

УДК 579.69:666 (575.2) (04)

**ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
НА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА***

М.Т. Касымова – канд. техн. наук, доцент,

А.С. Мавлянов – докт. техн. наук, профессор,

М.А. Джусупова – канд. техн. наук, доцент

In the work researches review of soil quality improving is presented. Authors offer microbiologic processing of clay loam of Kyrgyzstan for improving of form quality of clay mass and physics – technical quality of ceramics models.

Глиняное сырье, применяемое для производства керамического кирпича, не отличается стабильностью свойств, что отрицательно сказывается на качестве готовой продукции. В керамической промышленности качество сырья определяется химическим, минералогическим, гранулометрическим составами и пластичностью.

При производстве кирпича пластическим способом наиболее эффективным переделом является рыхление и измельчение глинистой породы. На этом этапе создается такая структура материала, которая обеспечит стабильность пластических свойств, равномерность водозатворения и как следствие – стабильность процесса формования и бездефектность сушки.

Самым эффективным способом переработки массы, при котором достигается наилучшее разрушение естественной структуры, является промораживание и вылеживание глины. Даже кратковременное вылеживание глин с периодической поливкой водой ускоряет процесс разрушения естественной структуры и способствует

полному набуханию материала. Проникая во все поры массы, вода ослабляет существующие в материале связи. При этом происходит также и некоторая перегруппировка частиц. С течением времени глина в этих условиях приобретает мелкокомковатую структуру, обеспечивающую полное и равномерное ее увлажнение.

Искусственное увлажнение глинистой массы заметно отличается от естественного. При искусственном (быстром) водозатворении влага не успевает равномерно распределиться по объему материала. Длительность процесса формования – от водозатворения до резки бруса – составляет всего около 2-х мин, в то время как для завершения процесса замочания и набухания даже хорошо проработанных глин требуется несколько часов, а для высокопластичных глин – и несколько суток. Поэтому быстрое водозатворение плохо проработанных сухих глин неизбежно ведет к неравномерному их замачиванию и набуханию. Это приводит к различному напряженно-деформированному состоянию, способствующему разрывам изделия даже при нормальном режиме сушки. Следовательно, для формования сырца выгоднее, с точки зрения качества готовых изделий, использовать замоченные и набухшие глины, в отдельных случаях даже искусственно увлаж-

* В работе принимали участие Л.Г. Поветьева, Э.К. Сардарбекова, А. Козубаева – инженеры, Ч. Баканов, Ж. Акматова, Э. Кыштобаев – студенты.

няя их в шихтозапасниках. Таким образом, подготовка и переработка глинистого сырья, обеспечивающая улучшение его пластичности, является технологическим переделом, определяющим, в конечном счете, качество готовой продукции.

Установлено, что глина является продуктом разрушения горных пород, представленных смесью глинообразующих минералов – “глинистой субстанции”, минералов-примесей и различной органики. Микроскопические исследования показали, что скелетная часть пород, определяемая размерами зерен от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров, состоит в основном из эруптивных минералов, кварца и других составляющих. Многочисленные данные в этой области можно найти в работах К.К. Глинки, А. Трусова, В.В. Батурина, К. Трутневой, А. Филипповой. Генезис этих минералов связан с условиями образования эруптивных пород, то есть с высокими температурами и давлением. Указанные минералы не являются характерными для осадочных пород, не связаны с их генезисом и не определяют их сущности и тех специфических свойств, которыми они отличаются от изверженных пород.

В 1941–1942 гг. И.Д. Седлецкий установил, что коллоидная часть осадочных пород – наиболее характерная часть класталитов (термин “класталиты” в осадочной петрографии обозначает рыхлые породы) – состоит из таких характерных вторичных минералов осадочных пород, как монтмориллонит, каолинит, иллит, галлуазит.

Микроминералы, или коллоидно-дисперсные минералы (аргиллиты) – это особый мир мельчайших минералов, обладающих своеобразными свойствами. Впервые значение коллоидно-дисперсных минералов оценил А. Брейтгаупт, осветивший роль студенистого состояния минеральных веществ в формировании и возникновении коллоидно-дисперсных минералов. Согласно теории каолинового ядра акад. В.И. Вернадского, “...выветривание изверженных пород сводится ... к отщеплению боковых цепей и к полному сохранению каолинового ядра. Разрушение последнего может протекать только при участии жизни, живых организмов”.

По мнению Б.Б. Польшова, в первой фазе из продуктов выветривания выщелачиваются хлор и сера, во второй – щелочные и щелочно-

земельные элементы. Выщелачивающиеся в этой стадии кальциево-натриевые соединения обладают большей подвижностью, нежели магниально-калийные. В третьей фазе удаляется кремнезем силикатов. Наконец, в четвертой фазе происходит перемещение полуторных окислов. Это положение подтверждается и исследованиями В.Г. Александрова и Т.А. Зака. Следовательно, в коре выветривания всегда можно обнаружить смесь первичных и вторичных минералов. Причем различные минералы имеют разную скорость процесса выветривания и находятся на различных стадиях химического выветривания. По данным Джексона и Шермана, существуют четыре стадии химического выветривания.

Под термином “физическое выветривание” обычно понимают разрушение, измельчение горных пород, а под термином “химическое выветривание” – разложение, сопровождающееся изменением химического состава компонентов среды. При этом минеральные соединения в ионной форме переходят в почвенный раствор.

Исследования В.И. Вернадского и Б.Б. Польшова показали, что в условиях поверхности земли нет особого стерильного, абиотического, механического и химического выветривания. Процесс этот возникает в результате воздействия на минералы комплекса факторов и происходит при активном участии живых организмов, продуктов их жизнедеятельности и распада.

Такое физическое действие, как разрушение и раздробление горных пород приводит к созданию частиц с новыми свойствами и влечет за собой увеличение свободной поверхности раздела между частицами минералов и окружающей средой. С ростом свободной поверхности частиц громадное количество молекулярных сил, которые до раздробления твердого тела уравнивались между собой, после раздробления вступают во взаимодействие с новой средой. Возникают предпосылки изменения химических свойств выветривающихся материалов.

В основе биологического выветривания лежит в первую очередь химическое взаимодействие между продуктами жизнедеятельности живых существ и минералами. Таким образом, все три перечисленных типа выветривания происходят в природе при почвообразовании и тесно взаимосвязаны.

В результате обзора литературных источников в области биотехнологий у нас появилась идея использовать способность микроорганизмов разлагать калийалюмосиликаты для активизации (облагораживания) среднеазиатских глинистых суглинков, применяемых в керамической промышленности.

И.К. Сурман показала, что способность разлагать калийалюмосиликаты присуща не только силикатным бактериям, но и микроорганизмам самых различных видов. С.Н. Вайнберг, А.С. Власов и В.П. Скрипник [1] проводили обогащение глинистого сырья с помощью силикатных бактерий.

В цели и задачи исследования входила обработка глинистого сырья различными штаммами микроорганизмов и сухими препаратами бактерий, это позволяло увеличить число пла-

стичности глинистого сырья. Для экспериментальных исследований были использованы глинистые суглинки различных месторождений Кыргызстана: Ала-Арча, Токмок и Башкара-Суу. В качестве микробиологического реагента использованы бактерии рода *Bacillus mucilaginous* subsp. novo *siliceus*, а также *Bacillus Thuringiensis*.

Культура силикатных бактерий представлена выпуклыми обильно и умеренно слизистыми колониями округлой формы с ровными краями, бациллы – спорообразующие аэробы. Бактерии рода *Bacillus Thuringiensis* (BT) выращивались на агаризованной среде с белково-витаминным концентратом. Бактерии рода *Bacillus Siliceus* (BS) выделены из мхов долины реки Аламедин по методике, предложенной В.Г.Александровым и Г.А.Заком. *Bacillus mucilaginous* subsp. novo *siliceus*, а также *Bacillus*

Таблица 1

Число пластичности глиняных масс, обработанных живой культурой микроорганизмов

Месторождение	Микробиологический реагент	Число пластичности			
		Время вылеживания глиняного теста, сутки			
		1	3	7	14
Ала-Арча	Эталон	3,8	3,9	4,1	4,6
	<i>Bacillus thuringiensis</i> I	6,2	6,4	6,8	7,3
	II	6,4	6,7	7,1	7,5
	III	6,9	7,9	8,4	9,6
	IV	7,1	8,0	8,6	9,7
	<i>Bacillus siliceus</i> I	5,4	6,0	7,8	8,0
	II	5,7	6,3	8,0	8,6
	III	5,9	6,4	8,5	10,9
	IV	6,1	6,5	8,5	10,4
	Башкара-Суу	Эталон	4,2	4,6	4,8
<i>Bacillus Thuringiensis</i> I		6,9	9,3	9,3	9,6
II		10,3	10,3	10,5	11,8
III		8,8	9,0	9,4	12,3
IV		9,0	9,5	9,5	10,4
<i>Bacillus siliceus</i> I		7,0	9,0	9,1	10,1
II		8,9	9,5	10,4	10,6
III		10,1	10,2	10,8	11,6
IV		10,3	10,5	10,5	10,5
Токмок		Эталон	9,4	9,7	10,8
	<i>Bacillus thuringiensis</i> I	9,9	11,0	11,27	15,5
	II	10,5	10,7	11,7	16,8
	III	12,0	16,2	18,8	20,0
	IV	13,2	16,5	19,3	19,1

Таблица 2

Изменение пластичности глинистых суглинков в результате обработки споровой формой (сухими препаратами)

Месторождение	Вид обработки	Время вылеживания глинистого сырья, сутки			
		1	3	7	14
Ала-Арча	Эталон	3,8	3,9	4,1	4,6
	0,1% дендробациллина	7,1	8,0	8,9	10,2
	0,2% дендробациллина	7,3	9,0	9,0	11,8
	0,5% дендробациллина	7,4	9,0	9,9	12,0
	0,1% эктопаразитина	4,8	5,4	6,2	6,8
	0,2% эктопаразитина	6,8	8,0	9,8	10,9
	0,5% эктопаразитина	8,0	8,5	10,7	12,0
Башкара-Суу	Эталон	4,2	4,6	4,8	5,1
	0,1% дендробациллина	6,4	8,4	10,4	11,2
	0,2% дендробациллина	8,9	9,4	11,9	13,7
	0,5% дендробациллина	9,2	9,4	11,8	13,6
	0,1% эктопаразитина	5,4	6,0	6,5	6,6
	0,2% эктопаразитина	9,3	9,9	10,1	12,5
	0,5% эктопаразитина	9,6	10,5	10,0	12,0
Токмок	Эталон	9,4	9,7	10,8	11,6
	0,1% дендробациллина	10,0	11,0	12,9	13,6
	0,2% дендробациллина	10,0	11,9	13,4	14,2
	0,5% дендробациллина	10,4	11,8	12,8	13,5
	0,1% эктопаразитина	10,0	11,9	12,3	13,7
	0,2% эктопаразитина	12,5	13,0	14,4	16,0
	0,5% эктопаразитина	13,5	14,0	14,8	16,0

Thuringiesus использовались в 4-х концентрациях: 50, 75 и 100 и 150 тыс. микробных клеток [2–9]. В качестве сухого препарата была использована споровая форма препарата *Bacillus Thuringiesus* (BT).

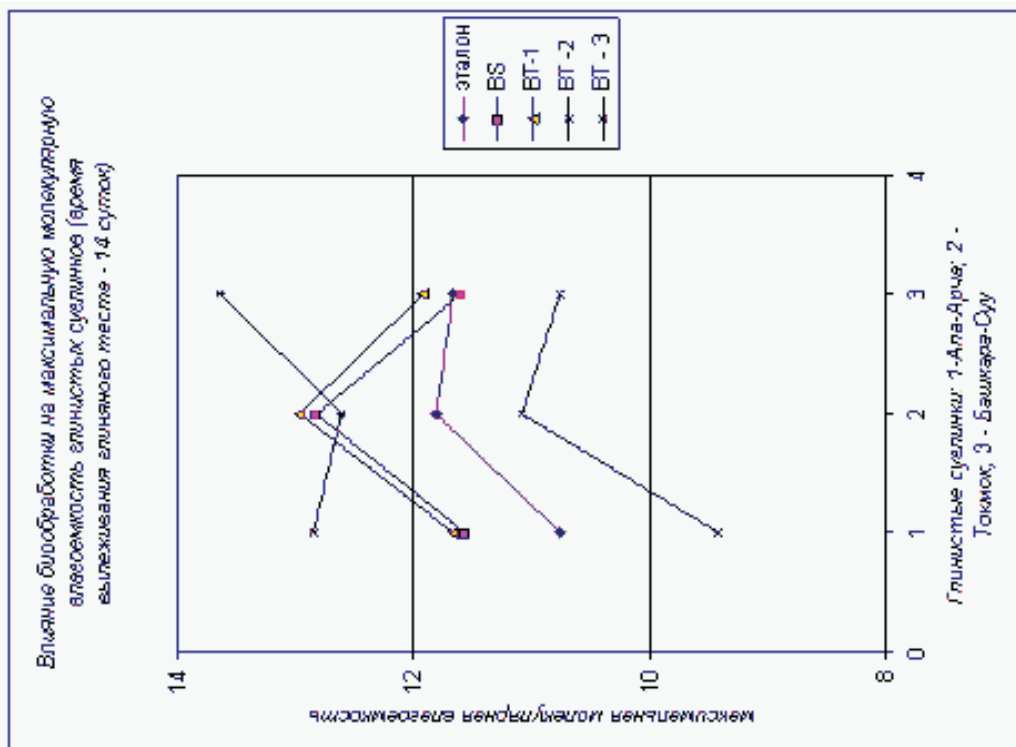
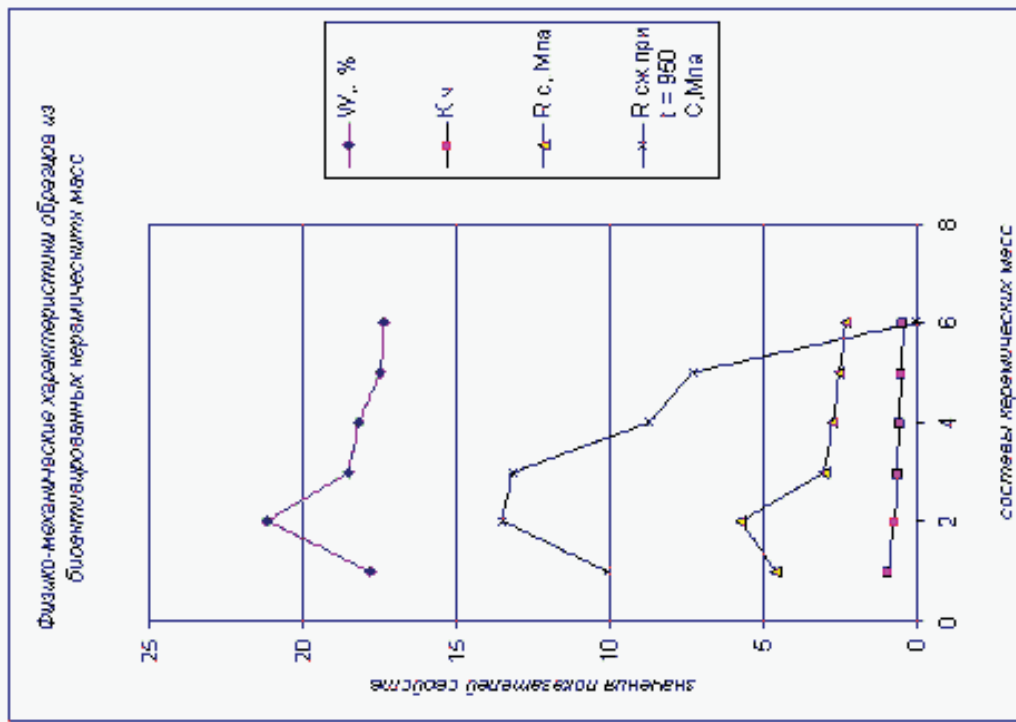
На основе штамма *Bacillus thuringiensis* вырабатываются препараты “Эктопаразитин” и “Дендробациллин”, представляющие собой тонкодисперсный порошок серо-желтого цвета с плотностью 1,2–1,4 кг/куб.м. Сухой препарат вводился с частью воды в высушенный и просеянный глинистый суглинок.

При определении числа пластичности дополнительно определяли максимальную молекулярную влагоемкость по методу влагоёмких сред. Для определения числа пластичности были выбраны следующие методики: верхний предел пластичности (предел текучести) определялся с помощью балансирного конуса (ГОСТ 5180-84), нижний – методом раскаты-

вания (ГОСТ 21216-81). Определение числа пластичности проводилось для эталонных и обработанных микроорганизмами глинистых суглинков указанных выше месторождений.

Результаты экспериментов показали, что биообработка глинистых суглинков живой культурой штаммов BS и BT приводит к увеличению числа пластичности в 2–3 раза в течение 3–14 суток. Это позволяет переводить сырьё из класса малопластичного в класс умереннопластичного и пластичного материала.

В качестве активизатора может быть использована не только вегетативная, но и споровая форма указанных выше штаммов микроорганизмов. Внедрение микробиологической обработки глинистого сырья живой культурой микроорганизмов обуславливает необходимость создания на предприятии микробиологической лаборатории со своим штатом и специфическими условиями труда. По этой причине



Максимальная молекулярная влагоемкость глинистых суллинок и физико-механические характеристики образцов

целесообразнее применять спорую форму микроорганизмов, используя сухие препараты, выпускаемые промышленностью для разных целей.

В табл. 1 приведены данные экспериментальных исследований по влиянию *Bacillus thuringiensis* и *Bacillus siliceus* на изменение числа пластичности исследуемых глинистых суглинков. Концентрация живых культур микроорганизмов была представлена в количестве: 50, 75 и 100 и 150 тыс. микробных клеток, как было указано выше.

Динамика поведения активизации глинистых суглинков представленными реагентами микроорганизмов позволяет заключить, что воздействие микроорганизмов на изменение числа пластичности зависит от времени вылеживания и концентрации реагента. Установлено, что лучшие показатели по пластичности для обоих видов микроорганизмов отмечаются при концентрациях реагентов 75 и 100 тыс. микробных клеток во всех сроках вылеживания. Однако в случае необходимости уменьшения срока вылеживания глинистого теста необходимо повышать концентрацию микробных клеток до 150 тыс. При этом в 3-суточном возрасте число пластичности достигает значений, превышающих эталон почти в 2 раза.

В табл. 2 приведены экспериментальные данные изменения числа пластичности исследуемых глинистых суглинков при обработке сухими препаратами бактерий – дендробацилином и эктопаразитином. Обработка глинистых суглинков сухими препаратами бактерий также показала увеличение числа пластичности при разных количествах добавки, а также в зависимости от сроков вылеживания. Однако при обработке сухими препаратами токмакского суглинка число пластичности не дает такого высокого показателя.

На рисунке приведена максимальная молекулярная влагоемкость глинистых суглинков месторождений Ала-Арча, Токмок и Башкара-Суу и физико-механические характеристики образцов из биоактивированных керамических масс.

Экспериментальные данные приведены для эталонных образцов и образцов, обработанных *Bacillus Siliceus* (BS), в концентрации 75 тыс. микробных клеток. *Bacillus Turingiensis*

(BT) использовали в 3-х концентрациях: 75, 100 и 150 тыс. микробных клеток.

Литература

1. Химия и технология технологических силикатов / Вайнберг С.Н., Власов А.С., Скрипник В.П. Обогащение глинистого сырья с помощью “силикатных бактерий”. МХТИ им. Д.И. Менделеева. – Вып. 116. – М., 1980.
2. Мавлянов А.С., Касьмова М.Т. Поветьева Л.Г. Микробиологическая обработка глин месторождений Кыргызстана // Труды молодых ученых / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Ч. 1. – 2001. – С. 123–127.
3. Касьмова М.Т., Мавлянов А.С., Поветьева Л.Г. Способ обработки керамических масс. Патент №635. Зарегистр. в гос. реестре изобретений КР от 28.02.2004 г. Бюллетень №2. Кыргызпатент. – Бишкек.
4. Мавлянов А.С., Касьмова М.Т., Нестеренко В.В. Масса для изготовления крупноразмерной керамики. Патент №634. Зарегистр. в гос. реестре изобретений КР от 28.02.2004 г. Бюллетень №2. Кыргызпатент. – Бишкек.
5. Касьмова М.Т., Поветьева Л.Г., Сардарбекова Э.К. Влияние микробиологической обработки на химический, минералогический и гранулометрический составы глинистых суглинков: Сб. трудов междунар. семинара “Проблемы моделирования и развития технологии получения керамики”. МНТЦ. – Бишкек: Изд-во КРСУ. – С. 5.
6. Касьмова М.Т., Сардарбекова Э.К. Исследование глинистых суглинков для производства изделий грубой строительной керамики // Вестник КРСУ. – 2005. – Т. 5. – №3. – С. 4.
7. Касьмова М.Т. Сырьевая смесь и способы ее обработки при производстве кирпича // Вестник Кыргызпатента “Вопросы интеллектуальной собственности”. – 2005. – №2.
8. Микробиологическая обработка глин месторождений Кыргызской республики: Отчеты о НИР / Кыргызско-Российский Славянский ун-т; руководитель темы М.Т. Касьмова, 2002–2006 гг.
9. Касьмова М.Т. Вяжущие вещества и бетоны из техногенного и природного сырья. – Бишкек, 2007. – 326 с.