

УДК 666.321

Е.М. Дятлова, доцент; Р.М. Маркевич, доцент; Е.С. Какошко, инженер;
В.А. Бирюк, ассистент; Г.И. Астровская, инженер

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛИКАТНЫХ БАКТЕРИЙ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Results of the investigation of biological treatment influence on some properties of clay disperse systems are presented. It is established, that biological processing of clays increases their plastic properties, durability of dry and fired samples and increase containing of fine-grained particles.

Общие тенденции развития керамического производства в Республике Беларусь – высокие темпы роста, повышение качества продукции, организация выпуска новых высокоэффективных видов изделий многофункционального назначения и применение более мощного керамического оборудования – предопределяют, в свою очередь, новые направления дальнейших научных поисков в этой области. В рыночных условиях развития народного хозяйства первостепенное значение приобретает экономное использование материальных и топливно-энергетических ресурсов, особенно в такой энерго- и ресурсоемкой отрасли, как производство строительной керамики.

До недавнего времени предприятия керамической отрасли строительных материалов Республики Беларусь довольно широко использовали для производства керамических изделий строительного и бытового назначения огнеупорные и тугоплавкие глины Украины и России. В последние годы, в связи с необходимостью импортозамещения сырьевых материалов, в производстве керамических изделий внедряются составы масс на основе местного глинистого сырья, позволяющие исключить использование дорогостоящих высококачественных привозных материалов и большие транспортные расходы.

Глинистое сырье Беларуси характеризуется полиминеральностью состава и значительным количеством примесных минералов: кварца, карбонатных и железистых включений, что оказывает негативное влияние на процессы спекания керамических материалов на основе данного сырья.

На основании работ, проведенных в Беларуси по геологической разведке и предварительным испытаниям на пригодность глинистого сырья ряда месторождений, установлено, что в республике имеются значительные запасы сырья для производства изделий строительной и бытовой керамики. Однако к числу причин, сдерживающих применение глинистого сырья, относится низкий уровень его освоения и отсутствие систематических исследований по возможности получения на их основе качественных керамических изделий с повышенными физико-техническими характеристиками.

Проведенные научные исследования глинистого сырья Украины и России учеными МХТИ им. Д.И. Менделеева (ФХТУ) А.С. Власовым, С.Н. Вайнбергом показали, что эффективным способом регулирования структурообразования глинистых дисперсий, изменения их качественных характеристик является введение в них биологического реагента – силикатных и других бактерий [1–6].

Подобные исследования на полиминеральных глинах РБ, которые существенно отличаются по химико-минералогическому составу и физико-химическим свойствам, не проводились и поэтому являются особенно актуальными.

Целью данной работы является исследование влияния биологической обработки на реологические, структурно-механические и сушильные свойства глинистого сыра Беларуси.

В качестве биологического реагента в исследованиях использовалась культуральная жидкость силикатных бактерий *Bacillus mucilaginosus*. Чистая культура этих бактерий на агаризованной среде образует довольно крупные, совершенно прозрачные, слизистые, выпуклые, с ровными краями колонии, напоминающие капли бесцветной жидкости. Культура спорообразующая, грамотрицательная. Размеры клеток, имеющие формы палочек, составляют 4–7 мкм в длину и 1,2–1,4 мкм в поперечнике, однако величина их, как и других микроорганизмов, не бывает строго постоянной и определяется характером питательной среды. Клетки располагаются на некотором расстоянии друг от друга, что вызвано наличием у них капсул. На рис. 1 представлены микрофотографии культуры силикатных бактерий *Bacillus mucilaginosus*, на которых видны очертания капсул. Капсула представляет собой студенистую, плотной консистенции массу, по химическому составу состоящую из полисахаридов или полипептидов. При старении капсулы наступает лизис, т.е. разрушение под действием ферментов, образующихся в процессе жизнедеятельности бактерий.

а)



б)



Рис. 1. Микрофотографии культуры силикатных бактерий *Bacillus mucilaginosus*: а – увеличение 5000*; б – увеличение 10000*

Сухой споровый материал этих бактерий был представлен институтом МолдНИИИстромпроект (г. Кишинев). На кафедре биоэкологии и биотехнологии БГТУ материал был размножен и подготовлен к обработке объекта исследований.

Объектом исследований явилась полиминеральная легкоплавкая глина месторождения “Гайдуковка” (Минская обл.), относящаяся к группе гидрослюдисто-каолинитомонтмориллонитовых глин. Особенностью этой глины является повышенное содержание кварца (до 35–38%, здесь и далее по тексту мас.%), карбонатов (до 5–8%) и красящих оксидов (в частности Fe_2O_3 до 6–9%). Кроме того, эта глина низкотемпературного спекания, неспекающаяся, умереннопластичная (число пластичности 11–13), среднедисперсная (содержание частиц размером менее 1 мкм составляет 43%).

Для проведения эксперимента пробы глины подвергали помолу до прохождения через сито №1 с последующим увлажнением и роспуском. Для установления влияния *Bacillus mucilaginosus* на свойства вышеуказанной глины были использованы суспензии

с различными концентрациями: 150, 100 и 75 млн. клеток в 1 мл. Изменение количества бактерий проводилось путем последовательного разведения культуральных жидкостей (таблица).

Таблица

Количество клеток бактерий *Bacillus mucilaginosus* в культуральной жидкости (КЖ) и опытных пробах

Порядок разведения	Количество бактериальных клеток в 1 мл КЖ, млн. шт.	Количество клеток на 100 г сухой глины при введении КЖ, млн. шт.	
		1 мл	2 мл
X	150	150	300
X/1,5	100	100	200
X/2	75	75	150

Подбор интервала концентраций бактерий осуществлялся исходя из литературных данных [1, 4, 6], а также из предварительных опытов, которые позволили установить начальные концентрации бактерий, оказывающих влияние на структурные характеристики исследуемых глин.

Суспензии бактерий трех концентраций (150, 100 и 75 млн. клеток в 1 мл препарата) вводились в глинистые дисперсные системы в количестве 2 мл на 100 г сухой глины: в суспензию из глины "Гайдуковка" с влажностью 50%, которая не изменялась с введением бактерий, так как количество воды корректировалось в зависимости от вводимой пробы бактерий, а также в пластическую массу из исследуемой глины с постоянной влажностью 18%.

Пробы указанных выше глинистых масс с введенными бактериями выдерживались в закрытом виде при комнатной температуре 18°C и в термостате при 30°C в течение 3, 5 и 7 суток. Наряду с биообработанными образцами выдержке при аналогичных условиях подвергалась проба глинистой массы с такой же влажностью, но без бактерий, именуемая в дальнейшем контрольной.

После каждого временного интервала исследовались основные свойства глин: пластичность, воздушная линейная усадка, коэффициент чувствительности к сушке, а также удельная поверхность и гранулометрический состав.

Зависимость изменения числа пластичности биообработанной глинистой массы на основе глины "Гайдуковка" от концентрации бактерий, введенных в суспензию при температуре 18°C, представлена на рис. 2,а. Как видно из приведенных данных, число пластичности контрольной пробы составляет 13,3. При выдержке ее в течение 7 суток число пластичности возрастает до 14,2, что обусловлено развитием процесса тиксотропии, т.е. более глубокой гидратации глинистых частиц, способствующей в некоторой степени диспергации частиц, однако это действие выражено слабо. Заметна определенная тенденция повышения числа пластичности с ростом концентрации бактерий и времени выдержки. Так, при максимальном содержании бактерий порядка 300 млн. клеток и времени выдержки массы до 7 суток число пластичности достигает 16.

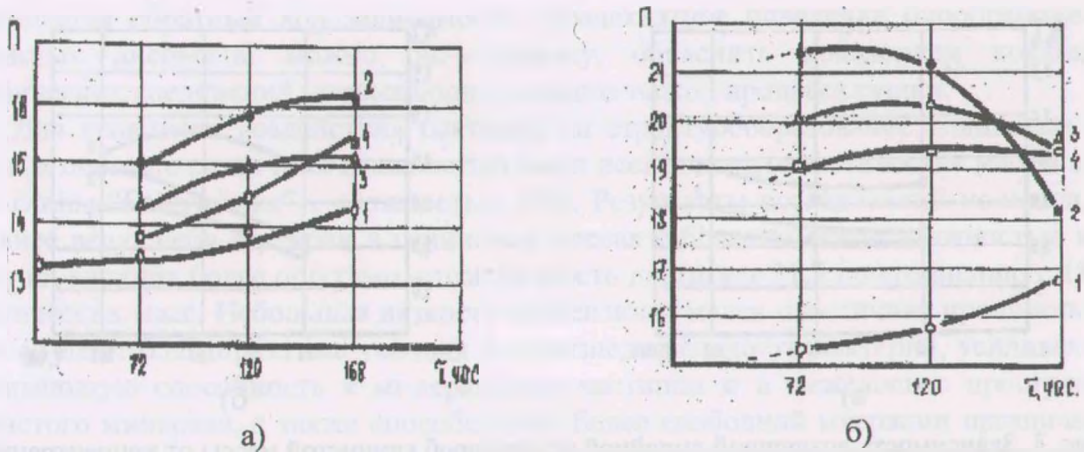


Рис. 2. Зависимость числа пластичности биообработанной глинистой суспензии ($W=50\%$) от концентрации бактерий и времени обработки: а – при температуре 18°C , б – при температуре 30°C

Повышение температуры до 30°C при введении концентраций бактерий 200 и 150 млн. клеток и выдержке в течение 3 суток способствует увеличению числа пластичности до 21,4, а при максимальной концентрации бактерий 300 млн. клеток число пластичности несколько уменьшается и составляет 18,2 (рис. 2, б). Такое поведение глины можно объяснить тем, что при этом происходит активизация естественной микрофлоры и накопление продуктов метаболизма, что приводит к незначительной агрегации частиц.

Повышение температуры биообработки до 30°C значительно интенсифицирует биологическое воздействие бактерий, увеличивает их подвижность и выделение продуктов жизнедеятельности, в том числе органических кислот, аминокислот, пептидов, поверхностно-активных веществ, что, несомненно, оказывает влияние на структурообразование глинистых дисперсий. Данный вывод подтверждается также многими исследователями [1–6].

Воздушная линейная усадка образцов после биообработки разными концентрациями бактерий при температуре 18 и 30°C имеет неодинаковые зависимости от этих факторов. Как видно из рис. 3 (а, б), усадка при 3-суточной выдержке составляет от 5,6 до 6,2% и с увеличением времени биообработки практически не меняется. Прослеживается тенденция некоторого повышения усадки на 0,6–0,8% с уменьшением концентрации бактерий.

С повышением температуры биообработки до 30°C наблюдается обратная зависимость: с увеличением количества бактериальных клеток усадка возрастает на 0,9–1,1%, что хорошо согласуется с данными по изменению пластичности материала. С увеличением времени выдержки усадка для образцов с малыми концентрациями бактерий (200 и 150 млн. клеток) повышается, а для максимальной концентрации (300 млн. клеток) сначала возрастает, а затем снижается, что также коррелирует с данными по пластичности проб (рис. 2, б). Небольшие колебания воздушной усадки образцов можно объяснить постоянным содержанием воды во всех опытных образцах суспензий.

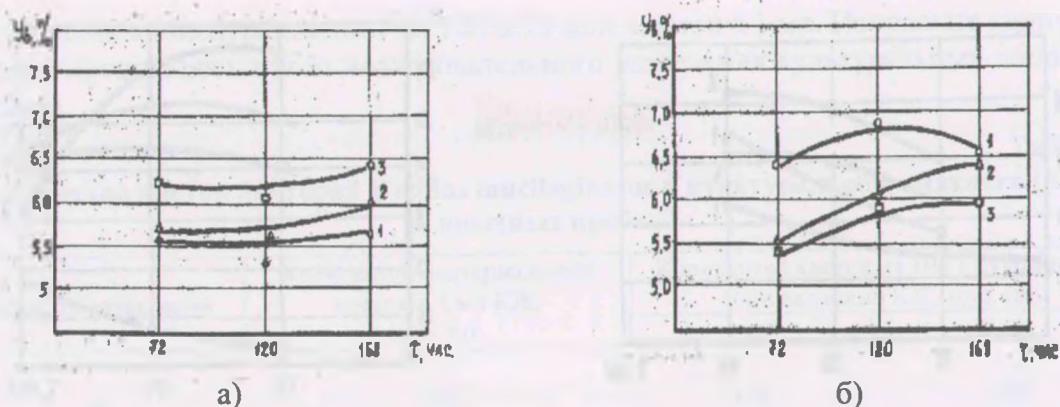


Рис. 3. Зависимость воздушной линейной усадки проб глинистой массы от концентрации бактерий и времени биообработки: а – при температуре 18°C, б – при температуре 30°C

Как известно, коэффициент чувствительности к сушке (K_d) является одним из самых основных технологических свойств глины, определяющим скорость и время процесса сушки, расход энергии на подогрев теплоносителя и необходимость использования отошающих материалов для ускорения процесса сушки. Данные по зависимости K_d (по З.А. Носовой) от параметров биообработки представлены на рис. 4(а, б). Установлено, что биообработка глинистой массы как при 18°C, так и при 30°C способствует снижению коэффициента чувствительности к сушке от 1,1 до 0,65–1,0 в зависимости от концентрации бактерий и времени биообработки.

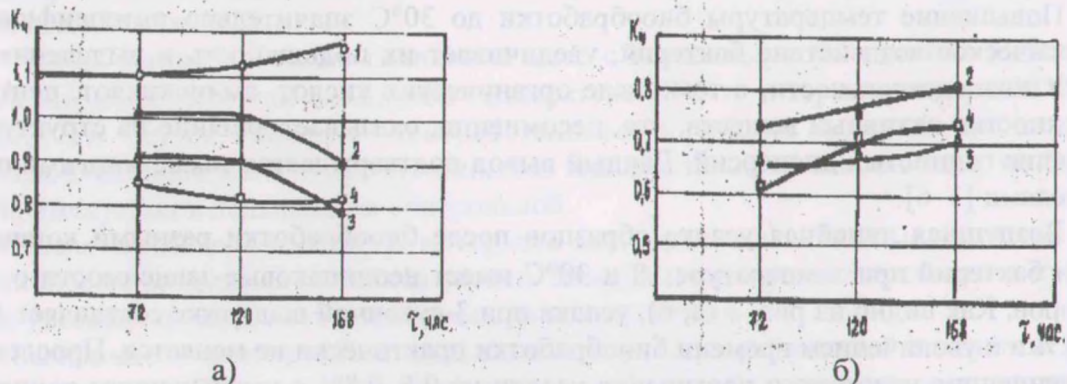


Рис. 4. Зависимость коэффициента чувствительности к сушке биообработанной глинистой массы от концентрации бактерий и времени биообработки: а – при температуре 18°C; б – при температуре 30°C

С увеличением концентрации бактерий коэффициент чувствительности к сушке биообработанных проб несколько повышается, однако все равно остается более низким, по сравнению с контрольной. С увеличением времени выдержки при температуре 18°C коэффициент чувствительности к сушке несколько уменьшается, а при 30°C не значительно, но постепенно растет. Как видно из приведенных данных (рис. 4), зависимость коэффициента чувствительности к сушке глины "Гайдуковка" недостаточно четко коррелирует с данными по пластичности (рис. 2). Логично было бы предположить, что повышение степени диспергации и в связи с этим пластичности увеличит количество гидратных оболочек и, следовательно, интенсифицирует усадочные явления. Однако

наблюдается обратный ход зависимости. Неадекватное поведение биообработанных глинистых дисперсий можно, по-видимому, объяснить появлением коллоидно-органических соединений, оказывающих влияние на ход процесса сушки.

Для сравнения воздействия бактерий на структурообразование глинистых дисперсных систем с различной влажностью были исследованы пластические массы на основе глины "Гайдуковка" с влажностью 18%. Результаты исследований показали, что активнее ведут себя бактерии в глинистых массах с более высокой влажностью и поэтому их влияние более ощутимо – пластичность достигает 21,5 по сравнению с 18 для пластических масс. Небольшая вязкость суспензии и малая пластичная прочность системы создают благоприятные условия для жизнедеятельности бактерий, усиливают их проникающую способность к минеральным частицам и в межслоевое пространство глинистого минерала, а также способствуют более свободной миграции органических продуктов жизнедеятельности бактерий. В пластических же массах создаются препятствия для миграции бактерий и их активной жизнедеятельности. Образующиеся продукты жизнедеятельности бактерий (метаболиты) адсорбируются на активных участках глинистых частиц, что приводит к замедлению процессов диффузии и ослаблению воздействия бактерий.

В ходе исследований было также установлено влияние биологической обработки глины "Гайдуковка" на гранулометрический состав, т.е. процентное содержание зерен различной величины. Определено, что в результате биообработки этой глины происходит увеличение количества частиц размером менее 1 мкм. Так, содержание частиц размером менее 1 мкм в исходной глине составляло 35–40%, а после биообработки с выдержкой от 3 до 5 суток при температуре 30°C это содержание составило 48–50%. Наибольшее увеличение содержания тонкодисперсных частиц наблюдается при временной выдержке 5 суток.

Таким образом, в результате проведения исследований установлено, что на эффективность обработки глинистых масс на основе глины месторождения "Гайдуковка" силикатными бактериями *Bacillus mucilaginosus* влияют следующие факторы: концентрация бактерий, продолжительность воздействия, температура биообработки и влажность массы. Для улучшения технологических свойств исследуемой глины определены оптимальные режимы биообработки – температура процесса 30°C, концентрация бактерий 300 млн. клеток, влажность глины 50%, продолжительность воздействия 5–7 суток. Биообработка глины способствует повышению содержания частиц размером менее 1 мкм, увеличению пластичности, уменьшению воздушной линейной усадки и коэффициента чувствительности к сушке, что позволяет оказывать благоприятное влияние на процессы формования и сушки керамических изделий.

Обозначения

W – влажность; П – число пластичности; U_v – воздушная усадка; K_c – коэффициент чувствительности к сушке; ○ – контрольный образец (без бактерий); ● – глина, обработанная бактериями с концентрацией 300 млн. клеток; ▲ – глина, обработанная бактериями с концентрацией 200 млн. клеток; ■ – глина, обработанная бактериями с концентрацией 150 млн. клеток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнберг С.Н., Власов А.С., Скрипник В.П. Обработка глины силикатными бактериями // Стекло и керамика. – 1980. – №8. – С. 14–16.

2. Реологические свойства шликера, обработанного бактериями / В.В. Баранов, С.Н. Вайнберг, А.С. Власов и др. // Стекло и керамика. – 1985. – № 4. – С. 18–19.

3. Влияние биообработки на технологические свойства шликера и прессовок: Экспресс-информация / А.С. Власов, Ю.В. Ножникова, В.В. Баранов и др. – М., 1985. – С. 3–7. (Промышленность строительных материалов. Сер. 5. Керамическая промышленность. Вып. 3).

4. Структурообразование глинистых дисперсий, обработанных силикатными бактериями / С.Н. Вайнберг, А.С. Власов, В.П. Скрипник, Г.З. Комский и др. // Стекло и керамика. – 1981. – № 9. – С. 17–19.

5. Биотехнология в керамической промышленности / В.В. Баранов, С.Н. Вайнберг, А.С. Власов и др. // XIV Конференция силикатной промышленности и науки о силикатах. – Будапешт. – Т. 4. – С. 125–130.

6. Баранов В.В. Влияние биообработки керамических масс на свойства и технологию облицовочных плиток: Автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.17.11 / МХТИ им. Д.И. Менделеева. – М. – 1985. – 15 с.

УДК 666.762

Е.М. Дятлова, доцент; С.А. Гайлевич, доцент; С.Л. Радченко, аспирант;
Е.А. Бирюк, ассистент

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПОРИЗАЦИИ

The main properties of thermoinsulating ceramic materials carried out by means of the method of pore formation (foam- and gas formation of faded additives) have been investigated. Sample synthesis has been carried with using of raw materials of the Republic of Belarus.

Производство и применение теплоизоляционных материалов снижает материалоемкость, экономит топливо и способствует интенсификации тепловых процессов.

В Республике Беларусь нет производства тугоплавких и огнеупорных теплоизоляционных материалов, их импортируют из-за рубежа. В связи с этим использование имеющейся сырьевой базы РБ (тугоплавкие глины, каолины, карбонатные породы, недорогие топливные ресурсы) для получения теплоизоляционных материалов технологически оправдано и экономически целесообразно.

Поэтому целью данного исследования является разработка составов масс и процессов получения тугоплавких керамических теплоизоляционных материалов с использованием сырья РБ.

Отличительным свойством теплоизоляционных материалов и изделий является высокая пористость, существенно снижающая их теплопроводность. На теплопроводность большое влияние оказывает вид пористой структуры материала, размер и форма пор. Лучшую теплоизоляционную способность имеют материалы с замкнутыми сферическими порами [1]. С увеличением размеров пор и превращением их в открытые каналы ухудшаются теплозащитные свойства. Поэтому всегда стремятся создавать теплоизоляционные материалы, характеризующиеся равномерно распределенной мелкопористой структурой, для которой направление теплового потока незначительно отражается на изменении теплопроводности материала. Формирование такого типа структуры способствует также повышению прочности высокопористых изделий. В реальных ма-