

УДК 666.7-1:544.46(575.2)
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-12-96-101

КЕРАМИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

**Э.К. Сардарбекова, Н.В. Чернышева,
Муканбет кызы Эркинай, Ш.А. Абдурахманова**

Аннотация. Приведены результаты исследований влияния механохимической активации на технологические свойства зологлининой смеси для производства грубой керамики. Для получения керамического кирпича с качественными эксплуатационными характеристиками необходимо применение инновационных подходов в подготовке глиняного сырья. В качестве сырьевых материалов были использованы местные лёссовидные суглиники месторождения Орок, зола Бишкекской теплоэлектроцентрали и поверхностно активное вещество – нафтенат натрия. Суглинок с золой подвергали механохимической активации путем совместного измельчения в активаторе-смесителе и добавлением нафтената натрия вместе с водой затворения. Результаты исследований показали, что механохимическая активация зологлининого сырья повышает пластичность глиноэзольной массы на 140 %, при этом уменьшает формовочную влажность и коэффициент чувствительности.

Ключевые слова: суглиники; керамическая смесь; механохимическая активация; пластичность; коэффициент чувствительности; формовочная влажность.

ЖАКШЫРТЫЛГАН ТЕХНОЛОГИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИ БАР КЕРАМИКАЛЫК МАТЕРИАЛ

**Э.К. Сардарбекова, Н.В. Чернышева,
Муканбет кызы Эркинай., Ш.А. Абдурахманова**

Аннотация. Бул макалада орой керамикасын өндүрүү үчүн колдонуулучу күл-чопо аралашмасынын технологиялык касиеттерине механохимиялык активдештируүнүн таасиринин негизинде изилдөөлөрдүн жыйынтыктери көлтирилген. Сапаттуу эксплуатациялык мүнөздөмөлөргө ээ керамикалык кирпич алуу үчүн чийки чопо заттын даярдоодо инновациялык ыкмаларды колдонуу зарыл. Чийки зат катары Ороктогу жергилиттүү токой сымал суглиниктери, Бишкек жылуулук электр борборунун күлү жана беттик активдүү зат – натрий нафтенаты пайдаланылган. Суглинок менен күл механохимиялык активдештириуге душшар болуп, активатор–аралаштыргычта биргелешип майдаланган жана суу менен кошо натрий нафтенаты кошулган. Изилдөөнүн жыйынтыктери көрсөткөндөй, күл-чопо чийки затынын механохимиялык активдештирилиши чопонун пластикалуулугун 140%га жогорулатып, ошол эле учурда формалоо нымдуулугун жана сезимталдык коэффициентин төмөндөттөт.

Түүндүү сөздөр: суглиник; керамикалык аралашма; механохимиялык активдештируү; ийкемдүүлүк; сезгичтик коэффициенти; калыптоо нымдуулугу.

CERAMIC MATERIAL WITH IMPROVED TECHNOLOGICAL PROPERTIES

**E.K. Sardarbekova, N.V. Chernysheva,
Mukanbet kyzы Erkinay, Sh.A. Abdurakhmanova**

Abstract. This article presents the results of studies of the influence of mechanochemical activation on the technological properties of ash-clay mixture for the production of coarse ceramics. In order to obtain ceramic bricks with high-quality performance characteristics, it is necessary to use innovative approaches in the preparation of clay raw materials. The

raw used materials were local loess-like loams from the Orok deposit and ash from the Bishkek thermal power plant and a surfactant – sodium naphthenate. The loam and ash subjected to mechanochemical activation by joint grinding in activator-mixer and adding sodium naphthenate together with mixing water. The results of the studies showed that mechanochemical activation of ash-clay raw materials increases the plasticity of the clay-ash mass by 140 %, while reducing the molding moisture and sensitivity coefficient.

Keywords: loam; ceramic mixture; mechanochemical activation; plasticity; sensitivity coefficient; molding moisture.

Современное строительство предъявляет всё более высокие требования к качеству и экологической безопасности строительных материалов. Одним из приоритетных направлений является разработка стеновых материалов, обладающих повышенной прочностью, морозостойкостью и устойчивостью к внешним воздействиям. В то же время остро стоит проблема рационального использования ресурсов и утилизации отходов промышленности и строительства, особенно в условиях ограниченности природных ресурсов и необходимости охраны окружающей среды [1–5].

Технологические свойства керамики: формовочная влажность, пластичность, воздушная усадка становятся критическими в условиях повышения конкуренции и постоянного удешевления строительных процессов [2, 3]. В научных исследованиях [5] отмечается необходимость разработки керамических материалов с прогнозируемыми и управляемыми свойствами, с учётом технологического аспекта производства, а вовлечение ряда отходов промышленности способствуют улучшению технологических свойств керамического материала. Использование техногенного сырья в производстве стеновых материалов в Кыргызстане является перспективным направлением, которое позволяет решить одновременно экологические и экономические задачи.

В Кыргызстане существуют различные источники техногенного сырья, которое можно использовать в производстве стеновых материалов: золошлаковые отходы ТЭЦ, отвалы горнодобывающей промышленности (хвосты обогащения, шламы и шлаки, содержащие минералы, пригодные для производства стройматериалов), строительные отходы (битый кирпич, бетон, керамика).

Использование местных техногенных и производственных отходов в качестве сырьевых компонентов для производства стеновых материалов позволит решить проблемы экологической ситуации и ресурсосбережения. Кроме того, позволит снизить себестоимость продукции и создать строительные материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Это особенно актуально для Кыргызской Республики, где вопросы устойчивого развития и ресурсосбережения становятся важнейшими направлениями государственной политики.

Для производства стеклового керамического кирпича используются низкосортные суглинки. В Кыргызской Республике имеются значительные запасы природного глинистого сырья, подходящего для производства строительных материалов, включая керамический кирпич.

Целью данной работы было улучшение технологических свойств керамического материала на основе местных суглинков и золы Бишкекской ТЭЦ.

В качестве сырьевых материалов были использованы местные лёссовидные суглинки месторождения Орок, зола Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ). Химический и гранулометрический состав сырья приведены в таблицах 1 и 2. В качестве поверхностно активного вещества (ПАВ) применили щелочной отход химического производства – нафтенат натрия (НН).

Суглинки месторождения Орок лёссовидные, плотного строения, грубодисперсные, тонкие мало-пластичные (число пластичности 5,7). Содержание водорастворимых солей – 1,66 %. Коэффициент чувствительности составляет 2,5 (высокочувствительные к сушке). Минеральный состав представлен следующими компонентами в %: кварц – 30–35; полевой шпат – 20–25; карбонаты – 15–20; гидроксид железа – 5; слюды и хлориты – 10; органические примеси – 5–7.

Таблица 1 – Химический состав сырья

Сырьевые компоненты	Химический состав, % по массе								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO + MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Ппп	Σ
Суглинок	52	13,03	4,81	14,31	1,72	3,05	1,06	9,94	99,92
Зола БТЭЦ	51,57	21,87	3,70	3,09	1,24	1,47	0,52	16,54	100
Отход КСК	70,93	6,92	0,73	12,67		0,82	0,67	7	99,74

Таблица 2 – Гранулометрический состав сырья

Сырьевые компоненты	Фракции, мм					
	менее 0,005	0,005–0,01	0,01–0,25	0,25–0,5	0,5–1	1–2
Суглинок	13,6	34,01	45,24	3	1,1	0,15
Зола БТЭЦ	6,6	11,48	51	7,36	15,36	8,2

Зола БТЭЦ представлена стекловидными и кристаллическими фазами. Кристаллическая фаза золы состоит из аморфизированного обжигом глинистого вещества и зерен обломочного материала кварца, карбоната кальция и магния, а также выделившихся из расплава двухкальциевого силиката, алюмината кальция, муллита и др.

По химическому составу (см. таблицу 1) зола характеризуется высоким содержанием кремнезема и глинозема.

Частицы золы, в основном, характеризуются шероховатой поверхностью, что способствует их плотной агрегации. Также присутствуют частицы, представляющие собой шарообразные агрегаты с наклонностью к глобулизации.

Удельная поверхность и гранулометрический состав зол зависят от вида сжигаемого топлива, условий сжигания и способа удаления золы за пределы котельной или ТЭС. Так как зола является продуктом обжига минеральной части топлива, то состав последнего, в первую очередь, и обуславливает свойства золы. Исследуемая зола БТЭЦ представляет собой рыхлый материал черно-серого цвета средней плотностью 870 кг/м³, удельной поверхностью 2240 см²/г, что относит ее к среднедисперсным. Содержание водорастворимых солей – 0,28 % (незасоленное сырье).

Пластифицирующая добавка нафтенат натрия – щелочной отход в виде водного раствора нефтепромышленного завода. По внешнему виду реагент представляет собой легкоподвижную жидкость темно-коричневого цвета плотностью 1,01–1,03 г/см³, массовая доля, %: нефтяных кислот – 42; минеральных масел – 56; натриевых солей – 2.

Механохимическую активацию (МХА) проводили следующим образом. Золу БТЭЦ в количестве от 0 до 90 % добавляли к суглинку и подвергали совместному измельчению в течение 3-х минут (МА) в активаторе-смесителе, работающем по принципу центробежно-ударной мельницы при скорости 800 оборотов в минуту. Затем вводили ПАВ в количестве 0,1 % вместе с водой затворения 22–24 %. Время активации и количество добавки было подобрано опытным путем [3].

Керамическую массу с влажностью 23–24 % на основе смеси суглинка и отходов вылеживали в течение 3-х суток. Затем были отформованы образцы-цилиндры пластическим методом. После высыпания до постоянной массы были определены технологические свойства образцов.

По результатам анализа технологических свойств образцов из зологлиняной смеси видно, что с добавлением отхода от 0 до 100 % увеличивается формовочная влажность и уменьшается пластичность.

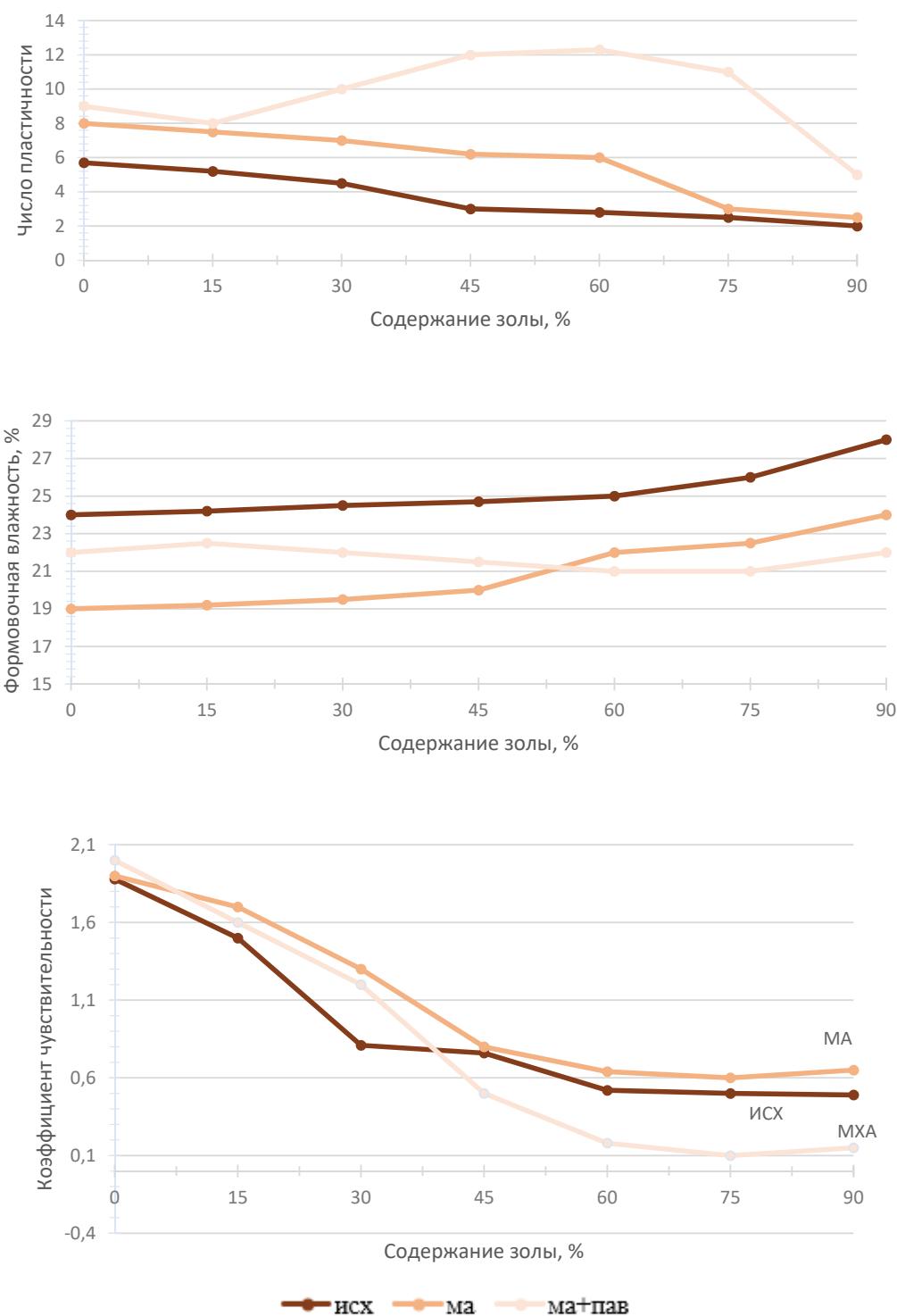


Рисунок 1 – Влияние содержания золы на технологические свойства зологлинняных образцов при различных видах активации: а – число пластиичности; б – формовочная влажность; в – коэффициент чувствительности

Технологические свойства образцов определяли на следующих составах (таблица 3):

Таблица 3 – Наименование составов

№ п/п	Состав	Шифр
1	Суглинок + зола	ИСХ
2	Суглинок + зола + МА	МА
3	Суглинок + зола + МА + ПАВ	МХА

Результаты исследований показали, что пластичность керамической массы уменьшается с увеличением добавки золы (рисунок 1, а) и увеличивается при совместной механической активации суглинка с золой (МА). При добавлении ПАВ в механоактивированную зологлинняную смесь (МХА) пластичность еще заметнее увеличивается. При добавлении 60 % золы с МХА пластичность увеличивается с 2,5 до 6 (т. е. на 140 %) по сравнению с исходным образцом, затем резко падает.

Формовочная влажность увеличивается с увеличением добавки золы и уменьшается при МА (рисунок 1, б). Однако при МХА добавка золы до 60 % уменьшает этот показатель на 4 %.

При совместной МА измельченные частицы суглинка и золы, в том числе несгоревшие угольные, сферолитовые, аморфизированные глинистые и др., соударяясь и перетираясь друг с другом и частичками суглинка способствовали, образованию реакционноспособных участков частиц. При МХА (последующей активации ПАВ) полностью устранилось пептизирующее действие золы: межмолекулярные силы увеличились за счет интенсивного адсорбирования ПАВ на реакционноспособных участках, обусловленного измельчением частиц.

Как известно, измельченные порошки всегда являются более активными адсорбентами, чем крупные зерна, т. е. данная МХА обладает гидрофобно-пластифицирующим эффектом. Кроме того, введение ПАВ способствовало улучшению процессов распределения влаги в глинозольной смеси.

При МХА коэффициент чувствительности составляет 0,15 при максимальном содержании золы 90 % (рисунок 1, в). С содержанием 60 % золы коэффициент чувствительности образцов составляет 0,52, на основе МА 0,6, а при МХА – 0,18.

Пластичность способствует лучшей формируемости изделий и повышению однородности структуры, увеличение коэффициента чувствительности – уменьшению трещинообразования, уменьшение формовочной влажности – уменьшение затрат тепловой энергии на сушку, сокращается время сушки, уменьшаются затраты на топливо и энергию, достигается экономический эффект.

По результатам проведенных исследований можно сказать, что МХА суглинка с золой значительно повышает пластичность глинозольной массы на 140 %, при этом уменьшает формовочную влажность и коэффициент чувствительности.

Поступила: 27.10.2025; рецензирована: 10.11.2025; принята: 12.11.2025.

Литература

1. Сардарбекова Э.К. Получение морозостойкого керамического кирпича на основе местного сырья / Э.К. Сардарбекова // Вестник КРСУ. 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 государственного автомобильно-дорожного университета. 2019. Т. 16. № 3 (67). С. 334–351. EDN FJGIYD.
3. Сардарбекова Э.К. Возможность использования техногенных отходов в производстве стеновых материалов / Э.К. Сардарбекова // Вестник КРСУ. 2024. Т. 24. № 12. DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-12-127-131. С. 127–131.

4. Сардарбекова Э.К. Перспективы применения ресурсосберегающей технологии стенового материала / Э.К. Сардарбекова // Прикладные вопросы точных наук: материалы V международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей. Армавир, 30–31 октября 2021 года. Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2021. С. 189–191. EDN WIHQWW.
5. Sardarbekova E.K. Wall materials based on low-grade loams and industrial waste / E.K. Sardarbekova, N.V. Chernysheva, A.K. Matyeva, M.Yu. Drebezgova, S.Jh. Melibaev, I.S. Borisov // Construction Materials and Products. 2025. № 8 (5). С. 4.