве 8 %, при влажности шихты 6–7 % и давлении прессования — 30 МПа, температуре обжига — 1100 градусов, образцы плитки 120×120×20 мм, имели $R_{изг} = 6,2$ МПа. Водопоглощение обожженных образцов из вышеуказанной шихты, изменялось от 5 до 7 %. Полученные результаты удовлетворяют требования для керамических изделий в виде отделочной плитки, плитки для пола, а также кровельной черепицы.

Выводы

Промышленные регионы, такие как Кемеровская область — Кузбасс, отличаются наличием накопленных и продолжающих пополняться отвалами техногенных отходов, которые не улучшают экологическую ситуацию в регионе. Анализ научной литературы показывает, что промышленные отходы могут полностью или частично заменить природное сырье. Например, для получения керамических строительных материалов важную роль играют добавки — плавни, к которым относятся железосодержащие вещества. Они образуются на металлургических, машиностроительных предприятиях, в рудной промышленности.

Исследования состава и свойств железосодержащих отходов показало, что номенклатура таких материалов достаточно обширна, это шламы, шлаки, пылевидные и порошкообразные продукты. Вещественный состав их складывается из минеральной части содержащей железо в закисных и окисных соединениях, небольшое количество примесей. Они имеют полиминеральный состав. Минералогический состав железистых соединений представлен: магнетитом, гематитом, гемитом, пиритом, вюститом. Примеси — в виде кварца, кальцита, глинозема. В высушенном состоянии они имеют тонкодисперсный состав (размеры частиц от 10 до 15 мкм), с удельной поверхностью до 700 м²/кг. Часть железосодержащих материалов насыщены органической составляющей в виде масел, нефтепродуктов, углерода, типа сажистого, графитового, кокса, коксика и т. п.

Предложена классификация железосодержащих отходов по вещественному составу: выделена группа минеральных, содержащие органических веществ от 0 % до 5 % и комплексная группа — органоминеральных, подгруппы: масляные и углеродистые. К группе минеральных отнесены также стекло-железо-содержащие отходы в виде гранулированных (быстроохлажденных) шлаков.

Установлено, что органоминеральные железосодержащие вещества даже в небольшом количестве — 3–5 % в составе керамической шихты обеспечивают широкий температурный интервал действия от 200 до точки пиропластического состояния глинистой составляющей — 1000 градусов. Эти добавки можно назвать веществами комплексного действия: пластифицирующими на стадии формования, выгорающими и добавками — плавнями на стадии обжига.

Установлен положительный эффект железосодержащих отходов в шихте на основе многотоннажных, глиносодержащих отвальных промышленных отходов обогащения угольных пород, руды, вскрышных материалов. Максимальный расход суглинистой составляющей в шихте находится в пределах 20–30 %, а содержание отвальных пород до 70 %. Прочность полученных керамических образцов колеблется в пределах 10–18 МПа, что приемлемо для стенового кирпича.

Доказана возможность применения железосодержащих добавок и промышленных отходов (ОУО, вскрышные породы) для производства керамической плитки, плитки для полов, черепицы. Установлено, что породы требуют дополнительной активизации: механической (помол), а ОУО с повышенным содержанием остаточного углерода (около 20 %) дополнительной термообработки. Установлена температура термоактивации ОУО — 500–600 градусов. Шихта состоящая из термоактивированных ОУО в количестве 70–75 %, суглинка 20–30 % и ОМП — 2–3 % обеспечивает прочность образцов — 20–25 МПа. Образцы плитки с плотным черепком (водопоглощение — 5–7 %) и прочностью при изгибе 6,2 МПа получены из шихты механо — активизированных вскрышных пород и стекло-железо-содержащей добавки — 8 % в виде гранулированного шлака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тулеев А. Г., Кулагин Н. М., Павленко С. И. Перспективные технологии переработки и использования природных и вторичных ресурсов в Кузбассе // Научно-технические технологии переработки и использования минеральных ресурсов: Матер. Междунар. Выставки — ярмарки «Уголь России и Майнинг. — 2002, 18–21 июля 2002, г. Новокузнецк: Из — во СибГИУ, 2002. — С. 312–316. EDN: OKGMQY.
2. Болдырев Г. В., Стороженко Г. И., Чернейкин М. А. Особенность сырьевой базы Кузбасса для производства керамического кирпича // Строительные материалы. — 2022, № 8. — С 18–22. EDN: ZRXGJL. DOI: 10.31659/0585-430X-2022-805-8-18-22.
3. Жариков В. П., Ермошкин В. В., Клейменов Р. Г. Рациональное землепользование при формировании отвалов и гидроотвалов на разрезах Кузбасса // Горный информационно — аналитический бюллетень (научно — технический журнал). — 2012, № 2. — С. 28–32. EDN: NDPLMZ.
4. Козубская Т. Г. Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов / Т. Г. Козубская // Строительные материалы. — 2002. — № 2. — С. 10. EDN: IBEDRV.
5. Яценко Н. Д. Использование промышленных отходов для повышения эксплуатационных свойств керамического кирпича / Н. Д. Яценко, А. И. Яценко // Строительные материалы. — 2024. — № 4. — С. 37–42. EDN: BEDDFU. DOI: 10.31659/0585-430X-2024-823-4-37-42.
6. Беккалиев Н. М. Использование в технологии керамического кирпича производственных отходов / Н. М. Беккалиев // Сборник статей 78-ой Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией М. В. Шувалова, А. А. Пищулева, А. К. Стрелкова. Самара, 2021. — С. 793–799. EDN: UXHPGF.

7. Толегенов Д. Т. Использование техногенных отходов энергетики и металлургии в строительной керамике / Д. Т. Толегенов и др. // Вестник торайгыров университета. Энергетическая серия. — 2022. — № 2. — С. 310–321. EDN: ZUDWSI. DOI: 10.48081/jxdi3996.
8. Павлов В. Ф. Способ вовлечения в производство строительных материалов промышленных отходов / В. Ф. Павлов // Строительные материалы. — 2003. — № 8 / Technology. — С. 28–29. EDN: IBEJXT.
9. Верещагин В. И. Расширение сырьевой базы для производства строительной керамики в Сибири / В. И. Верещагин и др. // Строительные материалы. — 2004. — № 4. — С. 39–42. EDN: IBEMAT.
10. Никифорова Э. М. Утилизация отходов переработки железных руд в производстве керамического кирпича пластического формования / Э. М. Никифорова, Еромасов Р. Г., Васильева М. Н., Симонова Н. С. // Обогащение руд. — 2016. № 4. — С. 61–66. EDN: WHUGIB. DOI: 10.17580/or.2016.04.10.
11. Столбоушкин А. Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе отходов углистых аргиллитов / А. Ю. Столбоушкин и др. // Известия вузов. Строительство. 2013. № 2-3. С. 28–36. EDN: QJGBGL.
12. Стороженко Г. И. Определение основных характеристик пылевидных отходов производства ферросилиция / Г. И. Стороженко, К. А. Черепанов // Изв. вуз. Черная металлургия. 1989. — № 2. — С 152–155. EDN: IXWVOZ.
13. Патент 2521684 Цемент с использованием отходов промышленного производства. Российская Федерация, МПК СО4В 7/12. Сибирский государственный индустриальный университет. №2013121464/03; заявл. 07.05.2013; опубл. 10.07.2014. Бюл. № 19. — 5с. EDN: ZFPTBV.
14. Патент 2327668 Сырьевая смесь для получения керамических изделий. Российская Федерация, МПК СО4В 33/132. Сибирский государственный индустриальный университет. №2006135268/03; заявл. 05.10.2006; опубл. 27.06.2008. Бюл. № 18. — 5 с. EDN: EXEXDM.
15. Stolboushkin A.Yu., Akst D.V., Fomina O.A., Ivanov A.I., Syromyasov V.A. Analysis of waste coal from the enterprises of Kemerovo region as raw materials for production of ceramic materials. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Research Conference on Knowledge-based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources (KTDMUR2017). 6–9 June 2017. Vol. 84. 012037. DOI: 10.1088/1755-1315/84/1/012037.
16. Стороженко Г. И. Заводской опыт внедрения новых технологий для улучшения качества керамического кирпича / Г. И. Стороженко, Р. Я. Шарипов // Строительные материалы. — 2005. — № 6. — С. 11–14. EDN: HEPPYR.
17. Столбоушкин А. Ю. Разработка технологии керамического кирпича объемного окрашивания из природного и техногенного сырья / А. Ю. Столбоушкин, Д. В. Акст, Е. В. Истерин, О. А. Фомина // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. — 2021. — № 7. — С. 382–386. EDN: PGCDHL.
18. Панова В. Ф. Переработка отходов обогащения железной руды / В. Ф. Панова, С. А. Панов, А. А. Карпачева, О. Д. Прохоренко // Вестник сибирского государственного индустриального университета. — 2017. — № 3. — С. 56–62. EDN: ZHRDCZ.

Panova Valentina Feodosievna

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia
E-mail: panov-kps@yandex.ru

Panov Sergey Alexandrovich

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia
E-mail: panov-kps@yandex.ru

Spiridonova Irina Vladimirovna

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia
E-mail: splridonova-iv@yandex.ru

Ryzhkov Philip Nikolaevich

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia
E-mail: 9234691912@mail.ru

Cherneikin Mikhail Andreevich

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia
E-mail: 9234691912@mail.ru

Research on iron-containing industrial waste as raw materials for obtaining ceramic building materials

Abstract. The article presents the results of a study of the composition and properties of iron-containing industrial waste in order to use it as a component of the charge for the production of fired construction materials and products. The article gives preference to fine-grained materials, such as gas cleaning dusts and slurries: slurry from the converter, sheet-rolling shops, blast furnace gas cleaning, top dust, ore tailings, as well as grinding waste, hardware production waste, etc. The range of such waste is extensive, and its composition is diverse. The authors show the classification of iron-containing products, based on the material composition, which is divided into three parts: ferrous, mineral, and organic. Some of the components have a complex organomineral composition, which contains surface-active substances (SAPS). These substances have a plasticizing effect during the formation of the raw material, and they also burn out, increasing the porosity of the pottery during the firing process. Iron-containing substances act as additives, and in small amounts (up to 5 %), they have a positive effect on the quality of ceramic samples.

The article describes a method for determining the temperature range of additives in ceramic mixtures. The authors have established a positive effect of complex iron-containing substances on the properties of ceramic samples obtained from technogenic multi-tonnage waste dumps: coal enrichment, iron ore, and overburden rocks. The amount of waste rocks in the mixture was increased to 70 %, with a loam content of up to 25 %.

The article focuses on the technology of processing large-scale industrial waste, its environmental significance, and economic benefits. The authors' research shows that the use of secondary mineral resources (SMR) in the production of ceramic products not only contributes to improving the environmental safety of cities, but also opens up new opportunities for sustainable and efficient production in the construction industry.

Keywords: waste recycling; ceramic products; overburden rock; environmental technologies; product quality; construction industry; secondary raw materials; regeneration