

УДК 666.712

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА НА ОСНОВЕ МАЛОПЛАСТИЧНОЙ ГЛИНЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ШЛАМА

Сухарникова М.А., Пикалов Е.С.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: [evgeniy-pikalov@mail.ru](mailto:evgeniy-pikalov@mail.ru)

Приведены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств керамического кирпича на основе разработанного состава, включающего малопластичную глину Суворотского месторождения Владимирской области и гальванический шлам местного предприятия ОАО «Завод «Автоприбор» (г. Владимир). Учитывались следующие свойства материала, определенные по стандартным методикам: плотность, прочность на сжатие, пористость и водопоглощение. Дополнительно приведены результаты оценки токсичности материала при помощи методики определения смертности дафний *Daphnia magna* Straus под действием токсических веществ, присутствующих в водной вытяжке из исследуемых керамических образцов. Из-за резкого снижения прочностных характеристик и высокой токсичности полученного материала в состав шихты была дополнительно введена борная кислота. В результате были получены прочностные характеристики, превышающие показатели для образцов, полученных без введения гальванического шлама, а токсичность снижена до удовлетворительного уровня. Таким образом, разработанный состав на основе применяемых глины и гальванического шлама в установленных количествах с добавлением борной кислоты в качестве модификатора возможно ввести в производство экологически безопасного керамического кирпича высокого качества.

**Ключевые слова:** керамический кирпич, гальванический шлам, прочность на сжатие, экологическая безопасность

## RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF PRODUCTION OF CERAMIC BRICKS ON THE BASIS OF LOW PLASTICITY CLAY WITH THE ADDITION OF GALVANIC SLUDGE

Sukharnikova M.A., Pikalov E.S.

Vladimir state university of a name of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs, Vladimir, e-mail: [evgeniy-pikalov@mail.ru](mailto:evgeniy-pikalov@mail.ru)

The results of experimental research of physical-mechanical properties of ceramic bricks on the basis of the developed composition comprising low plasticity clay deposits Svartskog Vladimir region and galvanic mud of local enterprise JSC «Plant» enterprises were built» (Vladimir). Take into account the following material properties defined by standard methods: density, compressive strength, porosity and water absorption. Additionally, the results of the assessment of the toxicity of the material by means of methods for determining mortality *Daphnia magna* Straus under toxic substances present in the aqueous extract of the studied ceramic samples. Due to a sharp decrease of the strength characteristics and high toxicity of the material obtained in the composition of the charge was added boric acid. The result is a strength characteristics exceeding the indices for the samples obtained without the introduction of galvanic sludge and toxicity reduced to a satisfactory level. Thus, the developed composition on the basis of the used clay and galvanic sludge in the installed quantities with the addition of boric acid as a modifier possible the production of environmentally safe ceramic bricks quality.

**Keywords:** ceramic brick, galvanic sludge, compressive strength, environmental safety

По объемам выпуска производство строительных материалов входит в число ведущих отраслей промышленности России и отличается высокой потребностью продукции на рынке. Промышленность строительных материалов определяет эффективность развития строительного комплекса, который обеспечивает рост всех отраслей экономики любого региона за счет строительства промышленных объектов, и способствует решению ряда социальных задач, таких как обновление жилищных фондов и определение цен на жилье [5].

Одним из основных стеновых строительных материалов является керамический

кирпич, несмотря на то что в последнее время чаще используются более дешевые, но менее долговечные и экологически безопасные материалы [5]. В связи с этим необходима разработка технологий, позволяющих получить керамический кирпич высокого качества и низкой себестоимости.

При этом следует учитывать, что строительный кирпич в России в основном производится на предприятиях сравнительно небольшой производственной мощности, работающих на местном сырье. Поэтому актуальным будет рассмотрение возможности получения керамического кирпича из местного сырья низкого качества, а также

вторичного сырья, что одновременно решает проблему утилизации промышленных отходов региона.

### Цель исследования

Целью данной работы являлась оценка возможности производства керамического кирпича на основе малопластичной глины Владимирской области с добавлением гальванического шлама, утилизация которого для рассматриваемого региона является одной из наиболее важных проблем [4].

Для этого необходимо изучить влияние содержания гальванического шлама в составе керамики на основные физико-механические свойства получаемого материала и подобрать состав шихты, обеспечивающий высокое качество изделий. Так как гальванический шлам содержит тяжелые металлы и является вредным для окружающей среды отходом, относящимся к 2–3 классу опасности [8], было необходимо провести исследования, подтверждающие экологическую безопасность получаемого керамического материала.

### Материалы и методы исследования

Для проведения исследований была выбрана глина Суворовского месторождения Владимирской области, которая имела следующий состав (масс. %):  $\text{SiO}_2 = 67,5$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,75$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,85$ ;  $\text{CaO} = 2,8$ ;  $\text{MgO} = 1,7$ ;  $\text{K}_2\text{O} = 2,4$ ;  $\text{Na}_2\text{O} = 0,7$ . Наличие в составе глины оксидов алюминия, кальция и магния свидетельствовало о низкой пластичности глины.

Для введения в состав шихты применялся гальванический шлам предприятия ОАО «Завод «Автоприбор» (г. Владимир), представляющий собой продукт реагентной очистки сточных вод гальванических производств данного предприятия влажностью от 60 до 70% [7]. В состав шлама входили следующие соединения (масс. %):  $\text{Zn}(\text{OH})_2 \approx 11,3\%$ ;  $\text{SiO}_2 \approx 7,08\%$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \approx 16,52\%$ ;  $\text{Cr}(\text{OH})_3 \approx 9,31\%$ ;  $(\text{Fe}^{2+})\text{Cr}_2\text{S}_4 \approx 4,17\%$ ;  $\text{CaCO}_3 \approx 40,25\%$ ;  $\text{CaO} \approx 3,45\%$ ;  $\text{ZnO} \approx 2,41\%$ ;  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \approx 2,38\%$ ;  $\text{Ni}(\text{OH})_2 \approx 2,62\%$ ;  $\text{Mn}(\text{OH})_2 \approx 0,64\%$ ;  $\text{Pb}(\text{OH})_2 \approx 0,14\%$ . Наличие в составе относительно большого соединений цинка, хрома подтверждает токсичность данного шлама.

Перед проведением исследований указанные материалы высушивались и измельчались, а для приготовления сырьевой смеси отбиралась фракция с размером частиц менее 0,63 мм. Для получения образцов материала применялась технология полусухого прессования [9, 10] при формовочной влажности шихты 8 масс. %, удельном давлении прессования 15 МПа и температуре обжига 1050 °С. Образцы материала изготавливались сериями в виде кубиков со стороной 50 мм. Каждая серия состояла из трех образцов.

Для оценки физико-механических свойств у образцов по стандартным для керамических материалов методикам определялись плотность ( $\rho$ ,  $\text{кг/м}^3$ ), прочность на сжатие ( $\sigma_{\text{сж}}$ , МПа), пористость (П, %) и водопоглощение (В, %). Токсичность керамики оценивалась при помощи методики определения смертности

дафний *Daphnia magna* Straus под действием токсических веществ, присутствующих в водной вытяжке из исследуемых образцов [3].

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты определения физико-механических свойств образцов, полученных после введения в состав шихты различного количества шлама (ГШ), представлены на рис. 1 и 2.

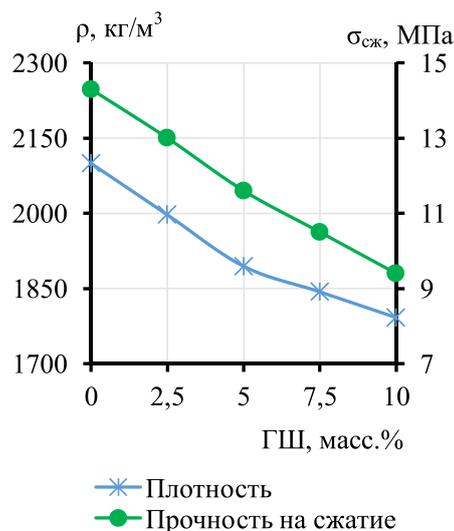


Рис. 1. Плотность и прочность на сжатие исследуемых образцов

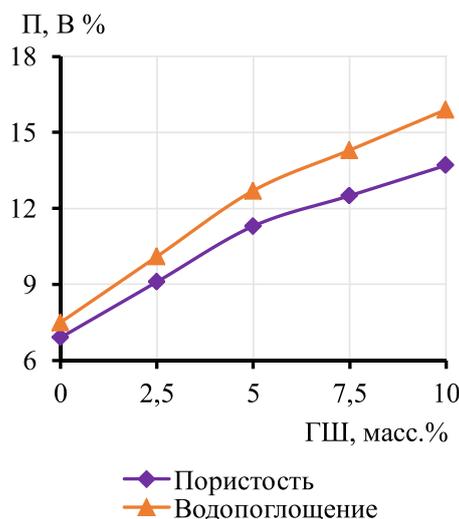


Рис. 2. Пористость и водопоглощение исследуемых образцов

Как следует из данных рис. 1, с увеличением содержания в составе шихты гальва-

нического шлама приводит к уменьшению плотности и прочности получаемого керамического материала. Это связано с тем, что в состав гальванического шлама входят соединения, разлагающиеся при нагреве до высоких температур с образованием газов и водяного пара, что приводит к образованию внутри образца пор и пустот, поэтому пористость и водопоглощение материала увеличиваются, что подтверждается данными рис. 2. При проведении эксперимента на определение токсичности для всех исследуемых составов была зафиксирована гибель более 50% дафний, что свидетельствует о высокой доли миграции тяжелых металлов.

В связи с этим было принято решение ограничить количество гальванического шлама до 2,5 масс. % и ввести в состав шихты борную кислоту в качестве модифицирующей добавки. Выбор данного компонента основан на сведениях о том, что борная кислота даже в небольшом количестве приводит к образованию стекловидной фазы при обжиге, что повышает плотность и прочность керамики [1, 2], а также затрудняет миграцию тяжелых металлов [6].

Результаты экспериментов, проведенных на составах с различным количеством борной кислоты (БК) при отдельном и совместно с гальваническим шламом введении в шихты, приведены в таблице.

Результаты определения токсичности образцов, полученных на основе указанных в таблице составов, показаны на рис. 3.

Как следует из данных рис. 3, с увеличением содержания борной кислоты (составы 1 и 2) увеличивается токсичность материала, а следовательно, повышение содержания данного компонента нецелесообразно. Введение 2 масс. % борной кислоты в состав шихты совместно с гальваническим шламом (состав 4) позволяет получать керамический материал с удовлетворительной токсичностью.

### Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований доказана возможность получения керамического кирпича высокого качества на основе малопластичной глины месторождения Владимирской области с добавлением 2,5 масс. % гальванического шлама предприятия ОАО «Завод «Автоприбор» (г. Владимир) и 2 масс. % борной кислоты. В сравнении с контрольным составом, получаемым только на основе исследуемой глины, разработанный состав позволяет получать материал с повышенной прочностью (от 14,3 до 21,8 МПа). При этом разработанный состав позволяет утилизировать токсичные отходы местного предприятия с получением экологически безопасного строительного материала.

Физико-механические свойства модифицированного керамического кирпича

| Состав | Содержание, масс. % |    | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Прочность на сжатие, МПа | Пористость, % | Водопоглощение, % |
|--------|---------------------|----|------------------------------|--------------------------|---------------|-------------------|
|        | ГШ                  | БК |                              |                          |               |                   |
| 1      | –                   | 1  | 2090,3                       | 21,6                     | 5,9           | 6,3               |
| 2      | –                   | 2  | 2139                         | 22,1                     | 5,2           | 5,4               |
| 3      | 2,5                 | 1  | 2051,6                       | 21,2                     | 8,2           | 9,7               |
| 4      | 2,5                 | 2  | 2089,3                       | 21,8                     | 7,7           | 8,9               |
| 5      | 2,5                 | –  | 1996,9                       | 13,0                     | 9,1           | 10,1              |

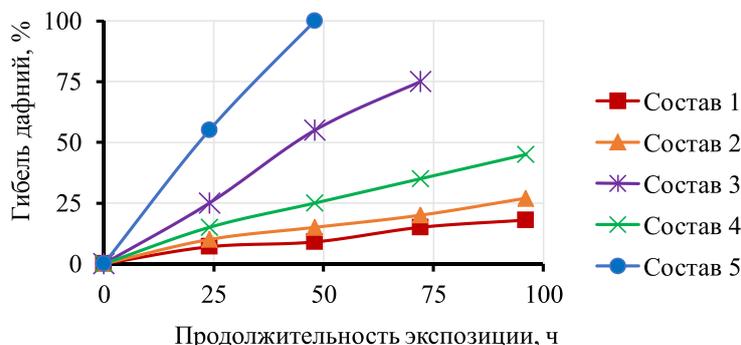


Рис. 3. Оценка токсичности исследуемых составов

Список литературы

1. Абдрахимов В.З., Колпаков А.В. Инновационные направления использования кальцийсодержащего нанотехнологического сырья: осадок отхода сточных вод, отхода пыли-уноса асфальтобетонных заводов, шлама от водоочистки воды и гальванического шлама в производстве кирпича // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2013. № 8(656). – С. 41–46.

2. Марьин В.К., Кузнецов Ю.С., Новокрещенова С.Ю. Опыт утилизации промышленных отходов в Пензенской области // Экология и промышленность России. – 2005. – № 5. – С. 28–33.

3. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний. Федеральный реестр ФР.1.39.2007.03222. – URL: <http://www.koshcheev.ru/wp-content/uploads/2012/07/Petrik-FR-1-39-2007-03222.pdf> (дата обращения 03.10.2015).

4. О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2014 году: ежегодный доклад, выпуск 22. – Владимир: Издательство ООО «Транзит-ИКС», 2015. – 49 с.

5. Отраслевой обзор «Российский рынок стройматериалов». Москва: Департамент консалтинга группы ИНЭК. – 2004. URL: <http://inec.ru/documents/stroymaterial-rus.pdf> (дата обращения: 03.10.2015).

6. Патент РФ № 2000132870/03, 26.12.2000.

7. Кузнецов Ю.С., Баранова Е.В., Камшилов В.Г., Калашников В.И., Гушин В.А. Керамическая масса для изготовления изделий стеновой керамики // Патент России № 2200721.2003. Бюл. № 33.

8. Селиванов О.Г., Михайлов В.А. Комплексная экологическая оценка полимерного покрытия, содержащего отходы гальванического производства // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-16534> (дата обращения 03.10.2015).

9. Селиванов О.Г. Оценка экологической опасности полимерных строительных покрытий, наполненных гальваническим шламом / О.Г. Селиванов, В.Ю. Чухланов, Н.В. Селиванова, В.А. Михайлов, О.В. Савельев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3(6). – С. 1956–1960.

10. Христофоров А.И., Христофорова И.А., Пикалов Е.С., Кутровская С.В. Влияние структуры керамики на прочностные характеристики керамического кирпича // Строительство и реконструкция – 2011. – № 4. – С. 62–67.

11. Христофоров А.И., Христофорова И.А., Пикалов Е.С. Улучшение керамических свойств модифицированной стеновой керамики кирпича // Строительство и реконструкция. – 2011. – № 5. – С. 99–103.