

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-12-82-92

^{1,*}Бондаренко Н.И., ¹Басов В.О., ¹Бондаренко Д.О., ¹Дороганов В.А., ²Лукин Е.С.,
¹Пивинский А.Э.

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

*E-mail: bondarenko-71@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ДЕФЛОКУЛЯНТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТХОДОВ КЕРАМОГРАНИТА

Аннотация. Изучено влияние дефлокулянтов, которые использовались для разделения и удаления сгустков и осадков в шликере, на реологические свойства отходов керамогранита. Целью работы являлось определение их оптимальной концентрации, при которой достигается наилучшая дисперсия и стабилизация отходов керамогранита. Проведены исследования с различными концентрациями дефлокулянта, в качестве которых выбраны сода, жидкое натриевое стекло, а также смесь соды и жидкого натриевого стекла в соотношении 1:1. Оптимальная концентрация составила 4 мл на 50 г сухого отхода, при которой обеспечивается наибольшая степень стабилизации частиц. Полученные результаты подтверждают эффективность добавления дефлокулянта в отходы керамогранита, что приводит к значительному улучшению их реологических характеристик. Отмечено, что применение соды в качестве дефлокулянта для отходов полировки керамогранита малоэффективно. Установлено, что жидкое стекло в роли дефлокулянта даёт более резкое возрастание модуля сдвига, при этом гораздо однороднее убывает вязкости. Определен наиболее предпочтительный и действенный дефлокулянт для шликера – смесь соды и жидкого стекла. Применение различных дефлокулянтов может значительно облегчить процесс обработки отходов керамогранита, делая их более подходящими для повторного использования, что приведет к снижению затрат на их утилизацию и сокращению негативного воздействия на окружающую среду. Результаты работы могут быть полезны в промышленности для оптимизации процессов утилизации и повторного использования данных отходов.

Ключевые слова: дефлокулянт, реология, отходы керамогранита, шликер, жидкое стекло, сода.

Введение. Проблема загрязнения окружающей среды твердыми производственными и бытовыми отходами является одной из актуальных в современном мире [1–3]. Темпы роста масштабов загрязнения негативно сказываются на здоровье людей и окружающей природе. Повсеместное образование отходов в огромных количествах делает данную проблему одной из самых значимых и требующих решения. Кроме того, для каждого вида отходов существует своя оптимальная технология переработки, требующая индивидуального подхода [4]. При подборе технологий для реализации проектов важно, чтобы процессы утилизации отходов производства и потребления не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства с точки зрения общественной санитарии и гигиены, а также условий жизни населения в целом. В действительности использование лишь одних отходов, в том числе применяя комбинированные методы их переработки, позволяет получать многочисленные виды ценнейшей продукции [5, 6], что предопределяет в дальнейшем целесообразность перехода на безотходные и экологически чистые технологии.

Согласно статистическим данным, только малая часть всех природных материалов

(около 2 %) в промышленности перерабатывается в полезную для человека продукцию, остальная часть (около 98 %) загрязняет окружающую среду в виде различных отходов. Разработка безотходных и энергоэффективных технологий, создание новых материалов с улучшенными эксплуатационными, функциональными и декоративными свойствами является ключевой задачей для различных отраслей промышленности, включая стекольную, керамическую, химическую, металлургическую, тароупаковочную и др. [7, 8]. Более того, вторичная переработка сырья и отходов производства экономически выгодная стратегия, позволяющая расширить ресурсы отрасли, снизить материальные и трудовые затраты и сделать продукцию более доступной.

Шликерные массы используются в процессе производства полированного керамогранита. Они представляют собой суспензии, содержащие твердый наполнитель (отход полировки керамогранита), воду (временную связку) и технологические добавки [9–11]. Технологические добавки выполняют различные функции: дефлокуляция (разжижение), стабилизация, коагуляция или пластификация [12–14].

На сегодняшний день переработка отходов керамогранита является принципиально значимой проблемой, поскольку отсутствуют качественные методы и эффективные технологии для их утилизации. Утилизация отходов от полировки керамогранита путем возврата в производственный цикл технологией получения керамогранита не предусмотрена, поэтому их накопление является источником экологических сложностей.

Отходы от полировки керамогранита обладают неньютоновским характером течения, это означает, что частицы отходов находятся во взвешенном состоянии в шликере и оседают с выталкиванием молекул воды, образуя вязкий осадок, который трудно перемешивать. При производстве полированного керамогранита в воду добавляют коагулянты, такие как $AlCl_3$, негативно влияющие на реологию шликеров. $AlCl_3$ действует как флокулянт, укрепляя получившийся осадок и обеспечивая его стабильность до момента удаления путем образования молекулярных связей между загрязняющими элементами.

Для устранения данного нежелательного эффекта необходимо найти дефлокулянт, который мог бы предотвратить слипание частиц с сохранением молекул воды внутри массы шликера [15–17]. В качестве дефлокулянтов выбраны сода, жидкое стекло, а также смесь соды и жидкого стекла в соотношении 1:1, как наиболее часто применяемые для разжижения глинистых минералов. Разжижение суспензий из отходов полировки керамогранита, основано на том, что обменные ионы кальция и частично магния замещаются ионами натрия [18].

Материалы и методы. Для приготовления шликера брали навеску отхода полировки керамогранита ООО «Белкерамика», просеянную через сито № 01, затем добавляли определенное количество дефлокулянта и воды. В качестве дефлокулянта выбраны сода, жидкое натриевое стекло, а также смесь соды и жидкого натриевого стекла в соотношении 1:1. Дефлокулянт добавляли в расчёте 4 мл на 50 граммов отхода. Воду вводили в таких объемах, чтобы достичь вязкотекучей консистенции.

Измерения реологических характеристик проводили на ротационном вискозиметре «Реотест 2».

С целью облегчения оценки действия дефлокулянта введена эмпирическая шкала текучести с диапазоном от 1 до 10, где 1 – шликер скорее ломается, чем перемешивается, 10 – при перемешивании не чувствуется сопротивление шликера. Улучшение реологических и пластичных свойств шликеров наблюдали визуально.

Для определения физико-механических характеристик керамогранита с применением отходов приготовлены экспериментальные образцы плит размером 5×5 см и балок размером 4×4×16 см. Произведен расчёт шихты для 5 партий (составов), в каждой партии 5 образцов. Партия 1 не содержит в составе отход полировки керамогранита и используется в качестве контрольных образцов, партии 2, 3, 4, 5 содержат 3, 5, 7, 10 % отхода полировки керамогранита соответственно (таблица 1).

Таблица 1

Составы керамогранитных образцов

№ партии (% отхода)	Отход полировки керамогранита, г	Каолин, г	Полевой шпат, г	Глина, г
1 (0)	0	801,99	233,19	14,82
2 (3)	31,5	777,93	226,20	14,37
3 (5)	52,5	761,88	221,52	13,65
4 (7)	73,5	745,86	206,01	13,35
5 (10)	105	721,80	199,38	13,35

Для определения водопоглощения и пористости керамической плитки использован вакуумный метод. Плитку взвешивали и записывали массу, затем её погружали в вакуум-установку. После создания вакуума пускали воду на определенное время (1–2 минуты), далее вынимали и снова взвешивали. Разница между массой плитки до и после погружения в воду позволяет определить количество воды, которое было поглощено.

Для определения износостойкости керамогранита сделаны замеры длины, ширины, начальной массы m_n и массы плитки после истирания

m_k . Образцы устанавливали на подвижную платформу круга истирания и закрепляли его зажимами, затем на поверхность плитки наносилась абразивная смесь, состоящая из частиц различного размера и твердости. Подвижная платформа начинала двигаться по основанию, при этом абразивная смесь действовала на поверхность плитки. В процессе движения платформы измерялось количество потерь материала с поверхности плитки.

После эксперимента рассчитана площадь образцов, разница масс после 12 циклов истирания m_{12} и износостойкость Q (г/см²) по формуле (1.1):

$$Q = \frac{m_{12}}{s} \quad (1)$$

Основная часть. Шликерные массы являются концентрированными суспензиями с объемным соотношением дисперсной фазы к дисперсионной среде от 9,5 до 2,5, имеющими в составе твердый наполнитель, временную связку и технологические добавки. В данном эксперименте твердый наполнитель – отход полировки керамогранита, временная связка шликерных

масс – вода, технологическая добавка – жидкое стекло и сода, которые выступают в роли дефлокулянта.

Разработанные составы шликеров представлены в таблице 2. Полученные реограммы (рисунки 1–3) свидетельствуют о тиксотропном течении шликера, в том числе с применением различных дефлокулянтов, что подтверждает медленное снижение вязкости при одновременном возрастании градиента скорости сдвига.

Таблица 2

Составы керамогранитных шликеров с добавлением дефлокулянтов

№ состава	Количество сухого отхода полировки керамогранита, г	Используемый дефлокулянт	Количество дефлокулянта, мл	Количество воды в шликере, мл
1	50	–	–	18,5
2	50	Сода	0,25	18,25
3	50	Сода	0,50	18,00
4	50	Сода	0,75	17,75
5	50	Сода	1,00	17,50
6	50	Сода	1,25	17,25
7	50	Сода	1,50	17,00
8	50	Сода	1,75	16,75
9	50	Жидкое стекло	0,50	18,00
10	50	Жидкое стекло	1,00	17,50
11	50	Жидкое стекло	1,5	17,00
12	50	Жидкое стекло	2,00	16,50
13	50	Жидкое стекло	2,50	16,00
14	50	Жидкое стекло	3,00	15,50
15	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	0,50	19,50
16	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	1,00	19,00
17	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	1,50	18,50
18	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	2,00	18,00
19	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	2,50	17,50
20	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	3,00	17,00
21	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	3,50	16,50
22	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	4,00	16,00
23	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	4,50	15,50
24	50	Сода и жидкое стекло (1:1)	5,00	15,00

Для составов 1–8 с увеличением содержания раствора соды градус подъема модуля сдвига сначала растет вплоть до состава 3, последние значения которого зашкалили прибор, начиная с состава 4 возрастание становится медленнее, при этом на составах 7 и 8 возрастание вновь оказывается резким (рисунок 1, а). Таким образом, количество данного дефлокулянта (сода) влияет на изменение модуля сдвига не линейно, а волнообразно. Эффект, полученный от добавления соды заметен только у составов 3–8, что говорит о нелинейной корреляции данных показателей (рисунок 1, б). Применение соды в качестве дефлокулянта для отходов полировки керамогранита малоэффективно.

Для составов 9–14 с увеличением содержания раствора жидкого стекла градус подъема модуля сдвига сначала уменьшается при составах 9 и 10, начиная с состава 11 возрастание становится стабильным (рисунок 2, а). Количество

данного дефлокулянта (жидкого стекла) влияет на изменение модуля сдвига более выражено, чем раствор соды, что определяет плохую перемешиваемость и быстрое затвердевание шликера. Стоит отметить, что жидкое стекло в роли дефлокулянта даёт более резкое возрастание модуля сдвига, при этом гораздо однородное убывание вязкости (рисунок 2, а, б).

Для составов 15–24 с увеличением содержания смеси соды и жидкого стекла сначала уменьшается градус подъема модуля сдвига при составах 15 и 16, начиная с состава 17 вплоть до состава 20 возрастание происходит под примерно одинаковым углом (рисунок 3, а). У состава 21 возрастание гораздо медленнее предыдущих, у состава 22 – под наиболее резким углом из всех, а состав 24 вновь возрастает менее резко. Количество данного дефлокулянта (смесь соды и жидкого стекла, 1:1) значительно влияет на изменение модуля сдвига, чем раствор соды, при этом

можно уловить весьма схожие закономерности изменения вязкости и модуля сдвига у данных типов дефлокулянтов (рис. 3, б).

По результатам эмпирической оценки текучести шликеров наилучший результат показал

состав 22 (согласно табл. 2), который предпочтительнее использовать для дальнейших исследований (табл. 3).

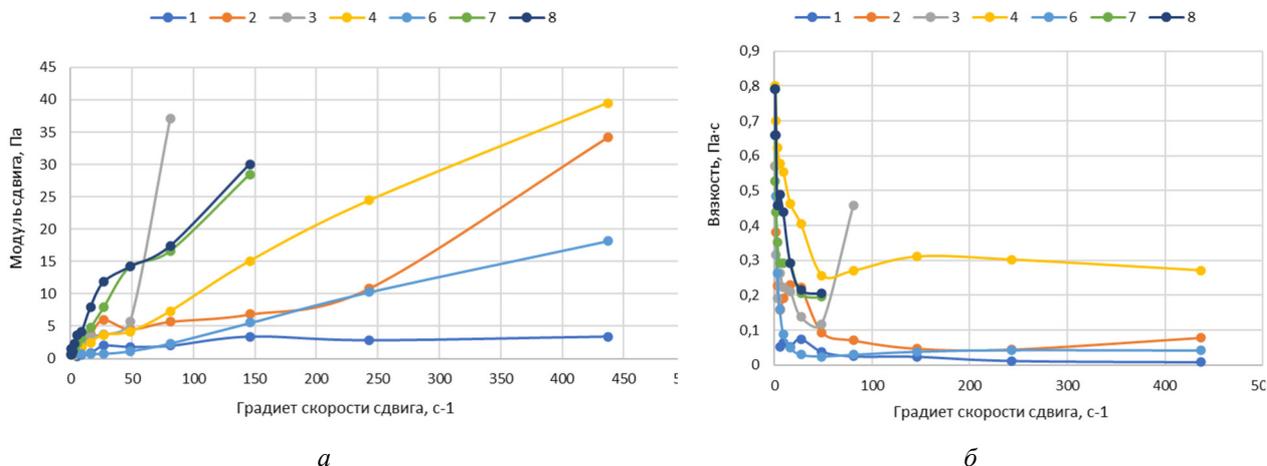


Рис. 1. Реограмма керамогранитных шликеров с добавлением дефлокулянта (сода):
 а – зависимость модуля сдвига от градиента скорости сдвига;
 б – зависимость вязкости от градиента скорости сдвига;
 1–8 – составы шликеров согласно данным таблицы 1

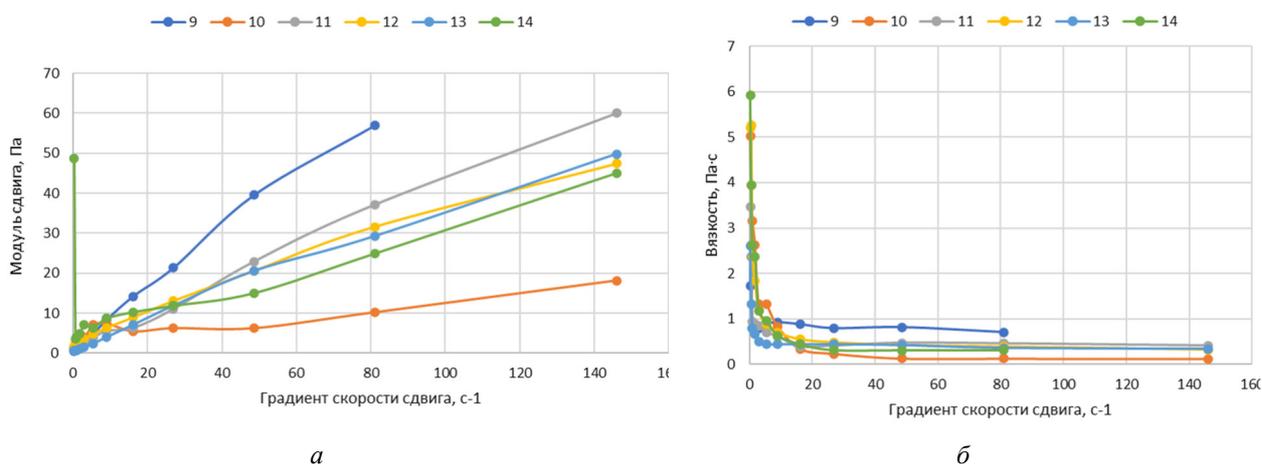


Рис. 2. Реограмма керамогранитных шликеров с добавлением дефлокулянта (жидкое стекло):
 а – зависимость модуля сдвига от градиента скорости сдвига; б – зависимость вязкости от градиента скорости сдвига;
 9–14 – составы шликеров согласно данным таблицы 1

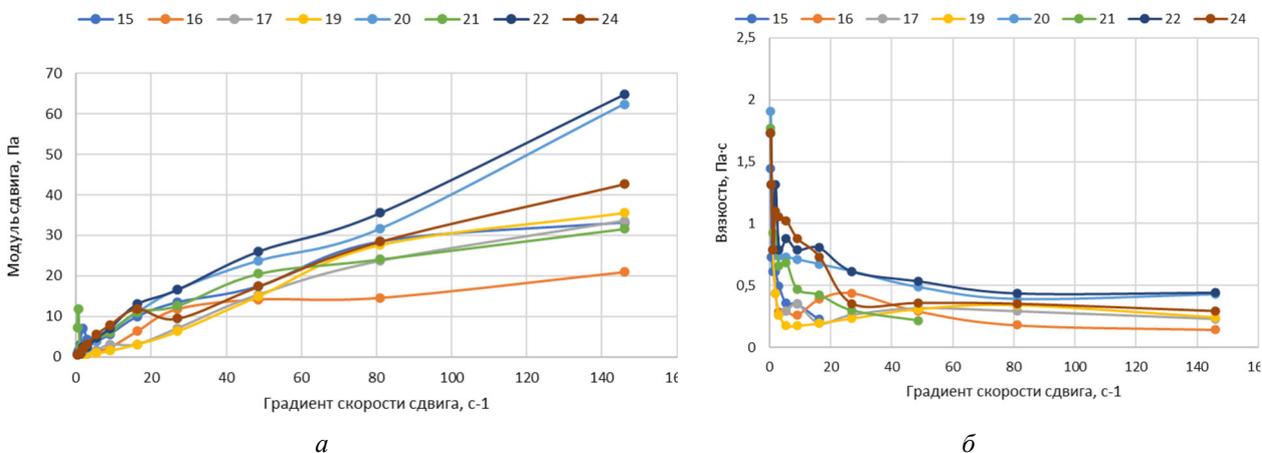
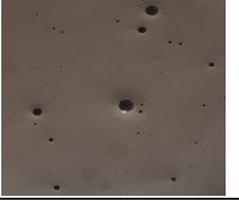
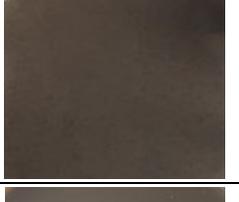
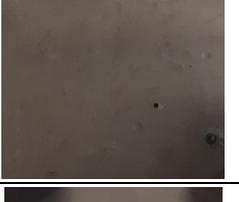


Рис. 3. Реограмма керамогранитных шликеров с добавлением дефлокулянта (смесь соды и жидкого стекла, 1:1):
 а – зависимость модуля сдвига от градиента скорости сдвига;
 б – зависимость вязкости от градиента скорости сдвига;
 15–24 – составы шликеров согласно данным таблицы 1

Таблица 3

Эмпирическая оценка текучести дефлокулянтов

№ состава	Внешний вид шликера	Эмпирическая оценка текучести	№ состава	Внешний вид шликера	Эмпирическая оценка текучести	№ состава	Внешний вид шликера	Эмпирическая оценка текучести
1		3	9		3	17		4
2		3	10		3	18		5
3		3	11		2	19		6
4		4	12		3	20		5
5		4	13		4	21		6
6		4	14		2	22		7
7		4	15		4	23		6
8		4	16		4	24		5

Экспериментальные образцы испытаны на водопоглощение (таблица 4). Результаты показали, что водопоглощение незначительно возрастает с увеличением содержания отхода керамогранита в составе образцов и находится в пределах допустимого для керамических плиток полусухого прессования согласно ГОСТ 13996–2019 «Плитки керамические. Общие технические условия».

Предел прочности при изгибе уменьшается с увеличением содержания отхода керамогранита

в составе образцов (таблица 5). В соответствии с ГОСТР 57141–2016 предел прочности при изгибе должен составлять не менее 30 МПа. Данному требованию в полной мере соответствуют контрольные образцы без отходов полировки и образцы с содержанием 3 % отходов полировки, дальнейшее увеличение процентного содержания отходов керамогранита отрицательно сказывается на прочности при изгибе образцов.

Таблица 4

Водопоглощение керамогранита с использованием отходов полировки

№ партии	№ образца	Масса сухого образца m_0 , г	Масса мокрого образца m_2 , г	Водопоглощение, B_m , %	Среднее значение водопоглощения в партии, %
Партия 1	1	42,4	43,1	1,65	2,18
	2	40,5	42,0	3,70	
	3	41,8	42,1	0,72	
	4	44,2	45,3	2,49	
	5	43,1	44,1	2,32	
Партия 2	1	51,8	53,5	2,28	2,28
	2	50,5	52,7	2,36	
	3	52,0	53,3	2,33	
	4	52,3	54,1	2,42	
	5	52,2	53,7	2,01	
Партия 3	1	42,4	44,2	2,24	2,62
	2	45,	47,0	2,44	
	3	44,0	45,3	2,95	
	4	44,1	46,1	2,53	
	5	44,1	45,4	2,95	
Партия 4	1	42,9	44,7	3,20	3,16
	2	44,4	46,2	3,05	
	3	42,8	44,6	3,20	
	4	42,8	44,6	3,21	
	5	43,7	45,5	3,12	
Партия 5	1	42,2	44,3	3,98	3,45
	2	42,8	45,1	3,37	
	3	42,0	44,2	3,24	
	4	34,9	36,8	3,44	
	5	42,1	44,3	3,23	

Таблица 5 (начало)

Прочность на изгиб керамогранита с использованием отходов полировки

№ партии	№ образца	Длина l , мм	Ширина b , мм	Высота h , мм	Прочность на изгиб $R_{изг}$, МПа	Среднее значение прочности на изгиб в партии, МПа
Партия 1	1	54,3	13,2	12,7	40,76	37,88
	2	54,1	13,4	12,5	39,13	
	3	53,9	13,1	13,1	35,09	
	4	54,9	13,2	12,7	37,00	
	5	52,9	13,1	13,3	37,44	
Партия 2	1	54,1	13,6	10,8	36,15	35,14
	2	53,6	13,6	10,8	33,64	
	3	53,7	13,6	10,8	35,62	
	4	53,5	13,6	10,8	34,59	
	5	53,4	13,6	11,1	35,79	

Таблица 5(окончание)

Прочность на изгиб керамогранита с использованием отходов полировки

№ партии	№ образца	Длина l , мм	Ширина b , мм	Высота h , мм	Прочность на изгиб $R_{изг}$, МПа	Среднее значение прочности на изгиб в партии, МПа
Партия 3	1	55,2	14,0	10,0	30,71	30,90
	2	55,0	13,9	10,2	29,09	
	3	54,8	14,1	10,5	32,84	
	4	55,4	14,2	10,3	29,13	
	5	55,2	14,3	10,4	32,69	
Партия 4	1	54,5	13,9	11,0	25,58	25,61
	2	55,0	13,9	10,2	24,86	
	3	55,1	14,2	10,4	27,33	
	4	55,2	14,2	9,9	24,01	
	5	54,5	13,9	10,4	26,27	
Партия 5	1	55,3	14,1	10,0	23,81	22,67
	2	55,1	14,1	10,2	22,42	
	3	55,3	14,0	10,5	21,92	
	4	55,2	14,2	10,5	24,12	
	5	55,3	14,1	10,6	21,08	

Результаты исследований экспериментальных образцов показали, что износостойкость повышается с увеличением содержания отхода по-

лировки керамогранита в составе образцов (таблица 6) и удовлетворяет минимальным требованиям.

Таблица 6

Износостойкость керамогранита с использованием отходов полировки

№ партии	Длина, см	Ширина, см	Площадь S , см ²	$m_{из}$, г	$m_{к}$, г	$m_{1/2}$, г	Q , г/см ²
Партия 1	4,63	4,66	21,58	50,60	48,10	2,50	0,12
Партия 2	4,66	4,62	21,53	51,10	47,90	3,20	0,15
Партия 3	4,61	4,67	21,53	49,80	46,40	3,40	0,16
Партия 4	4,59	4,59	21,07	49,70	46,20	3,50	0,17
Партия 5	4,60	4,65	21,39	50,30	46,40	3,90	0,18

Выводы.

1. Рассмотрена возможность повторного использования отходов полированного керамогранита в качестве основного сырья для производства керамогранита.

2. Показано, что определенные типы дефлокулянтов способствуют улучшению текучести и пластичности отходов полировки керамогранита, это может быть полезно для оптимизации процесса обработки. Наиболее предпочтительным и эффективным дефлокулянтом для шликера является смесь соды и жидкого стекла с соотношением 1:1. Оптимальная концентрация составила 4 мл на 50 г сухого отхода, при которой обеспечивается наибольшая степень стабилизации частиц. Недостаток или избыток дефлокулянта может привести к нежелательным изменениям в консистенции материала.

3. Изучение влияния дефлокулянта на реологические характеристики отходов керамогранита имеет потенциал для улучшения процессов переработки отходов и повышения качества конечной продукции в керамической промышленности.

4. Дальнейшие исследования в данной области могут включать более глубокий анализ взаимодействия различных типов дефлокулянтов с отходами керамогранита, что позволит определить оптимальные условия для достижения желаемых реологических характеристик материала.

5. Определены физико-механические характеристики керамогранита с применением отходов полировки керамогранита. Подобрано рациональное содержание отхода в составе массы – 3 %.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесникова Л.А., Ковальчук Т.В. Проблемы и перспективы экологической безопасности горнодобывающих регионов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2–1. С.

275–286. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-275-286

2. Нгуен Т.Т.Х. Текущая ситуация по обращению с производственными и бытовыми отходами во Вьетнаме и других странах мира // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 1. № 7. С. 146–151. DOI: 10.34684/ek.up.p.r.2020.07.01.020

3. Антонова Т.Л., Евсикова Е.В. Основы правового регулирования обращения с производственными и бытовыми отходами и административная ответственность за их нарушение // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки. 2020. Т. 6 (72). № 1. С. 402–418.

4. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Джуманиязов З.Б., Болтабаев Д.З., Хужязов Ш.Х., Рузимов Е.С. Влияние порошка отходов стекла на свойства керамической брусчатки на основе лессовой породы // Стекло и керамика. 2024. Т. 97. № 3 (1155). С. 30–36. DOI: 10.14489/glc.2024.03.pp.030-036

5. Бондаренко Н.И., Басов В.О., Даценко А.О. Разработка составов вяжущих с использованием стеклоотходов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 1. С. 83–89. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-1-83-89

6. Min'ko N.I., Dobrinskaya O.A., Bulgakov A.S. Technological features of using secondary products in the production of silicate materials // Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44. No. 3. Pp. 238–243. DOI: 10.1134/S1087659618030082

7. Krakhmatova V.Y., Zakharov A.I., Andreev D.V., Krivoshepov A.F. Methods of additive technologies for the manufacture of ceramic products // Glass and Ceramics. 2019. Vol. 75. No. 11–12. Pp. 479–484. DOI: 10.1007/s10717-019-00116-3

8. Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О., Ковылова Ю.В., Даценко А.О. О возможности получения нефритованных глазурей для керамической плитки с применением вторичных источников сырья // Вестник технологического университета. 2023. Т. 26. № 4. С. 29–32. DOI: 10.55421/1998-7072_2023_26_4_29

9. Петрейкина Н.С., Полутина Е.С., Яровая О.В., Вартанян М.А., Беляков А.В. Реологические свойства концентрированных водных суспензий на основе высокодисперсных кальций-

фосфатных порошков // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. 28. № 8 (157). С. 74–76.

10. Акиншин Д.В., Парамонова Н.Д., Россихина Л.А., Вартанян М.А., Яровая О.В. Реологические свойства концентрированных водных суспензий на основе оксида алюминия // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 3 (184). С. 7–9.

11. Zdorenko N.M., Min'ko N.I., Bessmertnyi V.S., Simachev A.V. Synergism of organo-mineral deflocculators in ceramic slips // Glass and Ceramics. 2014. Vol. 71. No. 1–2. Pp. 68–70. DOI:10.1007/s10717-014-9619-9

12. Слюсарь О.А., Здоренко Н.М. Модифицирующие комплексные добавки для каолиновых суспензий // Перспективные материалы. 2014. № 1. С. 44–48.

13. Slyusar A.A., Slyusar O.A., Zdorenko N.M. Rheological properties and critical structure-forming concentration of kaolin suspensions with complex additives // Glass and Ceramics. 2008. Vol. 65. No. 7–8. Pp. 285–286. DOI: 10.1007/s10717-008-9060-z

14. Слюсарь А.А., Здоренко Н.М., Горобец А.В. О влиянии комплексной разжижающей добавки на коллоидно-химические свойства суспензий каолина // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 4. С. 89–90.

15. Slyusar' A.A., Slyusar' O.A., Zdorenko N.M. Complex thinning additions for ceramic slips // Glass and Ceramics. 2009. Vol. 66. No. 7–8. Pp. 297–298. DOI: 10.1007/s10717-009-9187-6.

16. Пищ И.В., Климош Ю.А., Габалов Е.В. Влияние разжижающих добавок на реологические свойства керамических шликеров // Труды БГТУ. 2013. № 3. С. 106–109.

17. Mozgovoi G.V., Butman M.F., Kozlovskaya G.P., Nikolaeva E.V. Effect of complex thinning composition based on oxyethylidenediphosphonic acid, liquid glass, and soda on the structural-mechanical properties of a clay suspension // Glass and Ceramics. 2011. Vol. 68. No. 7–8. Pp. 267–269. DOI: 10.1007/s10717-011-9369-x

18. Kotova E.V., Mozgovoi G.V., Kozlovskaya G.P., Butman M.F. Complex thinner based on soda, liquid glass and oxyethylidenediphosphonic acid in ceramic casting technology // Glass and Ceramics. 2014. Vol. 71. No. 1–2. Pp. 71–74. DOI: 10.1007/s10717-014-9620-3

Информация об авторах

Бондаренко Надежда Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Басов Владислав Олегович, магистрант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: jeigjb@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Бондаренко Диана Олеговна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: di_bondarenko@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дороганов Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой технологии стекла и керамики. E-mail: dva_vadjik1975@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лукин Евгений Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии керамики и огнеупоров. E-mail: lukin.e.s@muctr.ru. Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева. Россия, 125047, Москва, Миусская площадь, д. 9.

Пивинский Александр Эдуардович, аспирант кафедры технологии стекла и керамики. E-mail: pivinskiy_aleed@edu.bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 09.09.2024 г.

© Бондаренко Н.И., Басов В.О., Бондаренко Д.О., Дороганов В.А., Лукин Е.С., Пивинский А.Э., 2024

***^{1,*}Bondarenko N.I., ¹Basov V.O., ¹Bondarenko D.O., ¹Doroganov V.A., ²Lukin E.S.,
¹Pivinskiy A.E.***

¹State Technological University named after V.G. Shukhov

²D.I. Mendeleev Russian Chemical Technical University

**E-mail: bondarenko-71@mail.ru*

INFLUENCE OF DEFLOCCULANTS ON THE RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CERAMOGRAHITE WASTE

Abstract: *The effect of deflocculants used for separation and removal of clots and sediments in slip on the rheological properties of porcelain stoneware waste was studied. The aim of the work was to determine their optimal concentration, which ensures the best dispersion and stabilization of porcelain stoneware waste. Studies were conducted with various concentrations of deflocculant, for which soda, liquid sodium glass, and a mixture of soda and liquid sodium glass in a 1:1 ratio were selected. The optimal concentration was 4 ml per 50 g of dry waste, which ensures the highest degree of particle stabilization. The results confirm the effectiveness of adding deflocculant to porcelain stoneware waste, which leads to a significant improvement in their rheological characteristics. It is noted that the use of soda as a deflocculant for porcelain stoneware polishing waste is ineffective. It has been established that liquid glass as a deflocculant provides a sharper increase in the shear modulus, while the viscosity decreases much more uniformly. The most preferable and effective deflocculant for slip has been determined – a mixture of soda and liquid glass with a ratio of 1:1. The use of various deflocculants can significantly facilitate the processing of porcelain stoneware waste, making them more suitable for reuse, which will lead to a decrease in the cost of their disposal and a reduction in the negative impact on the environment. The results of the work can be used in industry to optimize the processes of disposal and reuse of this waste.*

Keywords: *deflocculant, rheology, porcelain stoneware waste, slip, liquid glass, soda.*

REFERENCES

1. Kolesnikova L.A., Kovalchuk T.V. Problems and prospects of environmental safety of mining regions [Problemy i perspektivy bezopasnosti gornodobyvayushchikh regionov]. Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2021. No. 2–1. Pp. 275–286. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-21-0-275-286. (rus)

2. Nguyen T.T.H. The current situation with industrial and household waste in vietnam and other countries of the world [Tekushchaya situatsiya po primeneniyu s proizvodstvennymi i bytovymi otkhodami vo V'yetname i drugikh stranakh mira]. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. 2020. Vol. 1. No. 7. Pp. 146–151. DOI: 10.34684/ek.up.p.r.2020.07.01.020. (rus)

3. Antonova T.L., Evsikova E.V. Bases of legal regulation of handling with production and household waste and administrative responsibility for their violation [Osnovy pravovogo regulirovaniya obrashcheniy s proizvodstvennymi i bytovymi otkhodami i administrativnaya otvetstvennost' za ikh narusheniye]. Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Juridical science. 2020. Vol. 6 (72). No. 1. Pp. 402–418. (rus)
4. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Djumaniyazov Z.B., Boltabayev D.Z., Xujiyazov Sh.X., Ruzimov Yo.S. Influence of waste glass powder on the properties of ceramic slab based on less rock [Vliyaniye poroshka otkhodov stekla na svoystva keramicheskoy bruschatki na osnove lessovoy porody]. Glass and Ceramics. 2024. Vol. 97. No. 3 (1155). Pp. 30–36. DOI: 10.14489/glc.2024.03.pp.030-036. (rus)
5. Bondarenko N.I., Basov V.O., Datsenko A.O. Development of binding compositions using glass waste [Razrabotka sostavov vyazhushchikh s ispol'zovaniyem steklootkhodov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 1. Pp. 83–89. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-1-83-89. (rus)
6. Min'ko N.I., Dobrinskaya O.A., Bulgakov A.S. Technological features of using secondary products in the production of silicate materials // Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44. No. 3. Pp. 238–243. DOI: 10.1134/S1087659618030082.
7. Krakhmatova V.Y., Zakharov A.I., Andreev D.V., Krivoshepov A.F. Methods of additive technologies for the manufacture of ceramic products. Glass and Ceramics. 2019. Vol. 75. No. 11–12. Pp. 479–484. DOI: 10.1007/s10717-019-00116-3
8. Bondarenko N.I., Bondarenko D.O., Kovylova Y.V., Datsenko A.O. On the possibility of obtaining unfritted glazes for ceramic tiles with the use of secondary sources of raw materials [O vozmozhnosti polucheniya nefritovannykh glazurey dlya keramicheskoy plitki s primeneniym vtorichnykh istochnikov syr'ya]. Herald of Technological University. 2023. Vol. 26. No. 4. Pp. 29–32. DOI: 10.55421/1998-7072_2023_26_4_29. (rus)
9. Petreykina N.S., Polutina E.S., Yarovaya O.V., Vartanyan M.A., Belyakov A.V. Rheological behaviour of concentrated water dispersions based on fine calcium-phosphate powders [Reologicheskiye svoystva kontsentrirrovannykh vodnykh suspenziy na osnove vysokodispersnykh kal'tsiyfosfatnykh poroshkov]. Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2014. Vol. 28. No. 8 (157). Pp. 74–76. (rus)
10. Akinshin D.V., Paramonova N.D., Rosokhina L.A., Vartanyan M.A., Yarovaya O.V. Rheological behaviour of concentrated water dispersions based on aluminium oxide [Reologicheskiye svoystva kontsentrirrovannykh vodnykh suspenziy na osnove oksida alyuminiya]. Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2017. Vol. 31. No. 3 (184). Pp. 7–9. (rus)
11. Zdorenko N.M., Min'ko N.I., Bessmertnyi V.S., Simachev A.V. Synergism of organo-mineral deflocculators in ceramic slips. Glass and Ceramics. 2014. Vol. 71. No. 1–2. Pp. 68–70. DOI:10.1007/s10717-014-9619-9.
12. Slyusar O.A., Zdorenko N.M. Modifying complex additives for kaolinic suspensions [Modifitsiruyushchiye kompleksnyye dobavki dlya kaolinovykh suspenziy]. Perspektivnye materialy. 2014. No. 1. Pp. 44–48. (rus)
13. Slyusar A.A., Slyusar O.A., Zdorenko N.M. Rheological properties and critical structure-forming concentration of kaolin suspensions with complex additives. Glass and Ceramics. 2008. Vol. 65. No. 7–8. Pp. 285–286. DOI: 10.1007/s10717-008-9060-z.
14. Slyusar A.A., Zdorenko N.M., Gorobets A.V. On the influence of a complex thinning additive on the colloidal-chemical properties of kaolin suspensions [O vliyaniy kompleksnoy razzhizhayushchey dobavki na kolloidno-khimicheskiye svoystva suspenziy kaolina]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2008. No. 4. Pp. 89–90. (rus)
15. Slyusar' A.A., Slyusar' O.A., Zdorenko N.M. Complex thinning additions for ceramic slips. Glass and Ceramics. 2009. Vol. 66. No. 7–8. Pp. 297–298. DOI: 10.1007/s10717-009-9187-6.
16. Pish I.V., Klimosh Yu.A., Gabalov E.V. Influence of thinning additives on the rheological properties of ceramic slips [Vliyaniye razzhizhayushchikh dobavok na reologicheskiye svoystva keramicheskikh shlikerov]. Proceedings of BSTU. 2013. No. 3. Pp. 106–109. (rus)
17. Mozgovoi G.V., Butman M.F., Kozlovskaya G.P., Nikolaeva E.V. Effect of complex thinning composition based on oxyethylidenediphosphonic acid, liquid glass, and soda on the structural-mechanical properties of a clay suspension. Glass and Ceramics. 2011. Vol. 68. No. 7–8. Pp. 267–269. DOI: 10.1007/s10717-011-9369-x
18. Kotova E.V., Mozgovoi G.V., Kozlovskaya G.P., Butman M.F. Complex thinner based on soda, liquid glass and oxyethylidenediphosphonic acid in ceramic casting technology. Glass and Ceramics. 2014. Vol. 71. No. 1–2. Pp. 71–74. DOI: 10.1007/s10717-014-9620-3

Information about the author

Bondarenko, Nadezhda I., PhD, Assistant professor. E-mail: bondarenko-71@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Basov, Vladislav O., Master student. E-mail: jeigjb@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bondarenko, Diana O., PhD, Assistant professor. E-mail: di_bondarenko@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Doroganov Vladimir A., PhD, Assistant professor. E-mail: dva_vadjik1975@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Lukin Evgeny S., DSc, Professor. E-mail: lukin.e.s@muctr.ru. D.I. Mendeleev Russian Chemical Technical University, Russia, 125047, Moscow, Miuskaya Ploshchad, 9.

Pivinskiy Alexander E., Postgraduate student. E-mail: pivinskiy_aleed@edu.bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 09.09.2024

Для цитирования:

Бондаренко Н.И., Басов В.О., Бондаренко Д.О., Дороганов В.А., Лукин Е.С., Пивинский А.Э. Влияние дефлокулянтов на реологические характеристики отходов керамогранита. 2024. № 12. С. 82–92. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-12-82-92

For citation:

Bondarenko N.I., Basov V.O., Bondarenko D.O., Doroganov V.A., Lukin E.S., Pivinskiy A.E. Influence of defloculants on the rheological characteristics of ceramogranite waste. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 12. Pp. 82–92. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-12-82-92