

УДК 666.646  
Код РИНЦ 87.00.00

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ ЛЕССОВИДНОГО СУГЛИНКА

© 2020 Абдрахимов Владимир Закирович  
доктор технических наук, профессор  
Самарский государственный экономический университет  
E-mail: 3375892@mail.ru

**Ключевые слова:** отходы цветной металлургии, глинистая часть "хвостов" гравитации, "хвосты" обогащения полиметаллических руд, суглинок, керамический кирпич, регрессионный анализ.

Статья посвящена экологическим аспектам производства керамического кирпича с использованием отходов цветной металлургии. Исследования показывают, что применение в качестве отощителя "хвостов" обогащения полиметаллических руд, а в качестве пластифицирующей части - "хвостов" гравитации циркон-ильменитовых руд позволяет получить керамический кирпич с улучшенными техническими характеристиками, исключая использование традиционных сырьевых материалов. В исследовании использован регрессионный анализ, с помощью которого получены математические модели не вошедших в серию эксперимента керамических масс.

На территории России многие легкоплавкие глины классифицируются как кислые и полукислые. Число пластичности их не более 12, а содержание оксида алюминия достаточно низкое (меньше 15%). Керамический кирпич марки М150 и выше при таком низком содержании оксида алюминия получить невозможно. Отходы цветной металлургии могут послужить альтернативным сырьем для производства высокомарочных керамических изделий при содержании оксида алюминия больше 20% с числом пластичности 20 и более.

В работах<sup>1-3</sup> было исследовано, что в глинистые материалы с числом пластичности менее 12 не целесообразно вводить отощителей (для сокращения сроков сушки) более 20%, так как ухудшается формуемость керамической массы. В таких случаях при использовании в керамических массах отощителей более 20% в составы шихты необходимо вводить пластифицирующие добавки - глинистые материалы с числом пластичности более 20<sup>1,4</sup>.

В настоящей работе изучена возможность применения отходов цветной металлургии в производстве кирпича на основе лессовидного суглинка с числом пластичности 8-11. В качестве пластификатора использовалась глинистая часть "хвостов" гравитации циркон-

ильменитовых руд, а в качестве отощителя - "хвосты" обогащения полиметаллических руд.

Суглинок Громатухинского месторождения относится - к малокондиционному глинистому сырью, из которого невозможно получить кирпич выше марки 100. Число пластичности суглинка - 8-11, по чувствительности к сушке он относится к классу - высокочувствительное к сушке глинистое сырье. Поэтому длительность сушки кирпича - более 70 часов.

Введение в громатухинский суглинок "хвосты" обогащения полиметаллических руд менее 20% не сокращает сроки сушки кирпича, а более приводит к ухудшению формовочных свойств суглинка. Поэтому в керамическую массу необходимо вводить пластифицирующие добавки, в качестве которой использовалась глинистая часть "хвостов" гравитации циркон-ильменитовой руды.

В настоящей работе исследованы влияния ГЦИ (глинистой части "хвостов" гравитации циркон-ильменитовых руд) и "хвостов" обогащения полиметаллических руд на технические показатели кирпича пластического формования, высушенного до статочной влажности не более 5% и обожженного при 1050°C. Составы керамических масс и технические показатели кирпича приведены в таблице.

**Влияние содержания глинистой части "хвостов" гравитации циркон-ильменитовых руд и "хвостов" обогащения на технические свойства кирпича**

№ состава	Содержание компонентов, % (по массе)			Прочность при сжатии МПа Y <sub>1</sub>	Морозостойкость, циклы Y <sub>2</sub>	Водопоглощение, % Y <sub>3</sub>
	ГЦИ X <sub>1</sub>	"Хвосты" обогащения полиметаллических руд X <sub>2</sub>	Суглинок			
1	10	30	60	15	22	19
2	15	35	50	15,8	25	18,5
3	20	40	40	16,2	30	18,2
4	25	45	30	16,8	35	17,8
5	30	50	20	17,5	40	17,5
6	40	52	8	18,0	45	17,2
7	50	50	0	19,5	52	16,8

Как видно из таблицы, при повышении в составах керамических масс ГЦИ и "хвостов" полиметаллических руд технические свойства кирпича улучшаются.

При методе статического анализа<sup>5</sup> исследовалось влияние содержания отходов цветной металлургии на каждый из показателей Y<sub>i</sub>.

Первым этапом исследования было сделано построение регрессивных моделей зависимости механической прочности, морозостойкости и водопоглощения от компонентного состава керамических масс в линейном приближении, то есть

$$y_i = a_i^{(0)} + a_i^{(1)}x_1 + a_i^{(2)}x_2 + a_i^{(3)}x_1x_2, \quad (1)$$

где y<sub>i</sub> - (i = 1...3) физико-механические свойства, x<sub>1</sub> и x<sub>2</sub> — содержание компонентов.

Для каждой i-ой характеристики из следующей системы нормальных уравнений (2-5) рассчитываются a<sup>i(0)</sup>, a<sup>i(1)</sup>, a<sup>i(2)</sup>, a<sup>i(3)</sup>.

$$1) \sum_{j=1}^n y_{1j} = na_i^{(0)} + a_i^{(1)} \sum_{j=1}^n x_{1j} + a_i^{(2)} \sum_{j=1}^n x_{2j} + a_i^{(3)} \sum_{j=1}^n x_{1j}x_{2j} \quad (2)$$

$$2) \sum_{j=1}^n y_{1j}x_{1j} = a_i^{(0)} \sum_{j=1}^n x_{1j} + a_i^{(1)} \sum_{j=1}^n x_{1j}^2 + a_i^{(2)} \sum_{j=1}^n x_{1j}x_{2j} + a_i^{(3)} \sum_{j=1}^n x_{1j}^2x_{2j} \quad (3)$$

$$3) \sum_{j=1}^n y_{1j}x_{2j} = a_i^{(0)} \sum_{j=1}^n x_{2j} + a_i^{(1)} \sum_{j=1}^n x_{1j}x_{2j} + a_i^{(2)} \sum_{j=1}^n x_{1j}^2 + a_i^{(3)} \sum_{j=1}^n x_{1j}x_{2j}^2 \quad (4)$$

$$4) \sum_{j=1}^n y_{1j}x_{1j}x_{2j} = a_i^{(0)} \sum_{j=1}^n x_{1j}x_{2j} + a_i^{(1)} \sum_{j=1}^n x_{1j}^2x_{2j} + a_i^{(2)} \sum_{j=1}^n x_{1j}x_{2j}^2 + a_i^{(3)} \sum_{j=1}^n x_{1j}x_{2j}^2 \quad (5)$$

При уточнении уравнения регрессии должны быть выявлены все факторы, которые могут повлиять на результат исследования. В данном случае температура обжига и давление прессования не изменяли свое значение в течение экспериментов, поэтому влияние этих факторов можно исключить, следовательно, содержание в керамической массе пластификатора и отощителя ( $x_1$  и  $x_2$ ) являются основными влияющими факторами.

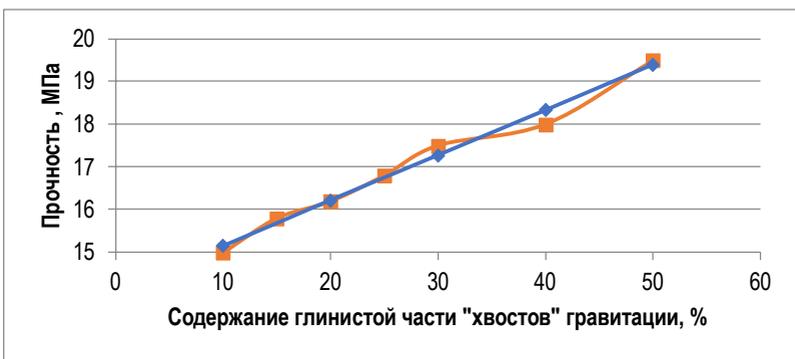
Регрессионный анализ предложенной математической модели, показывает, что линейные модели вполне удовлетворительно описывают рассматриваемые процессы, но рассмотрение полных вариантов математической модели (1) не имеет смысла, так как при таком соотношении количества экспериментальных точек и коэффициентов уравнений регрессии количество степеней свободы при проведении регрессионного анализа очень мало. В связи с вышеизложенным, было решено упростить форму выражений, описывающих зависимости свойств керамического материала от компонентов, считающихся независимыми переменными. Для этого было выполнено несколько вариантов расчета коэффициентов полиномов с постепенным исключением коэффициентов, имеющих самое слабое влияние на результат (значение  $t$ -критерия значительно ниже табличного). Весомость вклада констант, входящих в уравнение, оценивалась для уровня надежности 95%.

Например, при исследовании влияния состава шихты, на прочность кирпича выяснилось, что наибольшее влияние оказывает количество ГЦИ в шихте (переменная  $X_1$  в регрессионном анализе). Эту зависимость предлагается принять в виде:

$$y_1 = 0,106 X_1 + 14,1 \quad (6)$$

Такое выражение позволяет достигнуть высокого уровня корреляции с моделью (значение коэффициента детерминированности  $R^2 = 0,984$ ), при этом величина  $F$ -наблюдаемого значения ( $F = 312,54$ ) позволяет сделать вывод о неслучайности характера взаимодействия между переменными. Значение стандартной ошибки также учитывалось при выборе вида выражения, описывающего аналитическую зависимость каждого свойства исследуемого материала от входящих в него компонентов.

На рис. 1 видно, что механическая прочность кирпича увеличивается при увеличении количества ГЦИ в составах керамической шихты. Характер зависимости говорит о том, что верхнее ограничение количества ГЦИ, вводимое в состав шихты, используемого при производстве кирпича, будет чисто технологическим. По графику можно также сделать вывод о достаточно высоком соответствии математической модели и экспериментальных данных по механической прочности кирпича, что вполне согласуется с характеристиками регрессионного анализа, приведенными выше.



**Рис. Зависимость механической прочности при сжатии кирпича от содержания пластификатора (ГЦИ) (прерывистая линия - экспериментальные данные; сплошная линия - вычисленные по математической модели)**

Аналогичные исследования в данной работе были проведены также для морозостойкости и водопоглощения кирпича.

Так в качестве зависимости морозостойкости кирпича от состава шихты используемой для производства кирпича принято выражение:

$$y_2 = 0,514 X_1 + 0,399 X_2 + 4,12 \quad (7),$$

где  $X_1$  и  $X_2$  - компоненты шихты, выраженные в % по массе (см. табл. 1).

Для водопоглощения кирпича получена зависимость:

$$y_3 = - 0,019X_1 - 0,056X_2 + 20,765. \quad (8),$$

Если число аргументов - 3, то методом группового анализа можно проанализировать нелинейные зависимости. Вопросы об улучшении моделей в данной работе не рассматривались, так как полученные экспериментальные данные коррелированы и, вероятно, существуют сильные связи между некоторыми параметрами и характеристиками. Построение функциональных моделей будет составлять предмет дальнейших исследований по использованию техногенного сырья цветной металлургии для производства различного вида керамических материалов.

Таким образом, использование отходов цветной металлургии в производстве кирпича улучшает технические показатели изделия и позволяет получить кирпич марок 150-170, что позволит строить здания 15-20 этажей. При этом использование отходов позволит освободить земельные участки от негативных антропогенных воздействий, создавая ресурсосберегающие технологии в производстве строительных материалов.

<sup>1</sup> Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Технология стеновых материалов и изделий. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2005. 194 с.

<sup>2</sup> Абдрахимов В.З. Производство керамических изделий на основе отходов энергетики и цветной металлургии. Усть-Каменогорск: Восточно-Казахстанский технический университет. 1997. 290 с.

<sup>3</sup> Абдрахимов Д.В., Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З. Керамический кирпич из отходов производства // Строительные материалы. 1999. №9. С. 34-35.

<sup>4</sup> Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Абдрахимов Д.В., Абдрахимов А.В. Применение техногенного сырья в производстве кирпича и черепицы. Санкт-Петербург: "Недра". 2004. 126 с.

<sup>5</sup> Devore Jay L. Probability and Statistics for Engineering and the Sciences. 8<sup>th</sup> ed. California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 2010.

## USE OF WASTE OF NON-COLOR METALLURGY IN THE PRODUCTION OF CERAMIC BRICK ON THE BASIS OF FOREST-LIKE LOAM

© 2020 Abdrakhimov Vladimir Zakirovich  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
Samara State University of Economics  
E-mail: 3375892@mail.ru

**Keywords:** non-ferrous metallurgy waste, clay part of gravity "tailings", "tailings" of polymetallic ore dressing, loam, ceramic bricks, regression analysis.

The article is devoted to environmental aspects of ceramic brick production using non-ferrous metallurgy waste. Studies show that the use of polymetallic ore dressing as a tailing agent and the tails of gravity of zircon-ilmenite ore as a plasticizing part makes it possible to obtain ceramic bricks with improved technical characteristics, eliminating the use of traditional raw materials. The study used regression analysis, with the help of which mathematical models were obtained that were not included in the series of the experiment of ceramic masses.

УДК 504.06  
Код РИНЦ 87.15.91

## ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ В МУНИЦИПАЛЬНОМ РАЙОНЕ ВОЛЖСКИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2020 Александрова Анна Александровна  
студент

© 2020 Сидоров Александр Аркадьевич  
доктор биологических наук, доцент  
Самарский государственный экономический университет  
E-mail: sidorov120559@yandex.ru

**Ключевые слова:** эколого-хозяйственное состояние, эрозия, выбросы, отходы, сбросы.

В статье приведены сведения о структуре и состоянии земель муниципального района Волжский Самарской области. Показаны (2014-2018 гг.) валовые и удельные параметры загрязняющих веществ, сточных вод, образования отходов. Для улучшения состояния земель предлагаются проекты по сокращению выбросов, отходов, сбросов, уменьшению площади переувлажненных земель, ревизии бесхозных гидротехнических сооружений и постановки их на баланс; организацию рельефа, берегоукрепление, противооползневые и оврагоукрепительные работы; снижение площадей дефляционно-опасных и смытых земель; восстановление и увеличение лесистости территории.