

УДК 691:666.7-1:658.567.1  
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-12-127-131

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Э.К. Сардарбекова*

*Аннотация.* Проведен анализ исследований влияния отходов флотационного обогащения сурьмяных руд Кадамжайского сурьмяного комбината на свойства керамического материала. Рассмотрена возможность применения техногенных отходов в строительных изделиях (кирпичи, плитка), огнеупорах и декоративной керамике. Установлено, что добавка отхода комбината в керамические смеси способствует улучшению сушильных свойств, увеличению прочности при сжатии за счет появления упрочняющих фаз при температуре обжига 900–950 °С. Кроме того, такая утилизация отходов снизит нагрузку на окружающую среду, а также уменьшит стоимость сырья. Для улучшения сушильных свойств рекомендована предварительная механическая активация сырья.

*Ключевые слова:* суглинки; техногенные отходы; керамическая смесь; механическая активация; отходы; сурьмяные руды; водопоглощение; прочность на сжатие.

---

## ДУБАЛ МАТЕРИАЛДАРЫН ЧЫГАРУУДА ТЕХНОГЕНДИК КАЛДЫКТАРДЫ ПАЙДАЛАНУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮ

*Э.К. Сардарбекова*

*Аннотация.* Макалада Кадамжай сурьма комбинатынын (КСК) сурьма рудаларынын флотациялык байытуу калдыктарынын керамикалык материалдын касиеттерине тийгизген таасирин изилдөөгө талдоо жүргүзүлдү. Техногендик калдыктарды курулуш буюмдарында (кирпич, плитка), отко чыдамдуу материалдарда жана декоративдик керамикада колдонуу мүмкүнчүлүгү каралат. Керамикалык аралашмаларга комбинатынын калдыктарын кошуу 900–950 °С күйгүзүү температурасында бекемдөөчү фазалардын пайда болушунун эсебинен кургатуу касиеттерин жакшыртууга жана кысуу бекемдигин жогорулатууга жардам берери аныкталган. Мындан тышкары, мындай таштандыларды чыгаруу айлана-чөйрөгө болгон жүктү азайтат, ошондой эле чийки заттын баасын төмөндөтөт. Кургатуу касиеттерин жакшыртуу үчүн чийки затты алдын ала механикалык активдештирүү сунушталат.

*Түйүндүү сөздөр:* чопо; техногендик калдыктар; керамикалык аралашма; механикалык активдештирүү; калдыктар; сурьма рудалары; сууну сиңирүү; кысуу күчү.

---

## POSSIBILITY OF USING TECHNOGENIC WASTE IN THE PRODUCTION OF WALL MATERIALS

*E.K. Sardarbekova*

*Abstract.* The paper provides an analysis of studies of the influence of flotation enrichment waste of antimony ores from the Kadamzhai Antimony Plant on the properties of ceramic materials. The possibility of using technogenic waste in construction products (bricks, tiles), refractories and decorative ceramics is considered. It has been established that the addition of waste plant to ceramic mixtures helps to improve drying properties and increase compressive strength due to the appearance of strengthening phases at a firing temperature of 900-950 °C. In addition, recycling waste in this way will reduce the burden on the environment and also reduce the cost of raw materials. To improve properties, preliminary mechanical activation of raw materials is recommended.

*Keywords:* loams; industrial waste; ceramic mixture; mechanical activation; waste; antimony ores; water absorption; compressive strength.

Проблема хранения и утилизации техногенных отходов характерна для многих стран, в том числе и для Кыргызстана. Промышленность и энергетический сектор, такие как ТЭЦ и горнодобывающие предприятия ежегодно производят большое количество отходов (зола, шлаки, хвосты обогащения), которые накапливаются в отвалах и полигонах, ухудшая экологическую ситуацию.

Использование техногенных отходов в производстве стеновых материалов в Кыргызстане является перспективным направлением, которое позволяет решить одновременно экологические и экономические задачи.

В республике существуют различные источники техногенных отходов, которые можно использовать в производстве стеновых материалов: это золошлаковые отходы ТЭЦ, отвалы горнодобывающей промышленности (хвосты обогащения, шламы и шлаки содержат минералы, пригодные для производства стройматериалов), строительные отходы (битый кирпич, бетон, керамика).

Использование техногенных отходов во вторичном производстве позволяет не только уменьшить загрязнение окружающей среды, но и более рационально использовать природные ресурсы для производства строительных материалов. Добавление некоторых видов техногенных отходов в строительные изделия может привести к повышению их прочности, теплоизоляции, а также устойчивости к внешним воздействиям. Кроме того, использование отходов значительно снизит себестоимость производства.

Так, добавление золы Бишкекской ТЭЦ 45–60 % [1–3] позволило получить качественный стеновой керамический материал с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами: морозостойкостью (25 циклов), водопоглощением (17–18 %), повышенной стойкостью к высолообразованию.

Цель данной работы – исследование влияния отходов Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК) на свойства керамического материала.

Отходы сурьмяного комбината представлены в виде хвостов флотационного обогащения сурьмяных руд (ХОСР), образованных при производстве сурьмы из горных пород после их термической обработки при 1200 °С. Их химический состав представлен в таблице 1 [4]. Минералогический состав представлен содержанием  $\beta$ -кварца, кальцита и незначительным количеством глинистых составляющих.

Для производства стенового керамического кирпича используются низкосортные суглинки. В Кыргызстане имеются значительные запасы природного глинистого сырья, подходящего для производства строительных материалов, включая керамический кирпич. Основные месторождения суглинков расположены в Чуйской, Ошской, Джалал-Абадской областях.

В качестве глинистого сырья были использованы суглинки месторождения Гавиан Кадамжайского района. Суглинки желтовато-серого цвета, плотные, средней засоленности, обладают высокой чувствительностью к сушке, малой пластичностью с большим содержанием карбонатов. Химический состав представлен:  $\text{SiO}_2$  – 49.4–50.8;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 10.4;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 3.50;  $\text{CaO}+\text{MgO}$  – 14.8;  $\text{TiO}_2$  – 0.62. Гранулометрический состав приведен в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав отходов

Отход КСК	Химический состав, % по массе						
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	$\text{SO}_3$	$\text{R}_2\text{O}$	Ппп
ХОСР	70,93	6,92	0,73	12,67	0,82	0,67	7

Таблица 2 – Гранулометрический состав

Фракции, мм				
Менее 0,005 мм	0,005–0,01	0,01–0,1	0,1–1	1–2
3,2	13,2	47,75	0,05	0,9

Для проведения экспериментов суглинок и отход КСК высушивали до постоянной массы, затем подвергали мелкому измельчению и пропускали через сито 1 мм. Керамическую массу с влажностью 21–25 % на основе смеси суглинка и отхода КСК вылеживали в течение 3-х суток. Затем пластическим методом были отформованы образцы-цилиндры. Высушенные образцы обжигали в лабораторной муфельной печи при температурах обжига 900, 950 и 1000 °С.

По результатам анализа технологических свойств образцов был определен их оптимальный состав.

Графики на рисунке 1 показывают, что при добавлении 60 % и более отхода КСК в суглинок коэффициент чувствительности уменьшается с 1,4 до 0,3, то есть почти в 5 раз. Сырье из разряда среднечувствительного переходит в малочувствительное. Формовочная влажность увеличивается с 21 до 23 % при 60 %-ной добавке отхода КСК и резко увеличивается при дальнейшем добавлении отхода.

Физико-механические свойства обожженных образцов (плотность –  $\rho$ , водопоглощение –  $W$ , прочность на сжатие –  $R_{см.}$ ) на основе суглинка с добавлением отхода КСК при различных температурах приведены на рисунках 2–4.

Из представленных диаграмм можно видеть, как с повышением температуры обжига повышаются прочность на сжатие и плотность. Водопоглощение меняется в обратной зависимости. Причем заметное изменение происходит при температуре обжига 950 °С.

С увеличением добавки отхода происходит незначительное уменьшение плотности. Возможно, это происходит из-за недостаточного измельчения отхода КСК. Крупные частицы затрудняют равномерное уплотнение смеси, оставляя межчастичные пустоты.

Для более плотной упаковки частиц необходимо использовать механическую активацию сырья.

Несмотря на уменьшение плотности, значения прочности на сжатие повышаются с увеличением температуры обжига, а также с увеличением добавки отходов КСК. Это свидетельствует о том, что поры в образцах распределены равномерно и имеют замкнутую форму. Поэтому их влияние на прочность минимальное. Кроме того, достаточно большое количество кремнезема и карбонатов обуславливает увеличение образования упрочняющей фазы – анортита.

Таким образом, керамические материалы с добавлением отходов КСК могут обладать повышенной прочностью, что делает их подходящими для применения в строительных материалах (кирпичи, плитка), огнеупорах и декоративной керамике. Кроме того, такая утилизация отходов снизит нагрузку на окружающую среду, а также уменьшит стоимость сырья.

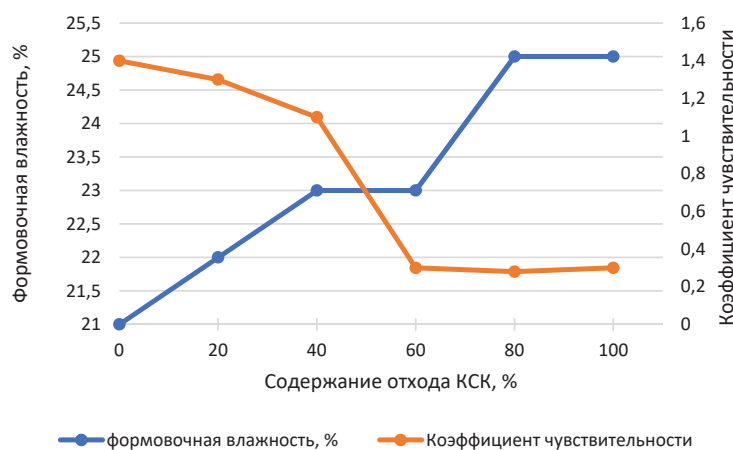


Рисунок 1 – Изменение коэффициент чувствительности и формовочной влажности смеси суглинка и отхода КСК

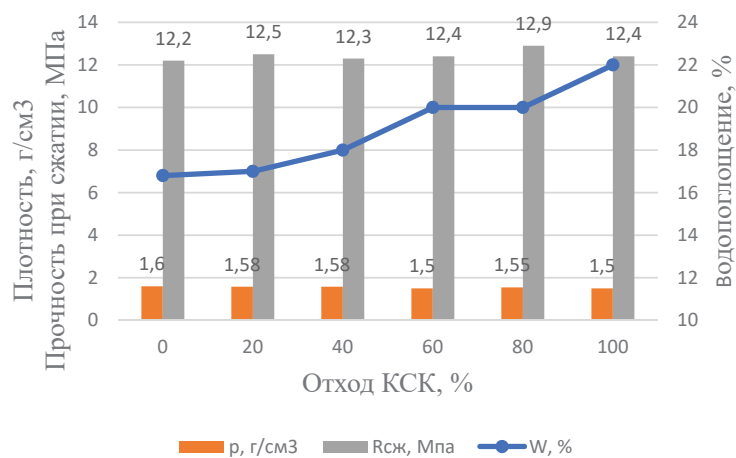


Рисунок 2 – Влияние температуры обжига (900 °С) и добавки отхода КСК на физико-механические свойства образцов

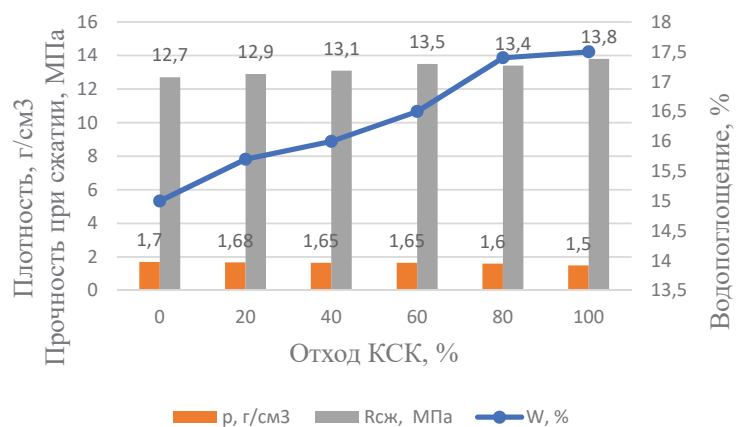


Рисунок 3 – Влияние температуры обжига (950 °С) и добавки отхода КСК на физико-механические свойства образцов

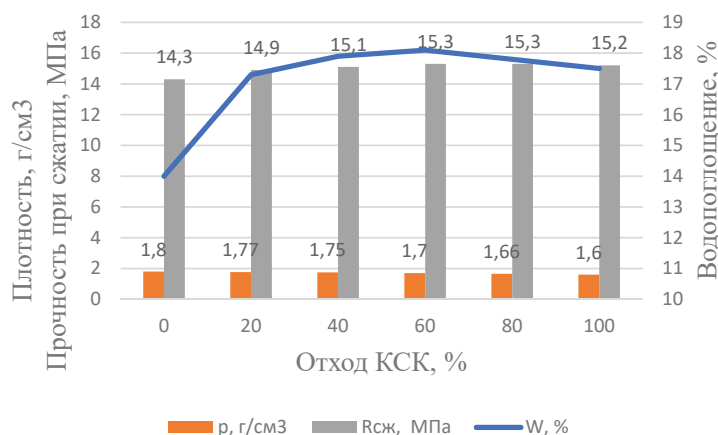


Рисунок 4 – Влияние температуры обжига (1000 °C) и добавки отхода КСК на физико-механические свойства образцов

Для максимального увеличения прочности рекомендуется выполнить тщательную подготовку смеси, а именно – совместно измельчить отход КСК и суглинок до мелкой фракции. Такая подготовка смеси позволит оптимизировать соотношение компонентов для снижения избыточной пористости, а следовательно, – уменьшить водопоглощение.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что добавка отхода КСК в керамические смеси способствует улучшению сушильных свойств: снижается коэффициент чувствительности (по Носовой) в 5 раз; увеличивается предел прочности на сжатие за счет появления упрочняющих фаз при температуре обжига 900–950 °C.

Поступила: 12.11.24; рецензирована: 26.11.24; принята: 28.11.24.

#### Литература

1. Сардарбекова Э.К. Получение морозостойкого керамического кирпича на основе местного сырья / Э.К. Сардарбекова // Вестник КPCУ. 2024. Т. 24. № 8. С. 172–178. DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-8-172-178. EDN WNOZXY.
2. Мавлянов А.С. Улучшение реологических свойств керамических масс путем комплексной активации сырья / А.С. Мавлянов, Э.К. Сардарбекова // Вестник Сибирского гос. автомобильно-дорожного ун-та. 2019. Т. 16. № 3(67). С. 334–351. EDN FJGIYD.
3. Сардарбекова Э.К. Перспективы применения ресурсосберегающей технологии стенового материала / Э.К. Сардарбекова // Прикладные вопросы точных наук: матер. V меж. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и преподавателей, Армавир, 30–31 октября 2021 года. Армавир: Армавирский гос. пед. ун-т, 2021. С. 189–191. EDN WINQWW.
4. Мелибаев С.Ж. Новый эффективный наполнитель для неавтоклавногo ячеистого бетона / С.Ж. Мелибаев // Вестник КГУСТА. Вып. 1(23). Бишкек, 2009. С. 87–91.