DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-19-29

*Свергузова С.В. *, доктор технических наук, профессор,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,
Шайхиев И.Г., доктор технических наук, профессор,
Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия,
Том Отити, доктор философии, профессор, Нобелевский лауреат 2007 г.,
Университет Макерере, Уганда,
Сапронова Ж.А., доктор технических наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия*
*Ответственный автор E-mail: pe@intbel.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И МОРОЗОСТОЙКОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕЛАСНОЙ БАРДЫ В КАЧЕСТВЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ

Аннотация: известны способы изготовления керамических материалов с использованием в качестве пластифицирующей добавки сульфитно-спиртовой барды (ССБ), фильтрата цитрата кальция (ФЦК), являющегося жидким отходом производства лимонной кислоты микробиологическим способом. Однако введение в сырьевую смесь ССБ недостаточно снижает формовочную влажность и осыпаемость сформованных изделий, а существенным недостатком ФЦК является низкая прочность изделий на сжатие при большой объемной массе образцов.

В работе исследована возможность использования в качестве пластифицирующей добавки к глиняной массе отхода спиртовой промышленности – меласной барды. В составе мелассы содержатся остатки аминокислот и другие органические вещества, которые оказывают пластифицирующее действие на глинистые материалы. На примере природных глин трех различных месторождений доказано пластифицирующее действие меласной барды, причем число пластичности исследованных глин возрастает прямо пропорционально увеличению добавки меласной барды в глиняную сырьевую смесь. Показано, что введение в сырьевую смесь меласной барды приводит к улучшению внешнего вида керамических изделий, снижению трещиноватости, повышению прочности для Веселовской глины на 7%, для Орловской глины на 67%, для Бессоновской – на 23%.

Исследование полученных керамических образцов на морозостойкость в соответствии с требованиями ГОСТ показали высокую морозоустойчивость изделий с добавкой меласной барды в отличие от изделий, не содержащих добавку барды. Отмечено также пониженное снижение прочности и потери массы образцов, содержащих добавку меласной барды.

Ключевые слова: керамические материалы, пластифицирующие добавки, меласная барда, трещиноватость, прочность, морозостойкость

Введение

Из литературных источников известно производство керамических материалов из сырьевых смесей, в состав которых могут входить глины и глинистые материалы (кирпичные глины, аргиллиты, сланцы и др.), отошающие добавки (шамот, кварцевый песок и др.), выгорающие добавки (например, солома, опилки, зола). Вода вводится для облегчения процесса формования [1-5]. Важнейшими технико-экономическими показателями технологического процесса производства строительной керамики является водопотребность смеси твердых сырьевых компонентов и связанные с ней влажность сырца, затраты энергии на сушку, величина объемной деформации изделий. Влажность сырца можно понизить введением в сырьевую смесь поверхностно-активных веществ (ПАВ) [6-11].

Известен способ изготовления керамических материалов с использованием сульфитно-спиртовой барды (ССБ) в качестве пластифицирующей добавки [12]. Однако, введение ССБ недостаточно снижает формовочную влажность и осыпаемость составляет примерно 19% [13]. Снижение формовочной влажности и осыпаемости сформованных изделий может быть достигнуто также при введении в сырьевую смесь в качестве пластифицирующей добавки фильтрата цитрата кальция (ФЦК), являющегося отходом в производстве лимонной кислоты биологическим способом [14]. Но существенным недостатком данного способа является низкая прочность на сжатие при большой объемной массе образцов.

Нами исследована возможность использования отхода спиртовой промышленности – меласной барды – в качестве пластифицирующей добавки в глиняные смеси в производстве красного керамического кирпича.

Мелассная барда образуется при сбраживании мелассы, при этом сахаромидеты используют только 45-50% ее сухих веществ, остальные переходят в барду. Химический состав барды зависит, главным образом, от качества мелассы, а также от технологии переработки ее на спиртовом заводе. Химический состав мелассы и сгущенной последрожевой мелассной барды представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сгущенной последрожевой мелассной барды, %

Table 1

Chemical composition of condensed afterburner molasses, %

Вещества	Меласса	Барда
Сухие вещества	70	53,2
Органические вещества	61,72	33,52
Общий азот	1,02	2,57
Белковый	0,21	0,38
Протеиновый эквивалент	6,34	16,97
Белок	1,31	2,37
Жир	-	0,89
Безазотистые экстрактивные вещества	55,41	15,66
Сахара	47,55	1,04
Зола	8,24	19,68
Калий	2,81	9,15
Натрий	0,61	1,43
Магний	0,15	0,14
Кальций	0,74	0,56
Фосфор	0,01	0,02
Сера	0,07	0,11

Как видно из табл. 1, в составе мелассной барды содержатся остатки аминокислот, бетаин, белок, которые оказывают пластифицирующее воздействие на глинистые материалы [15].

Механизм воздействия глин с электролитами и пластифицирующей добавкой очень сложен и полностью зависит от природы глинистых частиц, а также от свойств и строения самой пластифицирующей добавки [16]. Мелассная барда является более сильным электролитом, чем вода, поэтому у поверхности элементарного зерна глинистого минерала происходят сложные процессы. Мелассная барда имеет в своем составе много аминокислот, которые обладают специфическими особенностями.

Аминокислоты содержат одновременно основную (аминную) и кислотную (карбоксильную) группы. Для карбоксильной группы характерна особенность отщеплять протон (диссоциация), в то время как аминогруппа, напротив, склонна к присоединению протона. Поэтому аминокислоты являются амфотерными соединениями.

В сильнокислотной среде биполярный ион аминокислоты превращается в катион, способный двигаться к катоду в электрическом поле [17].

Поэтому при введении мелассной барды в качестве пластифицирующей добавки в глину, будет образовываться следующая система (рис. 1):

Рис. 1. Механизм ориентации молекул вокруг глинистой частицы (⊖)

Fig. 1. Mechanism of orientation of molecules around clay particle (⊖)

Силами электростатического взаимодействия молекулы воды ориентируются своим положительным концом H^+ по направлению к отрицательному заряду зерна и плотно окружают его поверхность, создавая мономолекулярный и полимолекулярный слой, в который вмешиваются катионы аминокислот своим положительным концом [18].

Молекулы аминокислот и воды соединены друг с другом с помощью водородных связей. Таким образом, добавленная в керамические изделия мелассная барда позволяет понизить влажность сырца, объемные деформации при сушке (воздушную усадку), сократить время сушки и затраты энергии, снизить стоимость керамики, а также позволяет использовать промышленный отход, осуществить комплексную переработку сырья при производстве этилового спирта, что имеет как экономическое, так и экологическое значение. Именно наличие в мелассной барде аминокислот явилось предпосылкой для предположения возможности использования мелассной барды в качестве пластифицирующей добавки в глиняные смеси при производстве керамического кирпича.

Материалы и методы

Основными сырьевыми компонентами были природные глины Веселовского (Украина), Орловского и Бессоновского месторождений Белгородской области, кварцевый песок и мелассная барда Веселополпанского спиртового завода (Белгородская область).

Характеристика глин, используемых в данной работе, представлена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика глинистых материалов

Table 2

Characteristic of clay materials

Глинистый материал	Химический состав, масс. %									Физико-химические свойства		
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п	теплота смачивания, Дж/Гр	максимальная адсорбция, кг/г	коэффициент набухаемости
Веселовская глина	52-54	33,3	0,8-1,0	1,2-1,4	0,58-0,84	0,36-0,39	1,3-1,7	0,2-0,4	9,4-10,3	5,7	298,6	3,1
Орловская глина	33,03	1,98	1,11	0,8	0,43	0,336	0,2	0,38	1,46	27,3	175	0,82
Бессоновская глина	46,45	5,55	2,59	0,62	0,49	0,44	0,41	0,38	2,59	23,5	155	0,6

Для производства кирпича применяют полиминеральные глинистые породы. Лучшими технологически свойствами обладают глинистые породы, состоящие преимущественно из каолинита и гидрослюда. Каолинитовые глины включают каолинит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$) и галлузит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot (2-4)H_2O$). Каолинит при увлажнении впитывает и прочно удерживает небольшое количество воды, а при сушке сравнительно легко отдает присоединенную воду. Группа гидрослюдов наиболее часто встречается в составе кирпичных глин и по водным и технологическим свойствам близка к каолиниту.

Пластифицирующую способность барды к глине определяли согласно ГОСТ 21216.1-93 [19]. Количественной мерой пластичности служит число пластичности П, которое определяется как разность между содержанием воды в испытуемой смеси при пределе текучести и при пределе раскатывания глины:

$$П = W_T - W_p,$$

где W_T и W_p – влажность предела текучести и раскатывания, соответственно, %.

Началом текучести глиняных смесей считают такую консистенцию, при которой бороздка, проведенная в массе стеклянной палочкой, через 30 сек совершенно исчезает. Нижним пределом пластичности считается такое состояние глиняного теста, при котором оно теряет способность к слипанию при раскатывании в жгуты и нити. Нижнюю границу текучести определяют с помощью прибора А.П. Васильева; границу раскатывания – путем раскатывания жгутов глиняного теста вручную. Методика определения числа пластичности подробно изложена в ГОСТе 21216 - 81. В зависимости от числа пластичности установлена классификация глинистых пород, содержащая пять групп (ГОСТ 9169 – 75) [20]:

- высоко-пластичные – более 25;
- средне-пластичные – свыше 15 до 25;
- умеренно-пластичные – от 7 до 15;
- мало-пластичные – от 3 до 7;
- непластичные – не дающие пластичного теста.

Пластичность материала определяли по методике [21], предел прочности при сжатии – по ГОСТ 7025-91 по наибольшей нагрузке, установленной при испытании образца. Контроль морозостойкости образцов проводили в соответствии с методикой, описанной в [22].

Результаты и обсуждение

Пластифицирующую способность барды по отношению к исследуемым глинам исследовали согласно методике, описанной выше. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение числа пластичности

Table 3

Plasticity number change				
Виды глин	Эффективная удельная поверхность, м ² /кг	Концентрация барды в затворяющей жидкости, %	Число пластичности по Васильеву, П	
			экспериментальные данные	литературные данные
Бессоновская глина	225,0	0	5	10,3-10,9
		30	6	
		60	7	
		80	8	
		100	9	
Орловская глина	215,0	0	8	12,0-15,0
		30	9	
		60	11	
		80	12	
		100	12	
Веселовская глина	210,0	0	12	17,0-19,0
		30	14	
		60	16	
		80	17	
		100	18	

Как следует из табл. 3, при затворении водой Бессоновская глина является непластичной, Орловская и Веселовская – умеренно-пластичными. При затворении глин меласной бардой число пластичности для Бессоновской глины возрастает до 9, Орловской до 12 и Веселовской до 18. Таким образом, Бессоновская и Орловская глины переходят в разряд умеренно-пластичных, а Веселовская становится средне-пластичной.

Меласная барда оказывает пластифицирующее действие на все исследуемые глины. С увеличением концентрации барды в затворяющей жидкости число пластичности возрастает, причем наиболее высокие значения числа пластичности наблюдаются для Веселовской глины.

Для сравнимости результатов исследований глину различных месторождений, измельченную до размера частиц $\varnothing \leq 0,063$ мм увлажняли смесью воды с бардой в разных соотношениях до 17-20%-ной влажности. Образцы формовали в виде цилиндров диаметром 30 мм и высотой 30 мм с использованием пресс-формы на лабораторном прессе. Отформованные образцы высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, после чего выдерживали в сушильном шкафу при температуре 105-110°C в течение 3 часов. Сушка сырца необходима для понижения влажности изделий до 6-8%. При такой влажности сырец приобретает необходимую механическую прочность для дальнейшего обжига.

Обжиг является завершающим и одним из более сложных этапов в производстве керамики. Наряду с этим он является наиболее важным, так как только в процессе обжига глинистая масса переходит в камневидное состояние, образуя керамический черепок и приобретая при этом необходимые свойства. В результате описанного эксперимента были получены образцы из трех глин различных месторождений: Веселовского, Орловского и Бессоновского.

После обжига образцов проводили осмотр их внешнего вида (рис. 2-4) и определяли линейные различия, их прочность.

контроль

с добавкой

Рис. 2. Керамические образцы из глины Орловского месторождения: контроль – образцы без добавки; образцы с добавкой, концентрация барды в затворяющей жидкости 60%

Fig. 2. Ceramic samples from Oryol deposit clay: control - samples without additive; samples with additive, bard concentration in the closure liquid 60%

контроль

с добавкой

Рис. 3. Керамические образцы из глины Веселовского месторождения: контроль – образцы без добавки; образцы с добавкой, концентрация барды в затворяющей жидкости 30%

Fig. 3. Ceramic samples from the clay of Veselovsky deposit: control - samples without additive; samples with additive, bard concentration in the closure liquid 30%

1

2

3

Рис. 4. Керамические образцы с добавкой барды из глин: 1 – Бессоновского месторождения; 2 – Веселовского месторождения; 3 – Орловского месторождения

Fig. 4. Ceramic samples with addition of clay bard: 1 – Bessonovsky deposit; 2 – Veselovsky deposit; 3 – Oryol deposit

По внешнему виду керамических образцов (рис. 2-4) можно сделать вывод, что контрольные образцы, изготовленные без добавления в затворяющую жидкость меласной барды, имеют на поверхности сколы, трещины; верхние края образцов имеют не такие аккуратные очертания и форму, как у образцов, изготовленных с добавкой барды в затворяющую смесь.

Результаты измерений внешних параметров обожженных керамических образцов (высота, диаметр), а также их массы, плотности, объема и прочности на сжатие указаны в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики образцов и результаты испытаний их прочности на сжатие ($R_{сж}$)

Table 4

Characteristics of samples and results of their compression strength tests (R_g)

С, % барды	h, мм	d, мм	m, г	ρ , г/см ³	V, см ³	R, МПа
Веселовская глина						
100% воды	30,76	28,5	38,8	1,97	19,5	36,3
15	30,9	28,5	39,0	1,95	19,8	37,5
30	31,7	28,5	39,05	1,96	20,2	38,9
45	31,2	28,5	39,01	1,93	20,0	36,5
60	31,6	28,5	39,15	1,94	20,15	28,4
100	31,0	28,5	38,3	1,93	19,7	29,0
Орловская глина						
100% воды	27,3	28,5	28,15	1,61	17,3	18,9
15	27,2	28,5	28,2	1,62	17,4	22,0
30	27,4	28,5	28,4	1,62	17,4	24,3
45	27,3	28,5	28,3	1,63	17,4	28,0
60	27,4	28,5	28,6	1,67	17,4	31,0
100	27,45	28,5	29,2	1,65	17,45	23,5
Бессоновская глина						
100% воды	28,0	28,5	35,1	1,92	17,65	12,6
15	29,2	28,5	35,78	1,92	18,55	14,1
30	29,1	28,5	35,75	1,95	18,5	15,5
45	29,1	28,5	35,9	1,9	18,6	14,8
60	29,5	28,5	35,9	1,91	18,7	13,5
100	28,7	28,5	35,7	1,91	18,25	9,55

Как видно из представленных результатов, максимальный объем имеют образцы, изготовленные из Веселовской глины, что свидетельствует об их меньшей усадке. Уменьшение усадки отмечается также для образцов, изготовленных из всех видов глин по мере увеличения содержания меласной барды в затворяющей жидкости. Отмечено также увеличение прочности на сжатие. Причем, для всех видов глин наблюдается максимум прочности (табл. 4, рис. 5) при определенном количестве добавки меласной барды, после чего начинается уменьшение значений $R_{сж}$.

Рис. 5. Зависимость прочности образцов от состава затворяющей жидкости
Fig. 5. Dependence of the samples strength on the composition of the closing liquid

Это можно объяснить следующим: в составе барды находятся такие компоненты, как Na_2O , K_2O , а также белки и аминокислоты. Na_2O , K_2O являются плавнями, которые способствуют повышению усадки, понижению температуры образования расплава, уплотнению черепка изделий и повышению его прочности.

Белки и аминокислоты оказывают связующее действие. Далее наблюдается снижение прочности, что, вероятно, связано с пересыщением данных оксидов, а также повышением пластичности свыше нормы, что приводит к расслоению глиняной массы и снижению прочности после обжига образцов, что сказывается на их внешнем виде.

Определение морозостойкости образцов проводили по ГОСТ 7025-91. Для использования на морозостойкость использовали образцы, изготовленные из Веселовской и Орловской глин, как показавшие лучшие показатели прочности. Исследуемое количество циклов "замораживание-оттаивание" – 30. После окончания испытаний на морозостойкость изделия подвергали визуальному осмотру, определяли потерю массы (Δm , %) и потерю прочности на сжатие ($R_{сж}$, %), после чего устанавливали соответствие (или несоответствие) образцов требованиям ГОСТ по морозостойкости.

Потери массы (Δm) образцов керамических изделий из глин Орловского и Веселовского месторождений представлены в табл. 5.

Таблица 5

Усредненная потеря массы образцов (Δm , %)

Table 5

Average weight loss of samples (Δm , %)

	Веселовская глина (контроль)	Веселовская глина (с бардой)	Орловская глина (контроль)	Орловская глина (с бардой)
1 образец	7	3	10	5
2 образец	9	5	8	6
3 образец	8	4	9	4
среднее значение	8	4	9	5

Потери прочности $\Delta R_{сж}$ изделий в (%) этого же состава заносили в табл. 6

Таблица 6

Усредненная потеря прочности образцов ($\Delta R_{сж}$, %)

Table 6

Average loss of strength of samples ($\Delta R_{сж}$, %)

	Веселовская глина (контроль)	Веселовская глина (с бардой)	Орловская глина (контроль)	Орловская глина (с бардой)
1 образец	7	2	8	5
2 образец	6	4	7	3
3 образец	5	3	6	4
среднее значение	6	3	7	4

Как видно из полученных результатов исследований, для всех образцов меньшее значение падения массы и прочности наблюдаются для тех экспериментов, в которых использовалась затворяющая жидкость с добавкой мелассной барды.

Поскольку образцы по ГОСТ 7025-91 должны выдерживать не менее 30 циклов и потери прочности и потери массы не должны превышать 5%, то образцы без добавки барды не соответствуют требованиям ГОСТ. Введение добавки в смесь снижает потерю массы и потерю прочности, при этом полученные изделия с добавкой барды соответствуют марке по морозостойкости МЗО (ГОСТ 7025-91).

Таким образом, по результатам эксперимента можно сделать вывод, что образцы с добавкой барды являются более морозостойкими.

Кирпичи, изготовленные в производственных условиях кирпичного завода колхоза имени Фрунзе Белгородского района, подвергались испытаниям в испытательном центре "БелГТАСМ-сертис" (система сертификации ГОСТ Р) в соответствии с требованиями ГОСТ 530-95 [23], с целью определения марки по прочности и водопоглощения.

Поступившие на испытания образцы были представлены керамическим кирпичом серийного производства и кирпичом экспериментального состава с добавкой мелассной барды (50%) в составе затворяющей жидкости.

Марка кирпича по прочности определялась испытанием образцов на прочность, на изгиб и сжатие по методике ГОСТ 8462-85 [24]: прочность при сжатии – на образцах, изготовленных из 10 целых кирпичей,

выровненных и соединенных по два цементно-песчаным раствором, состоящим из цемента марки 400 и "очень мелкого" песка в соотношении 1:1 при В/Ц = 0,4. В местах приложения нагрузки при испытании на изгиб поверхность кирпича выравнивали тем же раствором.

Водопоглощение определяли по методике ГОСТ 7025-91 путем насыщения водой при атмосферном давлении в течение 48 часов. Результаты испытаний представлены в табл. 7-8.

Таблица 7

Результаты испытаний кирпича серийного производства

Table 7

Serial bricks test results							
№ об- разца	Предел прочности, МПа (кг/см ²)						Водопогло- щение, %
	при изгибе	при сжатии	средний для пяти об- разцов при		наименьший для от- дельного образца при		
			изгибе	сжатии	изгибе	сжатии	
1	7,7 (77,0)	14,3 (143)					12,0
2	6,3 (62,5)	23,4 (234)					12,4
3	5,7 (56,5)	17,6 (176)	5,9 (59,0)	22,5 (225)	4,3 (43,0)	14,3 (143)	11,7
4	5,6 (56,0)	23,2 (232)					
5	4,3 (43,0)	33,9 (339)					12,0

Таблица 8

Результаты испытаний экспериментального кирпича

Table 8

№ образца	Предел прочности, МПа (кг/см ²)		
	при сжатии	средний для четырех образцов	наименьший для отдельного образца
1	26,5 (265)		
2	22,8 (228)		
3	25,4 (254)	25,4 (254)	22,8 (228)
4	27,7 (277)		

По результатам испытаний было установлено, что кирпич серийного производства данной партии соответствует марке по прочности М150 по ГОСТ 530-95. Значение водопоглощения удовлетворяет требованиям ГОСТ 530-95.

Кирпич экспериментального состава данной партии по прочности при сжатии относится к марке по прочности М250 по ГОСТ 530-95.

Заключение

Исследована возможность использования мелассной барды – жидкого отхода производства спирта – в качестве пластифицирующей добавки в глиняные массы при изготовлении керамических изделий.

Установлено, что добавка мелассной барды в затворяющую жидкость приводит к улучшению дизайна образцов, снижению усадки, увеличению их прочности при испытании на сжатие.

Выявлено пластифицирующее и упрочняющее действие мелассной барды на керамические массы. Определено оптимальное количество добавки мелассной барды при производстве керамических изделий, соответствующее их наибольшей прочности.

Испытания образцов на морозостойкость показали, что для всех образцов меньшее значение падения массы и прочности после тридцати циклов замораживания и размораживания наблюдалось для тех образцов, которые были изготовлены с добавлением мелассной барды в затворяющую жидкость.

Благодарность

Статья подготовлена в рамках программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

Литература

1. Pozhidaev D.A., Gulyaev V.T., Maksimov L.I. Obtaining the zeolite glaze on ceramic products // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. V. 11. №20. P. 10252 – 10256.
2. Степовой А.В., Дороганов В.А., Евтушенко Е.И. Керамические композиты VIII-X в.в. н.э. используемые в древней металлургии на территории Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №3. С. 125 – 130.
3. Yang L., Miyajiri H. Ceramic additive manufacturing: a review of current status and challenges // Solid Freeform Fabrication 2017: Proceedings of the 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference. P. 652 – 679.
4. Othman R., Sarif T.T.B., Ahmad Z.A., Noor A.F.M., Aramjat A.B. Influence of clay mineralogy on clay-based ceramic products // Asian conference on x-rays and related techniques in research and industry (ACXRI96). 1996. P. 247 – 253.
5. Mačiulaitis R., Kičaitė A. Peculiarities of destruction mechanism in ceramic products under simulated exploitation conditions // Material science. 2006. V. 12. №4. P. 341 – 345.
6. Будников П.П., Полубояринов Д.Н. Химическая технология керамики и огнеупоров. М.: Издательство литературы по строительству, 1972. 553 с.
7. Свергузова С.В., Тарасова Г.И., Тимохина В.В., Козлов В.П., Наумов Е.Г. Жидкие отходы производства лимонной кислоты в керамических массах // Экология и промышленность России. 2000. октябрь. С. 21 – 23
8. Сапронова Ж.А., Свергузова С.В., Фетисов Р.О., Шамшуров А.В., Шайхiev И.Г. Осадок водоочистки как порообразующая добавка к керамическим смесям // Вестник Казанского технологического университета. 2012. №7. С. 137 – 139.
9. Sargsyan H., Trchounian K., Gabrielyan L., Trchounian A. Novel approach of ethanol waste utilization: Bio-hydrogen production by mixed cultures of dark- and photo-fermentative bacteria using distillers grains // International Journal of Hydrogen Energy. 2016. V. 41. Issue 4. P. 2377– 2382.
10. Kizinievich O., Kizinievich V. Utilisation of drinking water treatment sludge for the manufacturing of ceramic products // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. V. 251.
11. Буланов П.Е., Мавлиев Л.Ф., Вдовин Е.А., Ягунд Э.М. Взаимодействие каолиновой и бентонитовой глин с пластифицирующими поверхностно-активными веществами // Инженерно-строительный журнал. 2017. №7. С. 171 – 179.
12. Шаль Б.В., Петров В.П., Еременко В.В. и др. Исследование эффективности производства керамзитового гравия с порошковой подготовкой камнеподобного сырья. Тр. /ВНИИСТРОМ, 1977. Вып. 10. С. 28 – 34.
13. Юшкевич М.О., Роговой М.И. Технология керамики. М.: Стройиздат, 1969. 350 с.
14. АС № 798070, СССР, МКИ с04В21/00. Мещеряков Ю.Г., Россман М.Я. Сырьевая смесь для изготовления пористых керамических материалов.
15. Рыбачук В.Н. Комплексное использование сырья в спиртовой промышленности // Спиртовая промышленность. 1981. №6.
16. Элинзон М.П., Васильков С.Г. Топливосодержащие отходы промышленности в производстве стройматериалов М.: Стройиздат, 1980. 323 с.
17. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (поверхностные явления и дисперсные системы). М.: Химия, 1982. 400 с.
18. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. СПб: Химия. 1995. 400 с.
19. ГОСТ 21216.1-93. Сырье глинистое. Метод определения пластичности. М.: Стандартиформ, 2000. 7 с.
20. ГОСТ 9169-75. Сырье глинистое для керамической промышленности. М.: ИПК изд-во стандартов. 2001. 7 с.
21. Ангеницкая Р.Б. Олышанская З.И. Руководство по испытанию глин производства керамических материалов Киев: Будівельник, 1977. 210 с.
22. ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. М.: Стандартиформ, 2000. 12 с.
23. ГОСТ 530-95. Кирпич и камни керамические. Технические условия. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. 19 с.
24. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001. 7 с.

References

1. Pozhidaev D.A., Gulyaev V.T., Maksimov L.I. Obtaining the zeolite glaze on ceramic products. International Journal of Applied Engineering Research. 2016. 11 (20). P. 10252 – 10256.
2. Stepovoj A.V., Doroganov V.A., Evtushenko E.I. Keramicheskie kompozity VIII-X v.v. n.eh. ispol'zuemye v drevnej metallurgii na territorii Belgorodskoj oblasti. Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2014. 3. P. 125 – 130. (rus.)
3. Yang L., Miyajima H. Ceramic additive manufacturing: a review of current status and challenges. Solid Freeform Fabrication 2017: Proceedings of the 28th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference. P. 652 – 679.
4. Othman R., Sarif T.T.B., Ahmad Z.A., Noor A.F.M., Aramjat A.B. Influence of clay mineralogy on clay-based ceramic products. Asian conference on x-rays and related techniques in research and industry (ACXRI96). 1996. P. 247 – 253.
5. Mačiulaitis R., Kičaitis A. Peculiarities of destruction mechanism in ceramic products under simulated exploitation conditions. Material science. 2006. 12 (4). P. 341 – 345.
6. Budnikov P.P., Poluboyarinov D.N. Himicheskaya tekhnologiya keramiki i ogneuporov. M.: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1972. 553 p. (rus.)
7. Sverguzova S.V., Tarasova G.I., Timohina V.V., Kozlov V.P., Naumov E.G. ZHidkie othody proizvodstva limonnoj kisloty v keramicheskikh massah. EHkologiya i promyshlennost' Rossii. 2000. oktyabr'. P. 21 – 23. (rus.)
8. Sapronova ZH.A., Sverguzova S.V., Fetisov R.O., SHamshurov A.V., SHajhiev I.G. Osadok vodoochistki kak poroobrazuyushchaya dobavka k keramicheskim smesyam. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. 7. P. 137 – 139. (rus.)
9. Sargsyan H., Trchounian K., Gabrielyan L., Trchounian A. Novel approach of ethanol waste utilization: Bio-hydrogen production by mixed cultures of dark- and photo-fermentative bacteria using distillers grains. International Journal of Hydrogen Energy. 2016. 41 (4). P. 2377– 2382.
10. Kizinievič O., Kizinievič V. Utilisation of drinking water treatment sludge for the manufacturing of ceramic products. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. 251.
11. Bulanov P.E., Mavliev L.F., Vdovin E.A., YAgund EH.M. Vzaimodejstvie kaolinovoj i bentonitovoj glin s plastificiruyushchimi poverhnostno-aktivnymi veshchestvami. Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2017. 7. P. 171 – 179. (rus.)
12. SHal' B.V., Petrov V.P., Eremenko V.V. i dr. Issledovanie ehffektivnosti proizvodstva keramzitovogo graviya s poroshkovoju podgotovkoju kamnepodobnogo syr'ya. Tr. VNIISTROM, 1977. 10. P. 28 – 34. (rus.)
13. YUshkevich M.O., Rogovoj M.I. Tekhnologiya keramiki. M.: Strojizdat, 1969. 350 p. (rus.)
14. Copyright Certificate AS № 798070, SSSR, MKI s04V21/00. Meshcheryakov YU.G., Rossman M.YA. Syr'evaya smes' dlya izgotovleniya poristyh keramicheskikh materialov. (rus.)
15. Rybachuk V.N. Kompleksnoe ispol'zovanie syr'ya v spirtovoj promyshlennosti. Spirtovaya promyshlennost'. 1981. 6. (rus.)
16. EHlinzon M.P., Vasil'kov S.G. Toplivosoderzhashchie othody promyshlennosti v proizvodstve strojmaterialov M.: Strojizdat, 1980. 323 p. (rus.)
17. Frolov YU.G. Kurs kolloidnoj himii (poverhnostnye yavleniya i dispersnye sistemy). M.: Himiya, 1982. 400 p. (rus.)
18. Fridrihsberg D.A. Kurs kolloidnoj himii. SPb: Himiya. 1995. 400 p. (rus.)
19. Russian State Standart GOST 21216.1-93. Syr'e glinistoe. Metod opredeleniya plastichnosti. M.: Standartinform, 2000. 7 p. (rus.)
20. Russian State Standart GOST 9169-75. Syr'e glinistoe dlya keramicheskoy promyshlennosti. M.: IPK izd-vo standartov. 2001. 7 p. (rus.)
21. Angenickaya R.B. Ol'shanskaya Z.I. Rukovodstvo po ispytaniyu glin proizvodstva keramicheskikh materialov Kiev: Budivel'nik, 1977. 210 p. (rus.)
22. Russian State Standart GOST 7025-91. Kirpich i kamni keramicheskie i silikatnye. Metody opredeleniya vodopogloshcheniya, plotnosti i kontrolya morozostojkosti. M.: Standartinform, 2000. 12 p. (rus.)
23. Russian State Standart GOST 530-95. Kirpich i kamni keramicheskie. Tekhnicheskie usloviya. M.: IPK Izd-vo standartov, 1996. 19 p. (rus.)
24. Russian State Standart GOST 8462-85. Materialy stenovye. Metody opredeleniya predelov prochnosti pri szhatii i izgibe. M.: IPK Izd-vo standartov, 2001. 7 p. (rus.)

**Sverguzova S.V. *, Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia,
Shaykhiev I.G., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Kazan National Research Technological University, Russia,
Tom Otiti, Doctor of Philosophy (Ph.D.), Professor, Nobel Laureate 2007,
Makerere University, Uganda,
Sapronova Zh.A., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor),
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia**
*Corresponding author E-mail: pe@intbel.ru

INCREASING THE STRENGTH AND FROST RESISTANCE OF CERAMIC PRODUCTS AT USING MELASSES BARDS AS PLASTICIZER

Abstract: ways of production of ceramic materials with use as the plasticizing additive of the sulphitic and alcohol bards (SAB), the calcium citrate filtrate (CCF) which is liquid withdrawal of production of citric acid in the microbiological way are known. However introduction to raw mix of CoB reduces forming humidity and fall of the formed products insufficiently, and an essential lack of FTsK is the low durability of products on compression with a big volume mass of samples.

In work the possibility of use as the plasticizing additive to a clay lot of withdrawal of the spirit industry – melasses bards is investigated. As a part of molasses the remains of amino acids and other organic substances which have the plasticizing effect on clay materials contain. On the example of natural clays of three various fields the plasticizing action melasses bards is proved, and the number of plasticity of the studied clays increases in direct ratio to increase in additive melassny bards in clay raw mix. It is shown that introduction to raw mix melasses bards leads to improvement of appearance of pottery, decrease in jointing, increase in durability for Veselovsky clay for 7%, for the Oryol clay for 67%, for Bessonovskaya – for 23%.

Research of the received ceramic samples on frost resistance according to requirements of GOST bards unlike the products which aren't containing additive bards showed high frost resistance of products with additive melass. Also lowered decrease in durability and loss of mass of the samples containing additive melassny bards is noted.

Keywords: ceramic materials, plasticizing additives, melass bard, jointing, durability, frost resistance

Для цитирования: Свергузова С.В., Шайхиев И.Г., Том Отити, Сапронова Ж.А. Повышение прочности и морозостойкости керамических изделий при использовании меласной барды в качестве пластифицирующей добавки // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 19 – 29. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-19-29

For citation: Sverguzova S.V., Shaykhiev I.G., Tom Otiti, Sapronova Zh.A. Increasing the strength and frost resistance of ceramic products at using melasses bards as plasticizer. Construction Materials and Products. 2018. 1 (2). P. 19 – 29. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-19-29

Поступила в редакцию 5 января 2018 г.

Принята в доработанном виде 5 апреля 2018 г.

Одобрена для публикации 19 мая 2018 г.

Received: January 5, 2018.

Revised: April 5, 2018.

Accepted: May 19, 2018.