

**УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД В  
ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ПЛАСТИЧЕСКОГО  
ФОРМОВАНИЯ**

**Никифорова Э.М., Еромасов Р.Г., Васильева М.Н., Симонова Н.С.**

*ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»*

С целью расширения объемов утилизации промышленных отходов рассмотрены вопросы образования и использования вторичных продуктов обогащения железных руд в комплексе с другими отходами промышленного производства в технологии стеновых керамических материалов. Функциональное назначение исследованных железосодержащих отходов в керамической технологии базируется на известной роли оксидов железа, обеспечивающих течение процесса спекания керамических материалов с участием жидкой фазы при существенно низких температурах обжига. С помощью современных методов исследований изучен фазовый состав как отходов обогащения железных руд Абаканского месторождения после их двухстадийной сухой магнитной сепарации, представленный магнетитовыми, гематито-магнетитовыми, хлорито-магнетитовыми, кварц-карбонато-магнетитовыми ассоциациями, так и шламов газоочистки алюминиевого производства. Шламы газоочистки состоят из метаморфизованных угольных частиц графита, криолита, хиолита, корунда, флюорита, нефелина, диаспора и обеспечивают создание восстановительной среды обжига керамики, способствующей переходу соединений железа в закисную форму. Минерализующие составляющие шлама -  $\text{NaF}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{AlF}_3$  характеризуются низкой динамической вязкостью в интервале обжига керамических стеновых материалов ( $\eta_{900-1000} \text{ } ^\circ\text{C} = (4,9-1,9) \cdot 10^{-3}$ , Па·с). Наиболее рациональным выбран пластический способ изготовления керамических стеновых материалов. Использование в качестве компонента масс «хвостов» обогащения железных руд обеспечивает существенный рост прочностных показателей образцов (на 30–40 %). Добавка к «хвостам» обогащения железных руд минерализатора на основе шламов газоочистки алюминиевого производства, образующих при 850 °С расплав с низкой динамической вязкостью, приводит к повышению прочности образцов на 150-180 %. Повышение долговечности изделий с вводом «хвостов» обогащения определяется сдвигом начала интенсивного замерзания свободной воды в область более низких температур на 2 – 10°, полного ее замерзания – на 25 – 55°. Разработана схема подготовки отходов промышленности

для ее введения с целью практического использования в технологии действующих производств керамического кирпича.

Ключевые слова: «хвосты» обогащения, железные руды, шлам, спекание, керамический кирпич, минерализатор, прочность, водопоглощение, морозостойкость.

## **Введение**

Существующая проблема образования вторичных продуктов промышленности требует принятия решений по выбору эффективных способов как их дополнительного обогащения, так и утилизации образующихся многотоннажных техногенных продуктов в материалоемких отраслях промышленности [1–3]. Стратегия утилизации отходов обогащения железных руд предполагает разделение «хвостов» на тяжелую фракцию для использования в металлургической отрасли и легкую силикатную составляющую для ее применения в производстве строительных материалов широкой номенклатуры, включая керамический кирпич, керамзитовый гравий, цемент и т.д. [3, 8–11]. В настоящее время разработана технология получения керамического кирпича полусухого прессования с использованием в качестве основного сырьевого материала гранулированной шламистой части «хвостов» Абагурской агломерационно-обогатительной фабрики и Мундыбашевского обогатительного производства Кузбасса с использованием добавки (до 20 масс. %) глинистого связующего с обязательным применением значительных давлений прессования (до 30 МПа) при пониженной (7–9 масс. %) влажности пресс порошка [8–11]. Для практической реализации данной разработки рекомендовано осуществление технологии сухого обогащения железных руд. В представленных исследованиях с целью расширения объемов потребления отходов обогащения железных руд в технологии керамических стеновых материалов признано целесообразным рассмотрение возможности использования «хвостов» обогащения железных руд после сухой магнитной сепарации в технологии керамического кирпича, изготавливаемого наиболее широко распространенным в керамической отрасли методом пластического прессования.

## Теоретические аспекты

Известно, что оксиды железа являются одними из наиболее эффективных минерализующих добавок на стадии спекания керамики [12,13]. Их роль сводится, помимо образования железистых расплавов, к интенсификации процесса растворения кварца, росту кристаллов первичного муллита и, следовательно, формированию более совершенной структуры [12,13].

Источником оксидов железа в керамических массах могут служить отходы обогащения железных руд. Кроме того, отходы обогащения железных руд выполняют функцию структурирующей добавки на стадии формования и спекания, целенаправленно изменяющей межфазные поверхности раздела в глинистых системах, что приводит к повышению физико-механических свойств готовой продукции. Также известно, что соединения железа в оксидной форме в меньшей степени способствуют активизации процессов спекания керамических масс [9–11]. Температуру плавления глины железистые оксиды заметно понижают лишь при обжиге в восстановительной среде [14]. С целью образования восстановительной среды внутри обжигаемого изделия, способствующей переходу соединений железа в закисную форму, обладающую большей реакционной способностью, необходимо использовать комплексную добавку в виде «хвостов» железной руды и шлама газоочистки алюминиевого производства, содержащего углерод до 50–60 %. Углеродистая составляющая шлама способствует переходу оксида железа в закисную форму, реагирующую с аморфным кремнеземом с образованием железистых стекол, способствующих интенсивной цементации системы. Наличие в отходах низковязких минерализаторов определяет их значительное влияние на процессы образования железистых расплавов, а также формирования оптимальных кристаллизационных структур керамических масс при термической обработке. Кроме того, шламы газоочистки выполняют функцию пластифицирующей добавки, активизирующей появление новых поверхностей раздела на стадии пластического

формования керамических масс. Для обеспечения восстановительной среды в качестве компонента керамической шихты совместно с «хвостами» обогащения железных руд (взамен шламов) возможно использование топливной добавки в виде молотого угля фракции менее 1 мм.

### **Материалы и методы анализа**

Элементный состав исходных сырьевых материалов и отходов промышленности определяли рентгеноспектральным анализом на спектрометре Lab Center XRF-1800 Shimadzu (Japan). Фазовый состав материалов и спеченных масс определяли рентгенофазовым анализом на дифрактометре фирмы Shimadzu XRD-6000. Дисперсные структуры керамических масс были исследованы радиоспектроскопическими методами ядерного, магнитного и электронного парамагнитного резонансов, основанными на известном эффекте Зеемана, возникающем в системе магнитных моментов, взаимодействующих с постоянным магнитным полем.

Измельчение исходных сырьевых материалов осуществили на щековой дробилке ШД-6. Фракционирование материалов проведено на ситовом анализаторе ВПТ-220.

Оптимизация технологических параметров получения керамического кирпича с использованием отходов обогащения железных руд проведена с применением математического планирования путем реализации полного факторного эксперимента и обработкой полученных результатов в программе «Статистика».

Объектом исследования являются отходы обогащения железных руд Абаканского месторождения после их двухстадийной сухой магнитной сепарации и шламы газоочистки алюминиевого производства. Промышленный продукт сухого обогащения (с содержанием Fe до 47,5 %) направляется для дальнейшего обогащения на обогатительно-агломерационную фабрику, а отходы обогащения от сухой магнитной сепарации складываются в отвалах и нуждаются в эффективной переработке с целью сокращения площадей захоронения отходов, а также получения товарного продукта с улучшенными

свойствами. Химический состав отходов представлен в таблице 1. Минералогический состав отходов представлен магнетитовыми, гематито-магнетитовыми, хлорито-магнетитовыми, кварц-карбонатомагнетитовыми ассоциациями.

Таблица 1

Химический состав отходов, масс. %

Наименование отхода	Содержание оксидов, масс. %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
«Хвосты» обогащения железных руд Абаканского месторождения	44,00	13,02	5,81	9,70	7,09	6,14	3,28	1,28	0,16	0,25

Анализ химического состава отходов свидетельствует о значительном содержании в них оксидов железа, что и определяет целесообразность их использования при получении керамических стеновых материалов. Как следует из таблицы 1, соединения железа в «хвостах» обогащения железных руд находятся как в закисной (FeO), так и в оксидной форме (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Многотоннажные отходы алюминиевого производства – шламы газоочистки представлены тонкодисперсным материалом черного цвета с размером частиц от 0,071 до 1,0 мм и состоят из метаморфизованных угольных частиц графита, криолита, хиолита, корунда, флюорита, нефелина, диаспора и др. Минерализующие составляющие шлама - NaF, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, AlF<sub>3</sub> характеризуются низкой динамической вязкостью в интервале обжига керамических стеновых материалов ( $\eta_{900-1000\text{ }^{\circ}\text{C}} = (4,9-1,9) \cdot 10^{-3}$ , Па·с).

### Результаты исследований и их обсуждение

Изучение процесса спекания керамических масс с отходами обогащения железных руд проведено на сырьевых глинистых материалах трех месторождений Сибирского

региона различного минералогического типа: каолинито - гидрослюдисто - монтмориллонитовом садовом, гидрослюдисто - монтмориллонитовом бадалыкском, гидрослюдистом анзебинском суглинках в температурном интервале обжига 900–1050 °С.

Гранулометрический состав глинистого сырья представлен в таблице 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав исходного глинистого сырья, %

Наименование сырья	Содержание частиц, %, размером, мм			
	Песчаные (1-0,05)	Пылеватые (0,05-0,005)	Глинистые менее (0,005)	В том числе глинистые менее (0,001)
Суглинок садовый	25,00 -47,00 (36,00)	37,14-55,86 (46,50)	15,86-22,66 (19,26)	9,86-13,66 (11,76)
Суглинок бадалыкский	18,00-45,00 (31,50)	32,03-66,14 (49,09)	12,46-23,80 (18,13)	10,12-14,25 (12,18)
Суглинок анзебинский	19,54-46,23 (32,89)	34,65-59,08 (46,87)	13,24-24,55 (18,90)	11,14-19,78 (15,46)

Анализ данных таблицы свидетельствует о существенном содержании в глинистом сырье глинистых и пылеватых фракций. Добавка к глинистому сырью многофункциональной отощающе-флюсующей добавки в виде «хвостов» обогащения железных руд с размером частиц менее 1 мм приводит к существенному снижению чувствительности глин к сушке и переводу глин из разряда высокочувствительного в разряд среднечувствительного к сушке сырья.

В таблице 3 приведены составы масс с отходами промышленности и физико-механические свойства обожженных образцов.

Таблица 3

Составы масс и физико-механические свойства обожженных образцов

Индекс масс	Количество и вид отходов, масс. %	Прочность при сжатии, МПа при температурах обжига, °С			
		900	950	1000	1050
На основе садового суглинка					
1	«хвосты» железных руд 30	12,8	14,9	21,3	22,4
2	«хвосты» железных руд 25, шлам 5	19,4	26,8	42,3	53,4

3	«хвосты» железных руд 25, уголь 5	17,5	22,0	37,0	44,5
На основе бадалыкского суглинка					
4	«хвосты» железных руд 30	8,7	10,5	15,9	20,4
5	«хвосты» железных руд 25, шлам 5	19,9	25,9	41,6	45,0
6	«хвосты» железных руд 25, уголь 5	16,6	20,4	37,6	39,0
На основе анзебинского суглинка					
7	«хвосты» железных руд 30	10,8	14,2	18,2	21,3
8	«хвосты» железных руд 25, шлам 5	19,5	29,4	34,4	49,9
9	«хвосты» железных руд 25, уголь 5	17,3	22,5	29,6	42,7

Использование в качестве компонента масс «хвостов» обогащения железных руд (составы 1, 4, 7) обеспечивает существенный рост прочностных показателей образцов (на 30–40 %) в сравнении с показателями заводских шихт на основе выбранного полиминерального глинистого сырья. Добавка к «хвостам» обогащения железных руд минерализатора на основе шламов газоочистки алюминиевого производства, образующих при 850 °С расплав с низкой динамической вязкостью ( $\eta_{850-1050\text{ °C}} = (4,4 - 1,69) \cdot 10^{-3}$ , Па·с) (составы 2, 5, 8), приводит к повышению прочности образцов в сравнении с показателями заводских шихт, обожженных при 1050 °С, на основе садовой глины на 159 %, бадалыкской – на 164 %, анзебинской – на 180 % [8]. При этом водопоглощение снижается на 3,8 – 4 %, кажущаяся плотность возрастает с 1,62 до 1,75 г/см<sup>3</sup>. К существенному росту прочности приводит добавка в шихту угольного компонента в сочетании с «хвостами» обогащения железных руд.

Результаты оптимизации технологических параметров путем реализации полного факторного эксперимента и обработки полученных результатов в программе «Статистика» (рисунок 1) свидетельствуют о существенной интенсификации процессов спекания керамических масс с отходами обогащения железных руд, сопровождающиеся существенным снижением водопоглощения обожженных образцов.

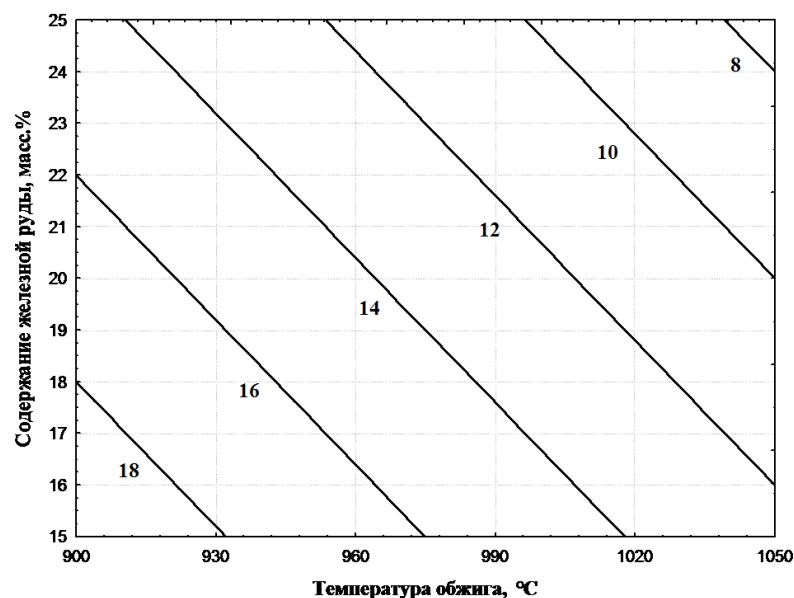


Рисунок 1. Проекция линий равного водопоглощения, (%) на плоскости в зависимости от содержания железной руды и температуры обжига на основе анзевинского суглинка

Средняя абсолютная и относительная ошибка эксперимента для оценки водопоглощения составила  $\varepsilon_{\text{ср}} = 0,45 \%$ ,  $\delta_{\text{ср}} = 8,14 \%$ .

С целью выявления влияния «хвостов» обогащения железных руд на повышение морозостойкости керамических стеновых материалов были исследованы дисперсные структуры керамических масс радиоспектроскопическими методами ядерного, магнитного и электронного парамагнитного резонансов. С точки зрения оценки эффективности действия «хвостов» обогащения железных руд на один из основных параметров эксплуатационной долговечности изделия — его морозостойкость, представляло интерес изучение процессов, происходящих при замерзании воды, а именно, ее молекулярной подвижности и температуры замерзания. Исследования молекулярной подвижности при охлаждении керамики до  $-100 \text{ }^\circ\text{C}$  показали, что процесс торможения молекул воды подобен процессам, имеющим место в широкополостных цеолитах (морденит, фожазит) и льдообразованию. При нагревании до комнатных температур процесс растормаживания молекул воды носит характер плавления льда. Необходимо заметить, что спектр жесткой «замороженной» воды существенно отличается от спектра



льда, свидетельствуя о больших расстояниях между молекулами воды в керамике. Нашло экспериментальное подтверждение предположение, что морозостойкость керамических изделий в определенной мере зависит от изменений в степени подвижности молекул воды в заданном температурном интервале, а также от температур начала интенсивного торможения подвижности молекул воды и ее полного замерзания (таблица 4, рисунок 2).

Таблица 4

Морозостойкость керамических материалов на основе садового суглинка с отходами

Наименование показателей	Номер массы (в соответствии с рисунком 2)					
	1	2	3	4	5	6
Температура начала замерзания свободной воды, °С	-4	-6	-8	-10	-12	-14
Температура полного замерзания свободной воды, °С	-15	-40	-50	-65	-65	-70
Морозостойкость, цикл	35	80	125	180	180	180

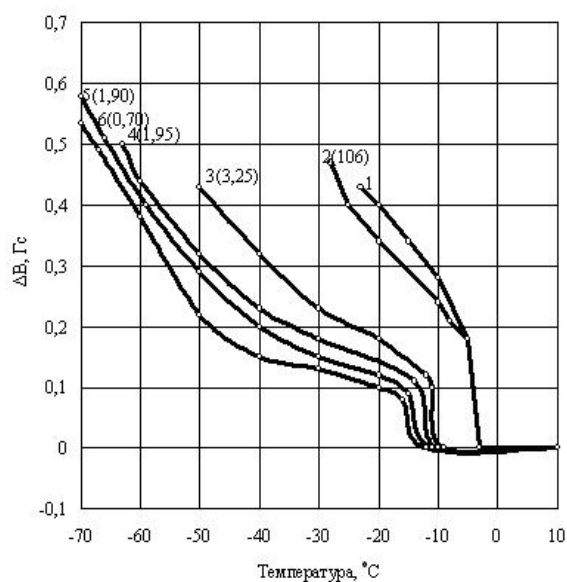


Рисунок 2. Зависимость ширины узкой компоненты спектров ПМР масс из садового суглинка ( $t_{обж} = 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) от температуры охлаждения, типа и количества добавки, масс. % (1 – суглинок без добавок; 2 – 25 «хвостов»; 3 – 30 «хвостов»; 4 – 25

«хвостов» и 5 угля; 5 – 25 «хвостов» и 5 шлама; 6 – 30 «хвостов» и 5 шлама). В скобках – динамическая вязкость  $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па с.

Уширение линии (рисунок 2), свидетельствует о начале замерзания воды, приводящей, в основном, к растрескиванию или разрушению образцов. С вводом «хвостов» обогащения, в том числе с углеродсодержащими компонентами, происходит сдвиг начала интенсивного замерзания свободной воды в область более низких температур на  $2 - 10^\circ$ , полного ее замерзания – на  $25 - 55^\circ$ , а также сглаживание процесса торможения (резкого перехода в изменении характера движения) молекулы воды, что, очевидно, снижает напряжение в замораживаемом изделии. Повышение морозостойкости керамических материалов с отходами обогащения железных руд также определяется, очевидно, созданием однородных структур с тонкими порами и капиллярами, не приводящих к миграции воды, пластическому перемещению льда и, как следствие, к внутреннему давлению в керамических изделиях.

В результате проведенных исследований предложена технологическая схема предварительной подготовки отходов промышленности для производства керамического кирпича.

Предварительная подготовка «хвостов» обогащения железных руд (рисунок 3) для их использования в керамическом производстве сводится к их измельчению до фракции менее 1 мм, при этом шламы газоочистки алюминиевого производства по своему дисперсному составу не требуют предварительной подготовки.

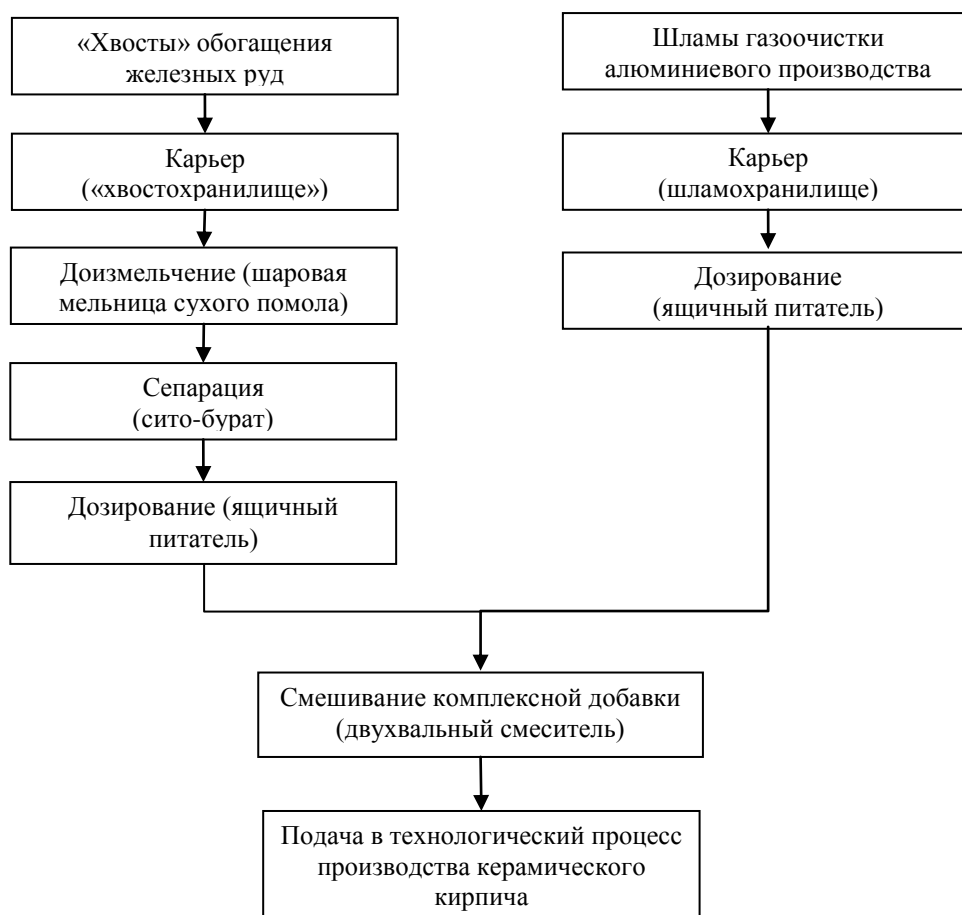


Рисунок 3. Схема подготовки отходов для производства керамического кирпича

### Заключение

Выполненный комплекс исследований доказал целесообразность использования комплексной добавки промышленных отходов в виде «хвостов» обогащения железной руды и шлама газоочистки алюминиевого производства (или угля) в составе керамической массы для производства керамического кирпича методом пластического формования. С вводом в керамические массы отходов обогащения железных руд Абаканского месторождения после их двухстадийной сухой магнитной сепарации достигнут значительный рост физико-механических свойств керамических стеновых материалов (в 2-3 раза) при существенном росте показателя морозостойкости. Для практического использования отходов обогащения железных руд необходимо

предусмотреть дополнительные операции их доизмельчения и сепарации с целью получения фракции менее 1мм.

### Список литературы

1. Ильичев В. А., Карпенко Н. И., Ярмаковский В. Н. О развитии производства строительных материалов на основе вторичных продуктов промышленности // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 36–42.

2. Целюк Д. И., Целюк И. Н. Перспективы освоения промышленных отходов железорудного производства восточной Сибири // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2012. № 2 (41). С. 142–150.

3. Буткевич Г. Р. Проблемы вовлечения отходов горнодобывающего производства в хозяйственную деятельность // Строительные материалы. 2013. № 7. С.62–64.

4. Никифорова Э. М., Еромасов Р. Г., Власов О. А., Васильева М. Н., Симонова Н. С. Утилизация шламов мокрой магнитной сепарации железных руд в производстве керамзита // Обогащение руд. 2015. № 1 (355). С. 43–46.

5. Monteiro S., Vieira C. On the production of fired clay bricks from waste materials: A critical update Review Article // Construction and Building Materials, 2014. Vol. 68. P. 599–610.

6. Chao Li., Henghu Sun., Zhonglai Yi., Longtu Li. Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings: Part 2: The residues after iron recovery from iron ore tailings to prepare cementitious material Original Research Article // Journal of Hazardous Materials. 2010. Vol. 174, Iss. 1–3. P. 78–83.

7. Zhang L. Production of bricks from waste materials – a review // Constr. Build. Mater. 2013. Vol. 47. P. 643–655.

8. Столбоушкин А. Ю., Бердов Г. И., Столбоушкина О. А., Злобин В.И. Влияние температуры обжига на формирование структуры керамических стеновых материалов из

тонкодисперсных отходов обогащения железных руд // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 1 (661). С. 33–41.

9. Фомина О. А., Столбоушкин А. Ю. Формирование рациональной поровой структуры стеновой керамики из шламистых железорудных отходов // Строительные материалы. 2015. № 12. С. 1–5.

10. Столбоушкин А. Ю., Стороженко Г.И. Формирование ячеистозаполненной структуры керамических композиционных материалов (на примере железорудных отходов) // Вестник Тувинского государственного университета. Серия: Технические и физико-математические науки. 2013. № 3. С. 47–58.

11. Пат. 2500647 Российской Федерации, МПК С 04 В 33/132 Сырьевая смесь для изготовления стеновой керамики и способ ее получения / Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И., Иванов А.И., Бердов Г.И., Столбоушкина О.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Сибирский государственный индустриальный университет". – № 2012116133/03; заявл. 20.04.2012; опубл. 10.12.2013. Бюл. № 34.

12. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Роль оксида железа в формировании фазового состава при обжиге плиток для полов на основе отходов топливно-энергетической промышленности // Материаловедение. 2014. № 7. С. 42–46.

13. Silva F.L., Araújo F.G.S., Teixeira M.P., Gomes R.C., Krüger F.L. Study of the recovery and recycling of tailings from the concentration of iron ore for the production of ceramic Review Article // Ceramics International. 2014. Vol. 40, Iss. 10, Part B. P. 16085–16089.

14. Зубехин А. П., Яценко Н.Д., Веревкин А.П. Влияние окислительно-восстановительных условий обжига на фазовый состав оксидов железа и цвет керамического кирпича // Строительные материалы. 2011. № 8. С. 8–11.

1. Ilichev V. A., Karpenko N. I., Yarmakovskiy V. N. About development of building materials production on the basis of secondary industrial products. *Stroitel'nyye materialy – Building materials*, 2011, no 4, pp. 36–42.

2. Tselyuk D. I., Tselyuk I. N. Management prospects of iron-ore production industrial wastes in eastern Siberia. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seksii nauk o Zemle Rossiyskoy akademii yestestvennykh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdeniy – Proceedings of Siberian Department of the Section of Earth Sciences Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits*, 2012, vol.41, no 4, pp. 36–42.

3. Butkevich G.R. Problems of involvement of mining industry waste in economical activity. *Stroitel'nyye materialy – Building materials*, 2011, no 7, pp. 62–64.

4. Nikiforova E. M., Yeromasov R. G., Vlasov O. A., Vasil'yeva M. N., Simonova N. S. Iron ores wet magnetic separation slimes utilization in expanded-clay aggregate production. *Obogashchenie rud*, 2015, no 1, pp. 43–46.

5. Monteiro S., Vieira C. On the production of fired clay bricks from waste materials: A critical update. *Review Article. Construction and Building Materials*, 2014, vol. 68, pp. 599–610.

6. Chao Li., Henghu Sun., Zhonglai Yi., Longtu Li. Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings: Part 2: The residues after iron recovery from iron ore tailings to prepare cementitious material. *Original Research Article. Journal of Hazardous Materials*. 2010, vol. 174, iss. 1–3, pp. 78–83.

7. Zhang L. Production of bricks from waste materials – a review. *Constr. Build. Mater.* 2013, vol. 47, pp. 643–655.

8. Stolboushkin A. Yu., Berdov G. I., Stolboushkina O. A., Zlobin V.I. Firing temperature impact on structure forming in ceramic wall materials produced of fine dispersed iron ore enrichment wastes. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo – Proceedings of the universities. Building*, 2014, no 1, pp. 33–41.

9. Fomina O. A., Stolboushkin A. Yu. Formation of rational structure of the pore wall ceramics from slimy iron waste. *Stroitel'nyye materialy – Building materials*, 2015, no 12, pp. 1–5.

10. Stolbushkin A.Yu., Storozhenko G.I. The formation of cell-completed structure of ceramic composite materials (in accordance with example of iron waste). *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskiye i fiziko-matematicheskiye nauki – Bulletin of the Tuva State University. Series: Technical and physical and mathematical sciences*, 2013, no 3, pp. 47–58.

11. Pat. 2005702 Russian Federation.

12. Abdrakhimova E.S., Abdrahimov V.Z. The role of iron oxide in the formation of phase composition during firing floor tiles on the basis of the fuel and energy industry waste. *Materialovedeniye – Materials*, 2014, no 7, pp. 42–46.

13. Silva F.L., Araújo F.G.S., Teixeira M.P., Gomes R.C., Krüger F.L. Study of the recovery and recycling of tailings from the concentration of iron ore for the production of ceramic Review Article. *Ceramics International*. 2014, vol. 40, iss. 10, p, B, pp. 16085–16089.

14. Zubekhin A.P., Yatsenko N.D., Verevkin K.A. Influence of oxidation-reduction conditions of roasting on a phase composition of iron and color of ceramic brick. *Stroitel'nyye materialy – Building materials*, 2011, no 8, pp. 8–11.

## **DISPOSAL OF WASTE RECYCLING OF IRON ORE IN THE PRODUCTION OF CERAMIC BRICK OF PLASTIC FORMATION**

**Nikiforova E.M., Eromasov R.G., Vasilyeva M.N., Simonova N.S.**

*Siberian Federal University*

In order to expand the volume of utilization of industrial wastes are considered the issues of education and the use of secondary enrichment of iron ore products in combination with other waste industrial production technology of wall ceramic materials. Functionality investigated iron

waste ceramic technology based on the known role of iron oxides during the process of providing the sintering of ceramic materials with a liquid phase at substantially low sintering temperatures. With the help of modern methods of research investigated how the phase composition of iron ore tailings Abakan field after a two-stage dry magnetic separation., Represented by magnetite, hematite-magnetite, chlorite-magnetite, quartz-carbonate-magnetite associations and sludge gas cleaning aluminum production. Sludge gas cleaning consist of metamorphosed coal particles of graphite, cryolite, hyolithid, corundum, fluorite, nepheline, Diaspora and ensure the creation of a reducing environment ceramic firing, the transition of iron compounds in the ferrous form. Mineralized components of the slurry – NaF, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, AlF<sub>3</sub> characterized by low dynamic viscosity in the range of firing ceramic wall materials ( $\eta_{900-1000\text{ }^{\circ}\text{C}} = (4,9-1,9) \cdot 10^{-3}, \text{ Pa s}$ ) . The most rational way to manufacture plastic selected ceramic wall materials. Use as a mass component of the "tails" of enrichment of iron ore provides a significant increase in strength characteristics of samples (30–40%). Additive to "tails" enriching iron ores mineralizer based aluminum production gas purification sludge forming at 850 ° C melt with low dynamic viscosity results in higher strength of the samples at 150–180 %. Increased durability of products with the introduction of the "tails" of enrichment is determined by shifting the heavy frost free water to lower the temperature 2–10 °, its complete freezing - at 25–55 °. A scheme for preparation of industrial waste for its introduction for the purpose of practical use in the technology of existing production of ceramic brick.

Keywords: "Tails" of enrichment, iron ore, slurry, sintering, ceramic bricks, mineralizer, strength, water absorption, frost resistance.