

УДК 666.3.022

И. В. Пищ, профессор (БГТУ); С. Е. Баранцева, ст. науч. сотрудник (БГТУ); А. Л. Беланович, вед. науч. сотрудник (БГУ); Ю. А. Климош, доцент (БГТУ); В. Г. Лугин, доцент (БГТУ)

### ГИДРОФОБИЗАЦИЯ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТЕНОВЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты исследования влияния гидрофобизирующих органоминеральных покрытий на адгезионные свойства поверхности керамического кирпича. Определен оптимальный состав гидрофобизатора, режим нанесения и закрепления его на поверхности изделий. Установлено, что гидрофобизация поверхности улучшает влагозащитные характеристики и повышает показатели физико-химических свойств керамического кирпича.

The results of investigation of influence of water-repellent organomineral coatings on adhesive properties of ceramic brick surface have been presented. Optimal composition of hydrophobizator was determined; the mode of its carrying and fastening on the surface of material has been established. It was established that hydrophobization of the surfaces improves washdown characteristics and increases dates of physical and chemical properties of the ceramic brick.

**Введение.** Ускоряющиеся темпы развития строительной индустрии, в частности промышленного и жилищного строительства, требуют не только увеличения количества основного материала – керамического кирпича, но и улучшения его качественных показателей, позволяющих продлить долговечность, межремонтный период, повысить комфорт и эстетичность сооружений.

В легкоплавких глинах, из которых формуют стеновые материалы, содержатся растворимые соли, которые при сушке диффундируют на поверхность изделий и образуют белые пятна, так называемые высолы. В настоящее время устранить указанные дефекты можно за счет образования влагозадерживающих пленок на ложковых и тычковых гранях кирпича-сырца. В качестве компонентов таких пленок используются различные эмульсии, позволяющие регулировать влагоперенос с лицевых поверхностей, не изменяя цвет самого изделия.

Актуальной задачей является не только предотвращение диффузии растворимых солей, но и сохранение цветовой гаммы поверхности кирпича, что достигается использованием гидрофобизаторов – веществ, обладающих водоотталкивающими свойствами, которые предотвращают проникновение влаги в поры керамического кирпича. Тем самым сохраняется механическая прочность и морозостойкость изделий при эксплуатации зданий и сооружений.

Соли, постоянно присутствующие в кирпиче или бетоне, сами по себе вреда практически не причиняют, но вследствие движения воды в массиве стены и ее испарения с поверхности, сопровождающегося образованием белесых или цветных солевых разводов – «высолов», происходит процесс коррозии строительного материала.

Высолы могут иметь непредсказуемый химический состав и разнообразное происхождение,

что во многом определяется месторождением глины, из которой формуют кирпич. Иногда, кроме традиционных кальциевых отложений, на стене обнаруживаются зеленоватые разводы солей меди, железа и даже ванадия. Как будет выглядеть кладка, предугадать нельзя: высолы могут появиться как в процессе строительства, так и по прошествии нескольких лет эксплуатации дома [1–3].

**Основная часть.** Одним из наиболее эффективных способов блокировки высолообразования на поверхностях наружных стен зданий является обработка поверхности гидрофобизирующими составами.

Цель гидрофобизации – резкое снижение способности изделий и материалов смачиваться водой и водными растворами при сохранении паро- и газопроницаемости. В практике строительства чаще всего применяются силиконовые гидрофобизаторы (СГ) на основе: алкилсиликонатов калия, алкоксисиланов; гидросодержащих силоксанов; гидроксилсодержащих силоксанов (каучуки).

Все материалы, применяемые при возведении зданий и сооружений, за исключением металла, стекла и сплошных пластиков, обладают в большей или меньшей степени пористой структурой. Наличие пор и капилляров позволяет конструкции «дышать», обеспечивая поддержание микроклимата, благоприятного для здоровья человека. Вместе с тем, существование пор и капилляров ставит проектировщиков и строителей перед необходимостью позаботиться о гидрофобизации сооружения. В противном случае влага, попавшая в капиллярную сеть кирпича или бетона, начинает мигрировать по микропустотам. Результат – не только мокрые стены, имеющие склонность к промерзанию (при увеличении влажности ограждающих конструкций зданий на 10–20% их теплоизоляционная спо-

способность снижается на 50%), но и вынос растворимых солей на поверхность стен [1–3].

Компонентами гидрофобизатора являлись: кислота ортофосфорная, оксиды цинка и кальция, кислота борная, силан-силоксановая эмульсия BS 1001, вода.

Получение гидрофобизирующего состава осуществляли путем последовательного растворения в воде предварительно приготовленного раствора кальцийцинкборфосфатной связки, алюминия азотнокислого 9-водного и силан-силоксановых эмульсий при различных соотношениях компонентов.

Использование неорганического вяжущего холодного отверждения в сочетании с силан-силоксановой эмульсией позволило обеспечить формирование гидрофобного слоя в порах и на поверхности керамических стеновых материалов, что явилось основой разработки гидрофобизирующего состава для улучшения влагозащитных свойств керамических стеновых материалов.

При нанесении состава на поверхность керамических стеновых материалов кальцийцинкборфосфатное связующее вступает в химическое взаимодействие с их поверхностью. Процесс химического модифицирования сопровождается образованием в порах и на поверхности керамического материала пористой пленки, состоящей из фосфатов кальция, алюминия, цинка и железа. Именно эта пленка определяет высокие прочностные характеристики системы «гидрофобное покрытие – керамическая подложка» и увеличивает поверхностную прочность керамического материала. При этом происходит разрушение силан-силоксановой эмульсии, входящей в состав гидрофобизирующего состава, с образованием силиконовой смолы, модифицирующей пористую структуру формируемых фосфатов металлов. Это придает керамическому материалу водоотталкивающие свойства и способствует уменьшению капиллярной адсорбции воды, но не блокирует его поры и капилляры, что позволяет керамическому материалу «дышать».

В качестве объектов исследования были использованы керамические кирпичные массы ОАО «Керамика» (г. Витебск), ОАО «Керамин» (г. Минск), ОАО «Минский завод строительных материалов». Исходными составляющими керамических масс являлись глины месторождений «Осетки» (Витебская обл.) и «Гайдуков-

ка» (Минская обл.), отходы формовочно-песчаных смесей и гранитные отсевы.

Глина месторождения «Осетки» – коричневого цвета, легкоплавкая; минералогический состав представлен каолинитом, монтмориллонитом, кварцем. Ее огнеупорность 1290°C; число пластичности 12,0–16,2; коэффициент чувствительности к сушке 1,1–1,2; относится к группе каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистых глин; дисперсная; умереннопластичная; среднечувствительная к сушке; неспекающаяся; среднетемпературного спекания.

Глина месторождения «Гайдуковка» – светлоричного цвета, легкоплавкая, в зависимости от залегания пласта может быть кислая или полукислая. Минералогический состав глины представлен кварцем, каолинитом, монтмориллонитом, нефелином. Ее огнеупорность 1195°C, число пластичности 11,4–13,5, коэффициент чувствительности к сушке 1,12–1,21; относится к группе каолинит-монтмориллонит-гидрослюдистых глин; дисперсная; умереннопластичная, среднечувствительная к сушке; неспекающаяся.

Химический состав глин месторождений «Осетки» и «Гайдуковка» представлен в табл. 1.

По данным дифференциально-термического анализа (ДТА) [4], при нагревании полиминеральных глин месторождений «Осетки» и «Гайдуковка» происходят в целом закономерные для этих глин физико-химические процессы: выделение воды, а также частичная аморфизация глинистого вещества, разрушение структуры каолинита, дегидратация минералов группы гидрослюд (250–650°C), реакции декарбонизации (650–940°C), выгорание органических примесей (280–350°C).

Из пластичных масс были изготовлены керамические образцы размером 50×25×15 мм. После обжига при температуре 1000°C на их поверхность наносился гидрофобизатор различными технологическими приемами – окунанием, кистью и пульверизацией. При проведении эксперимента гидрофобизатором покрывались постельная, ложковая и тычковая поверхность для направленного влагопереноса и выделения солей на непокрытые поверхности.

Кроме того, для сравнения эффективности воздействия гидрофобизатора и установления оптимальных параметров режима нанесения и закрепления состава часть образцов покрывалась полностью.

Таблица 1

## Химический состав глин

Месторождение глины	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ппп*
«Осетки»	50,24	18,02	7,60	0,21	6,16	3,00	1,20	3,72	8,17
«Гайдуковка»	56,70	12,28	4,13	0,76	8,59	2,78	0,46	3,05	11,40

\* – потери при прокаливании

В процессе исследования основного свойства – водопоглощения образцов, обработанных различными гидрофобизаторами, представляющими собой как чистую эмульсию BS 1001, так и комбинации различных составляющих, установлено, что для покрытых образцов, на которые состав наносили с помощью кисти, оптимальной временной экспозицией сушки является 7 сут.

На рис. 1 представлена кинетика изменения водопоглощения керамических образцов, обработанных различными составами с помощью кисти, в зависимости от природы гидрофобизатора.

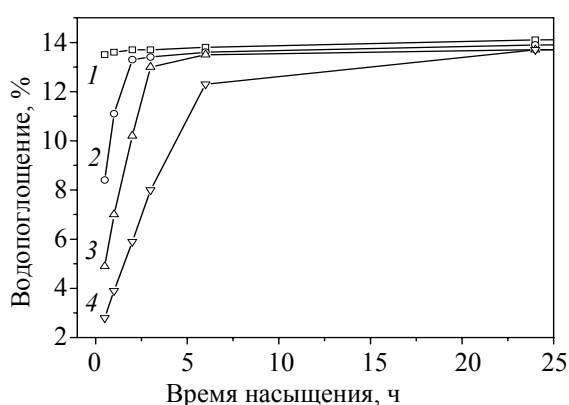


Рис. 1. Кинетика изменения водопоглощения в зависимости от состава гидрофобизатора:

1 – необработанный образец; 2 – обработанный эмульсией BS 1001; 3 – эмульсией BS 1001 + кальцийцинкфосфатное связующее; 4 – эмульсией BS 1001 + кальцийцинкфосфатное связующее + нитрат алюминия

Из рис. 1 отчетливо видно, что наиболее медленное насыщение водой происходит у образцов, обработанных составом, содержащим эмульсию BS 1001 + кальцийцинкфосфатное связующее и нитрат алюминия. Однако через сутки водопоглощение по усредненным данным практически выравнивается, но тем не менее его значения несколько ниже при использовании именно этого состава, который выбран нами в качестве оптимального.

Результаты исследования поведения гидрофобизирующего раствора на поверхности керамических образцов, впитываемость и адсорбционные характеристики образцов во взаимосвязи с физико-химическими свойствами – водопоглощением, механической прочностью при сжатии, морозостойкостью – приведены ниже.

На первом этапе была изучена способность поверхности образцов впитывать используемую жидкость, в качестве которой применялась окрашенная вода. Объем капли составлял

0,2 мл, оценка впитывания проводилась при выдержке капли на поверхности.

На рис. 2 приведены фотографии поверхности лабораторных образцов кирпича с каплей жидкости, которая впиталась в течение 15 с.

Напротив, хорошая адгезионная способность поверхности и водозащитные свойства обожженных керамических образцов, изготовленных из кирпичных масс на основе глин месторождений «Осетки» и «Гайдуковка» и покрытых гидрофобизатором, наглядно иллюстрируются рис. 3.



а

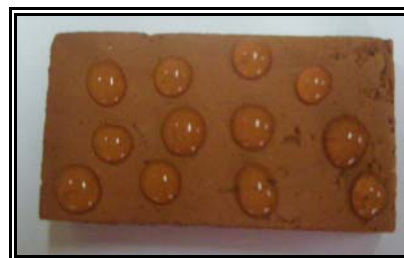


б

Рис. 2. Фотографии поверхности лабораторных образцов с впитанной жидкостью: а – после сушки; б – после обжига



а



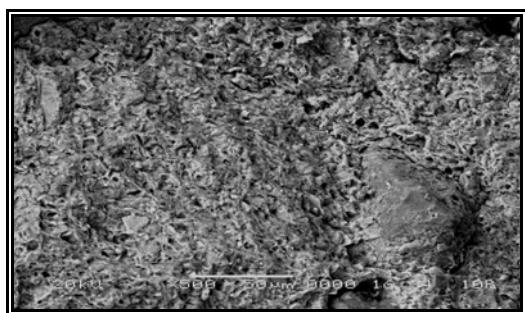
б

Рис. 3. Поверхность защищенных гидрофобизатором керамических образцов на основе глины: а – месторождения «Осетки»; б – месторождения «Гайдуковка»

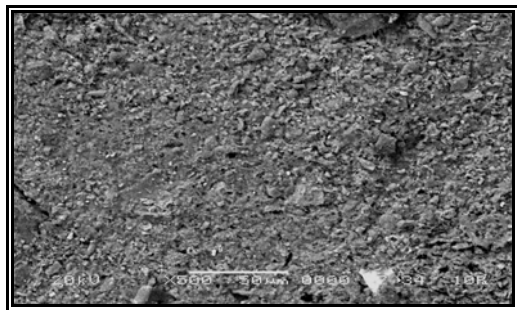
Для получения более полного представления о механизме гидрофобизации, структурных особенностях и характере поверхности гидро-

фобизированных и негидрофобизированных образцов, а также влияния обработки на их физико-химические свойства проведено комплексное исследование, включающее изучение структуры методом электронной микроскопии и определение физико-химических свойств керамических образцов.

В связи с особенностями гидрофобизирующего и колюматирующего воздействия на поверхность керамических образцов, обусловленными комплексом свойств водных растворов (плотность, показатель концентрации ионов водорода (рН), массовая доля летучих веществ, вязкость), нами проведено электронно-микроскопическое исследование структуры поверхности скола негидрофобизированного участка керамического образца и гидрофобизированного (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение участка поверхности скола керамического образца:

а – негидрофобизированного;

б – гидрофобизированного

Из рис. 4 видно, что, помимо колюматации пор, наблюдается и некоторое заполнение их части гидрофобизирующим раствором, что подтверждается более однородной структурой и менее резким проявлением пористости.

Разработанный состав является гидрофобизирующим, а не гидроизоляционным, т. е. он способен отталкивать влагу от поверхности обработанного керамического материала, но при этом при постоянном напоре воды не препятствует проникновению влаги внутрь. Это обусловлено тем, что данный состав не закупори-

вает поры, а покрывает их внутренние стенки, что позволяет сохранить паропроницаемость керамического материала. Однако керамический образец, необработанный составом, после извлечения из воды высыхает несколько быстрее, т. к. вода легко удаляется при сушке за счет наличия сквозных пор. Керамический образец полностью восстанавливает защитные гидрофобные свойства поверхности после водонасыщения в течение 48 ч и последующей сушки. Форма каплей на поверхности позволяет судить о достаточно высокой адсорбционной способности и краевом угле смачивания более  $90^\circ$ , значение которого является обобщенной количественной характеристикой гидрофобности материала (рис. 5) [5].

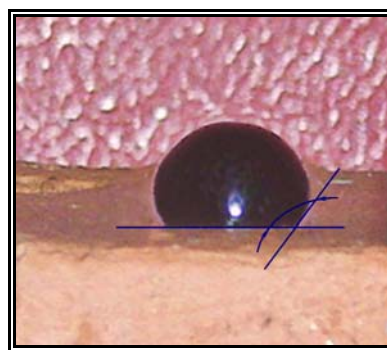


Рис. 5. Форма капли окрашенной жидкости (воды) на поверхности гидрофобизированного образца после водонасыщения и сушки

Как известно [6, 7], основными критериальными свойствами керамического кирпича являются водопоглощение, прочность при сжатии и морозостойкость, поэтому им уделялось особое внимание. Гидрофобизация поверхности способствует снижению водопоглощения, а в случае нанесения гидрофобизатора окунанием и выдержки в растворе в течение 60 с этот показатель можно снизить в 3–4 раза, что подтверждено экспериментально.

Большой интерес представляло изучение прочностных характеристик керамических образцов, результаты которого приведены на рис. 6. Наблюдается тенденция роста прочности на изгиб и соответственно на сжатие в зависимости от временных экспозиций погружения керамических образцов в гидрофобизирующий раствор.

Сделан вывод о том, что в течение 60 с происходит колюматация пор на поверхности и на определенной глубине керамического образца осуществляется некоторое заполнение части пор, что в сумме после отвердевания гидрофобизатора приводит к уменьшению количества дефектов на поверхности и, следовательно, к улучшению их прочностных характеристик.

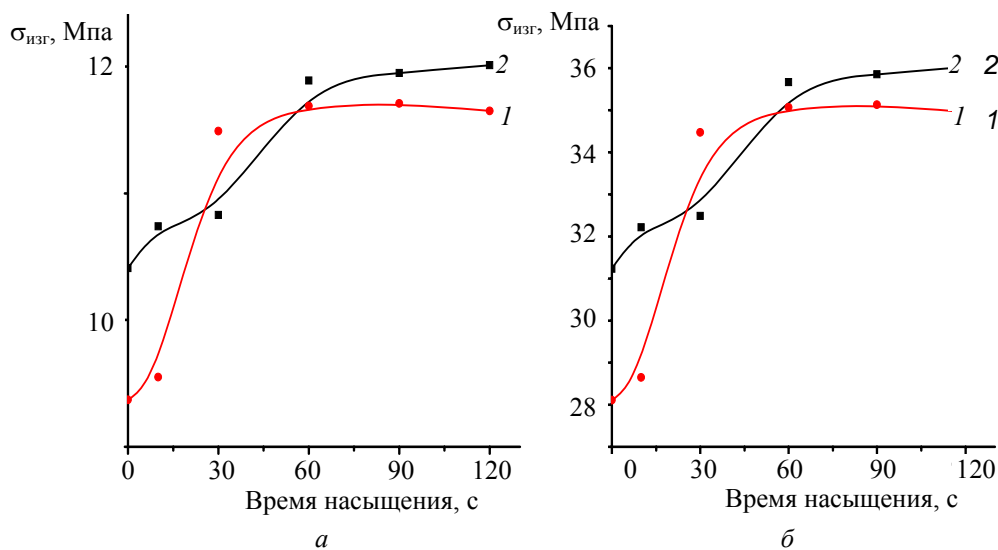


Рис. 6. Зависимость показателя прочности при изгибе (а) и сжатии (б) с учетом различной выдержки в гидрофобизаторе:

1 – образцы на основе глины месторождения «Осетки»; 2 – месторождения «Гайдуковка»

Установлено, что морозостойкость гидрофобизированных образцов, полученных из глин обоих месторождений, составляет 40 циклов попеременного замораживания и оттаивания и соответствует требованиям нормативно-технической документации на керамический кирпич.

Показатели свойств керамических образцов, полученных из кирпичных масс на основе глин месторождений «Осетки» и «Гайдуковка», приведены в табл. 2.

Комплекс показателей основных свойств (механической прочности, водопоглощения, морозостойкости) гидрофобизированного керамического кирпича позволил отнести его к продукции, соответствующей качеству, предусмотренному нормативно-технической документацией.

**Заключение.** На основании результатов проведенных исследований по изучению возможности гидрофобизации как перспективного способа улучшения качества стеновых керамических материалов сделаны обоснованные и экспериментально подтвержденные выводы о

том, что процесс обработки гидрофобизирующим и кольматирующим составом можно схематически представить следующим образом: приготовление гидрофобизирующего раствора → нанесение на керамический обожженный образец окунанием с выдержкой продолжительности 60 с → сушка при комнатной температуре при продолжительности 14 сут → передача готовой продукции для технического контроля и реализации.

После обработки керамических материалов гидрофобизирующим раствором оптимального состава поверхность их становится прочнее и приобретает водоотталкивающие свойства.

Гидрофобное покрытие защищает материал от капиллярного проникновения жидкости, увеличивает морозостойкость за счет исключения попадания влаги внутрь обработанного материала, не ухудшает теплоизоляционные характеристики, а главное, предотвращает образование высолов, появление трещин и защищает керамический кирпич от солевых и кислотных осадков.

Таблица 2

**Показатели свойств гидрофобизированных образцов**

Характеристики и свойства	Показатели свойств образцов на основе глины месторождений	
	«Осетки»	«Гайдуковка»
Адгезионная способность	Впитываемость отсутствует	Впитываемость отсутствует
Краевой угол смачивания, °	124	122
Водопоглощение (сушка 14 сут после обработки гидрофобизатором методом окунания), %	5,2–6,3	5,7–6,4
Механическая прочность, МПа		
– при изгибе	11,00–12,15	9,61–12,03
– при сжатии	33,00–36,45	28,83–36,09
Морозостойкость, цикл замораживания и оттаивания	40	40

Результаты исследований по улучшению водоотталкивающей способности и свойств керамического кирпича методом гидрофобизации проверены в условиях производства на ОАО «Керамика» (г. Витебск), ОАО «Керамин» (г. Минск), ОАО «Минский завод строительных материалов» и в сертифицированной лаборатории государственного предприятия «Институт НИИСМ» (г. Минск) и подтверждены соответствующими документами с положительной оценкой.

Таким образом, адсорбционные свойства гидрофобизированной поверхности при отсутствии впитывания жидкости в течение длительного времени подтверждают целесообразность проведения такой обработки, что, безусловно, приведет к увеличению срока эксплуатации зданий и сооружений при сохранении декоративно-эстетических характеристик главного строительного элемента – керамического кирпича.

#### Литература

1. Вакалова, Т. В. Причины образования и способы устранения высолов в технологии керамического кирпича / Т. В. Вакалова,

В. М. Погребенков, И. Б. Рева // Строительные материалы. – 2004. – № 2. – С. 30–31.

2. Альперович, И. А. Способы предотвращения высолов на глиняном кирпиче / И. А. Альперович, Б. Н. Бурмисторов. – М.: Стройиздат, 1977. – 276 с.

3. Соколов, Я. А. О выцветах на кирпиче ленинградских заводов / Я. А. Соколов // Строительные материалы. – 1938. – № 7. – С. 17–21.

4. Бирюк, В. А. Получение майоликовой и облицовочной керамики с пониженным водопоглощением на основе полиминеральных глин Республики Беларусь: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.17.11 / В. А. Бирюк; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 1999. – 21 с.

5. Сумм, Б. Д. Физико-химические основы смачивания и растекания / Б. Д. Сумм, Ю. В. Горюнов. – М.: Химия, 1976. – 232 с.

6. Августиник, А. И. Керамика / А. И. Августиник. – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с.

7. Бобкова, Н. М. Общая технология силикатов / Н. М. Бобкова, Е. М. Дятлова, Т. С. Куницкая. – Минск: Высш. шк., 1987. – 287 с.

*Поступила 31.03.2010*