

### Список литературы

1. Хрусталева, Б.М. Определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [Текст] / Б.М.Хрусталева, В.Д. Сизов // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. - 2018. - №1. - С.47-59.
2. Лазуренко, Н.В. Методика определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций различного назначения [Текст] / Н.В.Лазуренко, Н.В. Пилипенко // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2006. - №31.
3. Абдусаматов, К.Б., Совершенствование методов получения огнестойких и теплоизоляционных стеновых материалов на основе промышленных отходов.... автореферат канд. диссертации [Текст] / К.Б.Абдусаматов. – Ташкент: 2023. – 16 с.
4. Abdusamatov, K., & Bakhodirov, A. Determination of thermal conductivity and thermal resistance of fire-resistant and heat-insulating wall materials made on the basis of industrial waste. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2789, No. 1). (2023, June). AIP Publishing.
5. Абдусаматов, К. Б. Исследовательская работа по определению теплопроводности и термическое сопротивление образцов газобетона [Текст] / К.Б.Абдусаматов // *Science and Education*, 3(3), (2022). 244-248.

#### УДК 691.4

**Т. Т. Болотов<sup>1</sup>, К.Б. Абдусаматов<sup>2</sup>, Т. К. Кыдыров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>И.Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек, Кыргыз Республикасы

<sup>1</sup>КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>Джизак политехникалык институту Ўзбекистан

<sup>2</sup>Джизакский политехнический институт, Узбекистан

**T. T. Bolotov<sup>1</sup>, K.B.Abdusamatov<sup>2</sup>, T. K. Kydyrov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Razzakov Univeristy,, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup>Jizzakh Polytechnic Institute, Uzbekistan

[Bolotov-t@kstu.kg](mailto:bolotov-t@kstu.kg)

### ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ НА СУШИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС

### КЕРАМИКАЛЫК МАССАЛАРДЫН КУРГАТУУ КАСИЕТТЕРИНЕ КӨМҮР КАЛДЫКТАРЫНЫН ТААСИРИ

### INFLUENCE OF COAL MINING WASTE ON DRYING PROPERTIES OF CERAMIC MASSES

*Керамика өндүрүшү маанилүү тармак болуп саналат жана ар кандай сырьёлорду колдонот. Көмүр казып алуунун калдыктары, мисалы, иламдар жана күл, процесстерди жакшыртуу жана чийки заттын чыгымдарын азайтуу үчүн олуттуу потенциалды түзөт. Көмүр казып алуу калдыктарын курулуш керамикасын өндүрүүгө тартуу боюнча рекомендацияларды иштеп чыгуунун актуалдуулугу аныкталды, анткени ресурстарды үнөмдөөчү жана оң экологиялык эффекттерге жетишүү менен бирге, көмүр казып алуу калдыктарын курулуш керамикасын өндүрүүгө тартуу, эгерде курамы туура эмес тандалышы, даяр продукциянын негизги физикалык-механикалык касиеттеринин төмөндөшүнө алып келиши мүмкүн. Бул макалада көмүр казып алуу калдыктарын алардын кургатуу касиеттерин оптималдаштыруу максатында керамикалык массаларга кошумча катары колдонуу мүмкүнчүлүгү изилденет.*

**Түйүндүү сөздөр:** курулуш керамикасы, минералдык кошумчалар, көмүр өндүрүшүнүн калдыктары, техногендик сырьё, калдыктарды пайдалануу боюнча сунуштар.

*Производство керамических изделий является важной отраслью промышленности, и в ней используются разнообразные сырьевые материалы. Отходы угледобычи, такие как ишамы и золы, представляют собой значительный потенциал для улучшения технологических процессов и снижения затрат на сырьё. Определена актуальность разработки рекомендаций по вовлечению отходов угледобычи в производство строительной керамики, поскольку наряду с достижением ресурсосберегающего и положительного экологического эффектов вовлечение отходов угледобычи в производство строительной керамики при неправильном подборе состава шихты может повлечь за собой, нежелательное снижение основных физико-механических свойств готовых изделий. В данной статье исследуется возможность использования отходов угледобычи в качестве добавки к керамическим массам с целью оптимизации их сушильных свойств.*

**Ключевые слова:** строительная керамика, минеральные добавки, отходы угледобычи, техногенное сырьё, рекомендации по использованию отходов.

*Ceramic production is an important industry and uses a variety of raw materials. Coal mining wastes, such as slurries and ash, represent significant potential for improving processes and reducing raw material costs. The relevance of developing recommendations for the involvement of coal mining waste in the production of building ceramics is determined, since, along with achieving resource-saving and positive environmental effects, the involvement of coal mining waste in the production of building ceramics, if the composition of the charge is incorrectly selected, can entail an undesirable decrease in the basic physical and mechanical properties of the finished products. This article explores the possibility of using coal mining waste as an additive to ceramic masses in order to optimize their drying properties.*

**Key words:** building ceramics, mineral additives, coal mining waste, technogenic raw materials, recommendations for the use of waste.

**Введение:** Угольная промышленность играет ключевую роль в мировой энергетике, однако одним из её значительных последствий является образование различных видов отходов, таких как угольная зола, шлаки и угольная пыль. Эти отходы, содержащие в себе значительное количество минеральных компонентов, предоставляют потенциал для использования в других отраслях, включая производство керамических материалов. Современное производство керамических изделий представляет собой сложный технологический процесс, требующий использования различных сырьевых материалов. В данной научной статье исследуется влияние отходов угледобычи на сушильные свойства керамических масс. Отходы угледобычи представляют собой значительный источник сырья, который может быть переработан и использован в производстве керамики. В ходе исследования были проведены лабораторные эксперименты с использованием различных типов отходов угледобычи, и анализированы их влияние на сушильные свойства керамических масс. Результаты исследования показывают, что отходы угледобычи могут успешно применяться в качестве добавки к керамическим массам, улучшая их сушильные свойства и экономя природные ресурсы. Этот подход также способствует снижению экологической нагрузки и расширению возможностей утилизации отходов угледобычи [1—11].

Этап эксплуатации зданий и сооружений, возведенных с применением строительной керамики, содержащей отходы угледобычи, характеризуется меньшими теплотерями через ограждающие конструкции по отношению к традиционной строительной керамике (при их равных габаритах) за счет пониженной плотности таких керамических изделий. Стеновые конструкции, возведенные из строительной керамики с применением отходов угледобычи, вследствие повышенной пористости будут обладать лучшими шумоизоляционными

свойствами. На пост эксплуатационном этапе строительную керамику, произведенную с вовлечением отходов угледобычи, можно применять аналогично традиционной строительной керамике так, возможно повторное применение штучных стеновых изделий при возведении малоэтажных зданий и сооружений, к которым не предъявляются требования повышенной ответственности. в случае, если целостность изделий в процессе демонтажа была нарушена, керамический бой может быть использован для отсыпки грунтовых дорог, вертикальной планировки территории, пересыпки слоев твердых бытовых отходов на полигонах, технической рекультивации нарушенных земель наряду с достижением ресурсосберегающего эффекта и снижением техногенной нагрузки на окружающую среду за счет уменьшения количества размещаемых в ней отвалов [14], вовлечение отходов угледобычи в производство строительной керамики при неправильном подборе состава шихты может повлечь за собой нежелательное снижение основных физико-механических свойств готовых изделий (морозостойкости, прочности и др.).

**Методология:** В связи с этим были проведены исследования по регулированию процесса сушки керамического изделия – сырца на основе лессовых пород с добавкой отходов угледобычи и пластичных глин путем перераспределения соотношения между свободной и связанной водой в составе керамической массы при введении технологической минеральной добавки. Особенностью исследуемых лессовидных суглинков является повышенная карьерная влажность (более 22 - 24 %), которую необходимо снижать до уровня формовочной влажности (18 - 19 %), либо за счет сушки, либо за счет введения разувлажняющей добавки. Кроме того, высокая чувствительность к сушке, коэффициент чувствительности по Чижскому равен 1,8, обуславливает необходимость отощения такого глинистого сырья с целью доведения количественных показателей сушильных свойств до безопасных величин.

В работе были использованы в качестве основного сырья для производства стеновых материалов лессы Нарынского месторождения, а в качестве добавок отход угледобычи Кара-Кече.

В соответствии с классификацией глин по сушильным и прочностным свойствам была проведена систематизация материалов, характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1 - Технологические свойства глинистого сырья

| Месторождение | Гигроскопич.<br>влага, % | Пластичность | Коэффициент<br>чувствит-ти к<br>сушке | Воздушная<br>усадка, % | Прочность<br>на сжатие,<br>МПа | Класс |
|---------------|--------------------------|--------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------|
| Нарынское     | 1,83                     | 5,3          | 1,45                                  | 6,4                    | 24,5                           | в     |

Лессовые грунты Нарынского месторождения относятся к классу “в”. Они отличаются неоднородностью, засорены обломками горных пород и каменистых включений, малопластичные, среднечувствительные к сушке, обладают средней воздушной усадкой. Прочность на сжатие образцов достигает 24,5 МПа.

Отходы угольной промышленности могут включать в себя разнообразные минералы и вещества, такие как кремнезем, каолин, глина и другие материалы, которые являются ключевыми компонентами при производстве керамических изделий. В качестве объектов исследования и топливо-содержащего компонента были использованы отходы угледобычи Кара-Кечинского месторождения.

**Результаты:** Изучены технологические свойства, гранулометрический и химико-минералогический составы исследуемых лессовых пород Нарынского месторождения и отходов угледобычи Кара-Кечинского месторождения.

При подготовке шихты исходные компоненты измельчали до фракции менее 0,14 мм в шаровой мельнице. Количество добавки каждого вида техногенных отходов в исходное глинистое сырье составляло от 0 до 30 %.

По данным табл. 2. видно, что содержание гигроскопической влаги в отходах угледобычи составляет 4,48 %, число пластичности 6,5. Отходы угледобычи Кара-Кече относятся к малопластичному сырью. Отход угледобычи Кара-Кече характеризуется высокой чувствительностью к сушке.

Таблица 2 - Технологические свойства отходов угледобычи

| Месторождение | Влага гигр., % | Число пластичности | Козфф. чувст-ти к сушке, % | Водозатворяемость, % | Молекулярная влагоемкость, % |
|---------------|----------------|--------------------|----------------------------|----------------------|------------------------------|
| Кара-Кече     | 4,48           | 6,5                | 2,0                        | 34,84                | 20,49                        |

Результаты химического анализа (табл. 3.) показывают, что содержание кремнезема, представленного в виде оксидов, в лессовой породе составляет 56,20 %.

Таблица 3 - Химический состав сырьевых материалов

| Материалы                  | Содержание оксидов в % на сухое вещество |                                |                                |       |      |                 |                               | ППП   |
|----------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|-------------------------------|-------|
|                            | SiO <sub>2</sub>                         | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |       |
| Лесс Нарынский             | 55,20                                    | 13,33                          | 4,40                           | 13,40 | 3,50 | 1,34            | 1,45                          | 7,65  |
| Отход угледобычи Кара-Кече | 42,95                                    | 21,06                          | 4,63                           | 7,22  | 1,02 | 1,79            | 0,92                          | 23,11 |

Химический состав отходов угледобычи (табл. 3) представлен в основном оксидами кремния (42,95 %), алюминия (21,06 %). По количеству красящих оксидов – оксидов железа отход угледобычи Кара-Кечинского месторождений относятся к группе сырья с низким их содержанием. Величина потери при прокаливании достигает - 23,11 %.

Влияние добавок – отходов угледобычи – на скорость влагоотдачи и градиент влажности в процессе сушки изучалось на глиняных образцах в виде кубиков с длиной ребра 3,0 см. Перепад влажности между центром и поверхностью изделия, отнесенный к единице длины, выражает поверхностный градиент влажности. Момент появления трещин в изделии характеризуется критическим градиентом влажности, пользуясь которым, определяют оптимальные условия сушки изделий. К концу процесса скорости влагоотдачи практически уравнились. Трещин совсем не было. В описанных опытах влага испарялась преимущественно через торцы образцов-кубиков, так как их боковая поверхность была закрыта фольгой.

Таким образом, правильное регулирование процессов сушки позволит интенсифицировать их, создать оптимальные режимы, получить высокие энергоэкономические показатели и улучшить качество выпускаемой продукции.

Изучено влияние отходов угледобычи на усадку в процессе сушки, результаты приведены в табл.4.

Таблица 4 - Влияние добавок – отходов угледобычи на усадку лессовых образцов

| Компоненты, %      | Длительность сушки, ч | Количество испарившейся влаги, % | Объемная усадка, % | Удельная усадка |
|--------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|
| Лесс 100           | 1                     | 17,7                             | 6,6                | 0,37            |
| Лесс-80+добавка-20 | 1                     | 19,4                             | 6,9                | 0,35            |
| Лесс-70+добавка-30 | 1                     | 17,7                             | 5,8                | 0,32            |
| Лесс 100           | 2,5                   | 58,7                             | 21,0               | 0,36            |

|                    |     |      |      |      |
|--------------------|-----|------|------|------|
| Лесс-80+добавка-20 | 2,5 | 63,0 | 21,3 | 0,34 |
| Лесс-70+добавка-30 | 2,5 | 63,0 | 19,6 | 0,31 |
| Лесс 100           | 4   | 79,6 | 54,7 | 0,31 |
| Лесс-80+добавка-20 | 4   | 81,0 | 23,7 | 0,29 |
| Лесс-70+добавка-30 | 4   | 79,3 | 19,9 | 0,25 |
| Лесс100            | 5,5 | 84,1 | 25,2 | 0,30 |
| Лесс-80+добавка-20 | 5,5 | 85,0 | 24,1 | 0,28 |
| Лесс-70+добавка-30 | 5,5 | 83,5 | 20,1 | 0,24 |

В табл. 4. наряду с величиной объемной усадки, выраженной в процентах, приводятся также значения удельной усадки, то есть усадки, отнесенной к количеству влаги, испарившейся к моменту определения объема образца. Уменьшение удельной усадки означает, что чувствительность глины к сушке понизилась. Из табл. 4. видно, что добавка 20 % отхода угледобычи вызвала относительное уменьшение конечной величины удельной объемной усадки на 6,6 % , а добавка 30 % отход угледобычи – на 20 % по сравнению с контрольными образцами, причем эффективность действия отходов угледобычи зависит от степени отошения глины. Разрушение изделия наступает при условии  $R_c/R_n \leq 1$ , где  $R_c$  – предел прочности сырца;  $R_n$  – напряжение на поверхности изделий. Уменьшая  $R_n$  посредством понижения коэффициента усадки, мы тем самым сдвигаем предел в сторону меньших предельных напряжений. У тощих глин  $R_c$  невелик, поэтому для них уменьшение  $R_n$  посредством понижения удельной усадки представляется весьма существенным. Полученные значения линейной и объемной усадки показаны откуда видно, что линейная усадка образцов сырца с добавками 20 % отхода угледобычи уменьшается через 5,5 ч сушки на 24,1 %, а с добавкой 30 % отхода угледобычи уменьшается на 20,1 % по сравнению с образцами без добавок. Объемная усадка образцов с аналогичными добавками снизилась на 28 и 38,3 %.

Полученные результаты можно объяснить следующим образом: в процессе испарения воды с частиц глины происходит градиент влагосодержания, что приводит к утоньшению сольватных оболочек, находящихся на этих частицах. Внешнее давление заставляет обнаженные частицы выступать, что приводит к увеличению связности между ними. Это происходит потому, что прежде связность осуществлялась главным образом за счет слипания сольватных оболочек. В результате увеличивается "жесткость" глиняного материала, и он становится менее подвержен, внешнему давлению, вызывающему сжатие системы при удалении части воды вследствие испарения и замещении ее воздухом. Именно на этапе высыхания глины капиллярное давление оказывает влияние на конечный объем материала, так как его сопротивление сжатию влияет на внешнее давление. Результаты исследования показали, что добавление отходов угледобычи к керамическим массам может значительно улучшить их сушильные свойства. В частности, увеличение прочности при сушке и сокращение времени сушки были замечены при использовании определенных типов отходов угледобычи. Кроме того, было выявлено, что добавка отходов угледобычи может способствовать снижению усадки и трещинообразования в процессе сушки.

**Заключение:** Влияние отходов угледобычи на сушильные свойства керамических масс может быть существенным, и исследование подчеркивает важность анализа этого влияния при разработке новых технологий в производстве керамических изделий. Это также может иметь потенциал для экономии ресурсов и снижения экологической нагрузки.

Исследование подтверждает потенциал использования отходов угледобычи в производстве керамических изделий с целью улучшения их сушильных свойств. Этот подход может иметь важное значение для экономии ресурсов и снижения негативного воздействия промышленности на окружающую среду. Оценка этого влияния может помочь разработать более эффективные и экологически устойчивые технологии в производстве керамических изделий. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию пропорций

добавки и изучение влияния на другие технологические характеристики керамических изделий.

### Список литературы

1. Бондаренко, С.И. Технология керамических стеновых материалов на основе отходов углеобогащения [Текст] / С.И. Бондаренко, Б.И. Морозов, В.И. Михайлов и др. // Строительные материалы. – 1988. - №3. - с.9.
2. Шаповалов, Н.А. Рациональные пути использования сталеплавильных шлаков [Текст] / [Н.А. Шаповалов, Л.Х. Загороднюк, И.В. Тикунова, А.Ю. Шекина] // Фундаментальные исследования. - 2013. - № 1. - С. 439—443.
3. Землянушнов, Д.Ю. Эколого-экономические аспекты применения тонкодисперсных отходов мрамора в производстве облицовочных керамических материалов [Текст] /Д.Ю. Землянушнов, В.Н.Соков, Д.В.Орешкин // Вестник МГСУ. - 2014. - № 8. - С. 118—126.
4. Malaikiene J., Kizinievic V., Maciulaitis R., Semelis E. Influence of Assorted Waste on Building Ceramic Properties // Materials science (Medziagotyra). 2012. No. 4. Pp. 396—402.
5. Рязанов, А.Н. Экологические и экономические аспекты использования углеродсодержащих отходов при производстве строительных материалов [Текст] / А.Н.Рязанов, В.И. Винниченко // Вестник НТУ ХПИ. - 2012. - № 63 (939). - С. 145—152.
6. Хлыстов, А.И. Применение минеральных шламовых отходов в процессах синтеза жидких фосфатных связок [Текст] / А.И.Хлыстов, В.А. Широков, Е.А.Чернова // Вестник ЮжноУральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2013. - Т. 13. - № 2. - С. 43—46.
7. Калинина, Е.В. Утилизация шламов карбоната кальция в производстве товарных продуктов строительной отрасли [Текст] / Е.В.Калинина // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. - 2012. - № 1. - С. 97—113.
8. Ramesh M., Karthic K.S., Karthikeyan T., Kumaravel A. Construction materials from industrial wastes — A Review of current practices // International journal of environmental research and development. 2014. No. 4. Pp. 317—324.
9. Karrar R.K., Pandey R.K. Study of management and control of waste constructions materials in civil construction project // International journal of engineering and advanced technology. 2013. Vol. 2. No. 3. Pp. 345—350.
10. Behera M., Bhattacharyya S.K., Minocha A.K., Deoliya R., Maiti S. Recycled aggregate from C&D waste and its use in concrete - A Breakthrough towards Sustainability in Construction Sector: A Review // Construction and building materials. 2014. Vol. 68. Pp. 501—516.
11. Ефимов, Р.В. Влияние добавки – отходов производств на качество керамических строительных материалов [Текст] / Р.В.Ефимов // В кн. Техническая информация. Сер. «Промышленность керамических стеновых материалов» - Вып.3. – М.:ВНИИХСМ, 1972. – С.9.
12. Капустин, А.П. Изготовление керамического кирпича из отходов угледобычи Экибастузского бассейна [Текст] / А.П. Капустин, Л.Ф. Калмыкова, В.Т. Станевич // Строительные материалы. – 1991. - №10. – С.14.
13. Калмыкова, Л.Ф. Использование углеотходов Экибастузского бассейна в производстве строительных материалов [Текст] /Л.Ф. Калмыкова, А.П.Капустин, Л.Л. Булыга // Строительные материалы. – 1991. - №5. - с.11.
14. Гайдай, М.Ф. Оценка негативного воздействия терриконигов на экологическую ситуацию в угледобывающих районах и пути его снижения [Текст] /М.Ф. Гайдай, Я.И. Вайсман // Экологические системы и приборы. - 2015. - Вып. 12. - С. 11—21.