

УДК 666.32(574.1)

**КЕРАМИЧЕСКИЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ  
(КЕРАМИЧЕСКИЙ ДОРОЖНЫЙ МАТЕРИАЛ) НА ОСНОВЕ  
ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА,  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ****Монтаев С.А., Жарылгапов С.М., Рыскалиев М.Ж.***Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск,  
e-mail: montaevs@mail.ru*

На сегодняшний день проблема автодорог остается актуальной. Отсутствие природных материалов, используемых в дорожном строительстве, во многих странах делает актуальным создание производства дорожных керамических материалов на основе дешевых глинистых пород. Проведен глубокий литературный обзор научных работ в производстве заполнителей, которые можно использовать вместо щебня, который применяется при устройстве дорог. Основным сырьевым материалом в нашем исследовании выбран дешевый сырьевой материал – суглинок Западного Казахстана, а модифицированная добавка – wollastonitсодержащий шлак фосфорного завода АО «КазФосфат» (г. Тараз). Проведены глубокие исследования химических свойств, микроструктуры, рентгенофазовый анализ сырьевых материалов. С учетом особенностей их свойств разработаны компонентные составы керамических масс. Содержание модифицирующей упрочняющей добавки составило до 3%. Разработаны технологические параметры производства дорожного материала и определены основные физико-механические свойства исследуемых образцов. Полученный щебень в 1,5–2 раза легче и обладает улучшенными на 25,0–30,0% теплофизическими и прочностными свойствами, что придает ему новые преимущества по сравнению с традиционным щебнем. Технология на основе дешевых сырьевых материалов, модифицированных отходами в виде wollastonitсодержащих шлаков, делает ее ресурсо- и энергосберегающей. В результате экспериментальных данных на основе суглинка, модифицированного шлаками, получили искусственный заполнитель с прочностными показателями и низким водопоглощением.

**Ключевые слова:** искусственный заполнитель, прочность, дорожный керамический материал, wollastonitсодержащий шлак, свойства

**ARTIFICIAL CERAMIC FILLER (CERAMIC ROAD MATERIAL)  
ON THE BASIS OF CLAY ROCKS OF WEST KAZAKHSTAN,  
MODIFIED WITH HARDENING ADDITIVE****Montaev S.A., Zharylgapov S.M., Ryskaliev M.Zh.***West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk,  
e-mail: montaevs@mail.ru*

Today, the problem of roads remains relevant. The lack of natural materials used in road construction in many countries makes the creation of the production of road ceramic materials based on cheap clay rocks topical. A deep literary review of scientific works in the production of aggregates, which can be used instead of rubble, which is used in road construction, has been carried out. In our study, the main raw material was selected as a cheap raw material – loam of Western Kazakhstan, and the modified additive – wollastonite-containing slag from the phosphoric plant JSC KazPhosphate, Taraz. In depth studies of chemical properties, microstructure, and X-ray phase analysis of raw materials have been carried out. Taking into account the peculiarities of their properties, component compositions of ceramic masses have been developed. The content of the modifying hardening additive was up to 3%. The technological parameters of the road material production have been developed and the main physical and mechanical properties of the studied samples have been determined. The resulting crushed stone is 1.5-2 times lighter and has 25.0-30.0% improved thermal and strength properties, which gives it new advantages over traditional rubble. The technology based on cheap raw materials, modified by waste in the form of wollastonite-containing heats, makes it resource- and energy-saving. As a result of experimental data based on loam modified with slags, we obtained an artificial aggregate with strength characteristics and low water absorption.

**Keywords:** artificial aggregate, strength, ceramic road material, wollastonite containing slag, properties

Индустриальная политика Республики Казахстан направлена на получение ресурсо- и энергосберегающих технологий в производстве строительных материалов. В строительной отрасли керамические заполнители имеют большое значение.

Сырьевые материалы, используемые предприятиями в Республике Казахстан в основном представлены низкосортными суглинками и глинами с высоким содержанием карбонатов и песком, что не позволяет получить высококачественный керамический материал [1, 2].

В данное время необходимость в использовании щебня для строительства в Западно-Казахстанской области осуществляется за счет заводов по производству щебня, использующих природные горные материалы. В основном они сосредоточены в районах, где находятся месторождения природных пород, пригодных для производства щебня [3].

В некоторых регионах Казахстана (Западный Казахстан, Атырау, Костанай и другие области) отсутствуют природные горные породы в связи с геологическими особенностями регионов. Стоимость при-

возных каменных материалов увеличивает в разы стоимость укладки дорожного полотна. Те области, которые не имеют своих природных материалов для производства заполнителей, могут использовать материалы из искусственного камня. Например, керамический материал – керамдор.

Многие ученые занимались проблемами в дорожном строительстве.

Так, в работе [4] была исследована возможность использования шлакощелочного материала в дорожном строительстве, который можно использовать вместо щебня и цемента. Научно-экспериментальные работы проводились с использованием местных глин и шлакощелочных смесей. Также была доказана технико-экономическая целесообразность их использования при сооружении оснований дорог.

Авторами исследован вопрос о возможности применения в дорожном строительстве вторичного щебня из строительного лома от сноса старых построек и боя кирпича. Было установлено, что такое их применение позволяет сократить потребление дорогостоящих каменных материалов, снизить транспортные расходы и сократить площади их хранения. Рекомендовано использовать их на трассах неинтенсивного движения, а также для устройства тротуаров [5].

В статье [6] исследовано применение щебня при устройстве основания дорожного полотна. Результаты исследований показали возможность использования бетонов на основе сланцевого щебня и вяжущих в дорожном полотне.

В статье [7] представлены результаты использования при устройстве дорожного полотна щебня, полученного из сталелитейного шлака. Были определены некоторые свойства, такие как истинная плотность, объемная плотность и др.

Целью работы является исследование получения керамдора на основе глинистых пород в композиции с упрочняющей добавкой.

Во многих видах бетонов в качестве крупного заполнителя используют щебень. Также щебень применяется как насыпной материал при укладке дорожного полотна.

Как известно, щебень может занимать в составе бетонов до 75%. Надежность и качество дорожного полотна зависит от качественного и прочного щебня.

Существует нехватка щебня, полученного по традиционной технологии: средняя плотность достигает 2500 кг/м<sup>3</sup>, что является высоким показателем. Заполнители, получаемые из природного камня, используются только для производства тяжелого бетона [8].

Создание керамических искусственных заполнителей делает материал более многофункциональным, обеспечивая не только производство тяжелого бетона, но также открывает широкую возможность производства легких теплоизоляционных конструктивных бетонов.

НИИ «Керамзит» имеет большой опыт применения технологий с использованием глинистых пород для получения высококачественного щебня. Этот опыт послужил основой для производства керамической технологии [9].

Известен зарубежный опыт использования высококачественных гранулированных керамических материалов для мостов и дорожного строительства в США, Японии, Норвегии, Германии, Финляндии и других странах [10].

В Российской Федерации было изготовлено несколько типов высококачественных заполнителей из различных видов местного сырья. Этот относительно новый тип искусственных заполнителей еще широко не используется в строительной отрасли.

#### Материалы и методы исследования

Технологический процесс получения керамического искусственного заполнителя (керамического дорожного материала) в промышленных условиях рекомендуется осуществлять по следующей технологической последовательности:

- а) транспортировка глинистой породы и волластонитсодержащей добавки к складу сырья;
- б) переработка сырья;
- в) гранулирование сырьевой массы;
- г) сушка гранул;
- д) обжиг полуфабрикатов;
- е) охлаждение обожженной гранулы;
- ж) сортировка и складирование готовой продукции.

Для проведения научно-экспериментальных работ в качестве основного сырья использован суглинок Чаганского месторождения (Западно-Казахстанская область) и волластонитсодержащий шлак (гранулированный шлак фосфорного завода АО «КазФосфат», г. Тараз) в качестве добавки.

Суглинок (рис. 1) состоит из монтмориллонитового компонента, также присутствуют образования гидрослюда, каолинита. На рис. 2 показана рентгенограмма.

Исследован шлак и определен его зерновой состав (табл. 1).

Таблица 1

Зерновой состав шлака

Диаметры отверстий, мм	>2	1,25	0,5	0,355	0,18	<0,14
Остаток, %	11–17	35–38	22–29	9–11	1–3	2–8

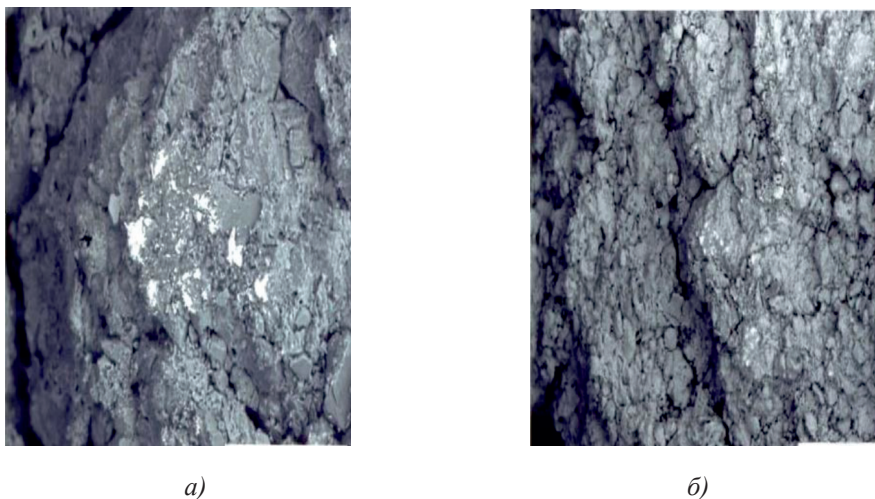


Рис. 1. Микроструктура суглинка Чаганского месторождения Западно-Казахстанской области в различных увеличениях: а – увеличение 100-кратное; б – увеличение 500-кратное

Суглинок содержит кварц, полевой шпат, кальцит и гематит.

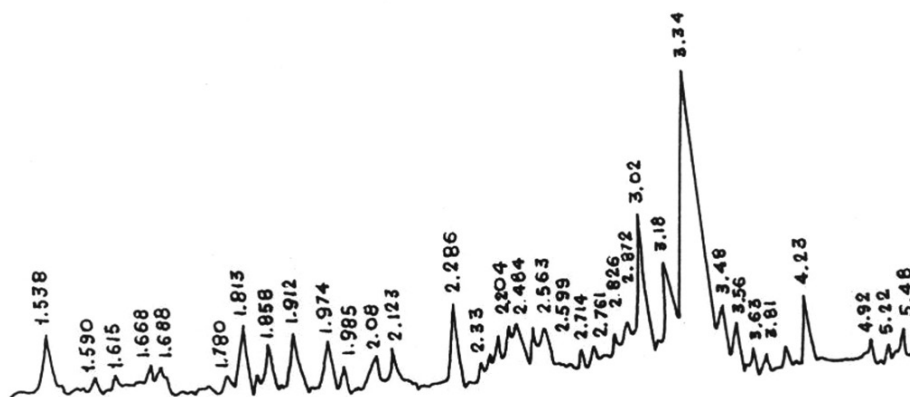


Рис. 2. Рентгенограмма суглинка Чаганского месторождения

Рентгенофазовый анализ (рис. 3) термообработанного шлака при 900 °С показывает наличие в нем волластонита ( $d/n = 3,85; 3,50; 3,30; 2,96; 2,706; 2,55; 2,34; 2,18; 2,02; 1,82; 10^{-10}$  м), мелилита ( $d/n = 3,06; 2,86; 2,47; 2,30; 1,98; 1,88; 10^{-10}$  м) и кюспидина ( $d/n = 3,30; 3,06; 2,55; 2,30 \cdot 10^{-10}$  м).

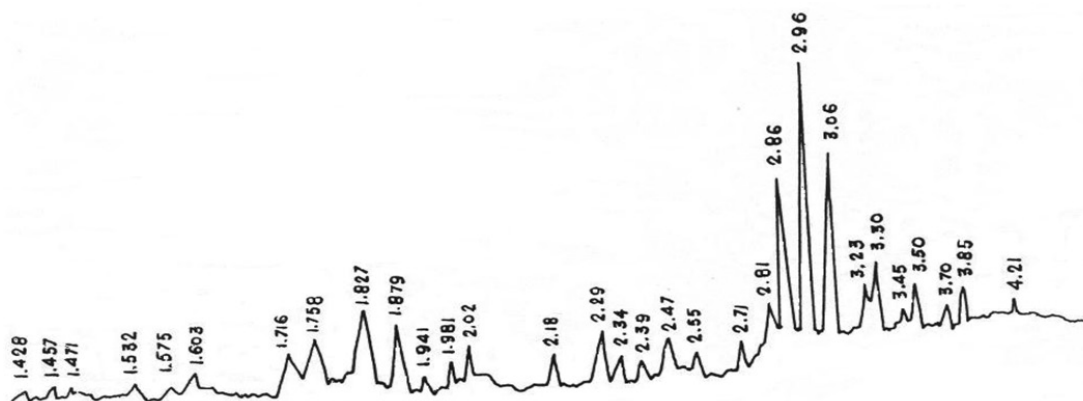


Рис. 3. Рентгенограмма гранулированного фосфорного шлака, термообработанного при 900 °С

Химические составы суглинка и волластонитсодержащего шлака приведены в табл. 2.

Сначала сырьевые материалы разламывают в шаровой мельнице МШЛ-1П до прохождения через сито № 1. Из сырьевых материалов готовится керамическая масса с добавлением воды. Конкретные компонентные составы показаны в табл. 3. Увлажненная однородная керамическая масса подается на гранулятор для гранулирования. Далее сырьевые гранулы сушат и обжигают во вращающейся печи RSR120/1000/13.

Исследуемая область температуры обжига 900–950 °С. После обжига образцы охлаждались и подвергались физико-механическим испытаниям (табл. 2).

### Результаты исследования и их обсуждение

Испытания физико-механических свойств керамических образцов проводились по ГОСТ 9758-2012.

Результаты показали, что при увеличении температуры обжига от 900 до 950 °С наблюдается улучшение спекания образцов. При этом водопоглощение и теплопроводность уменьшаются. Прочность при сдавливании в цилиндре увеличивается с добавлением гранулированного шлака до 6,98 МПа.

Полученный щебень 1,5–2 раза легче и на 25,0–30,0 % обладает улучшенными теплофизическими и прочностными свой-

ствами, что придает ему новые преимущества по сравнению с традиционным щебнем.

Разработанные сырьевые компоненты придают следующие свойства сырьевой массе в производстве керамических искусственных заполнителей (керамического доменного материала):

- улучшаются реологические свойства массы, благодаря содержанию в них тонкодисперсному состоянию тонкомолотого суглинка, способствующего облегчению работ перемешивающего и формующего оборудования;

- снижается чувствительность керамической массы к ускоренной сушке, так как гранулированный доменный шлак естественного гранулометрического состава обладает низкой водоудерживающей способностью, обеспечивающей равномерное удаление влаги по всей поверхности сырьевых гранул, и предотвращает появления сушильных трещин;

- повышается сырьевая прочность гранул, так как происходит взаимоупаковка зерен тонкомолотого суглинка между частицами гранулированного шлака естественного гранулометрического состава.

Таблица 2

Химические составы сырьевых материалов

Наименование сырья	Оксидный состав, мас. %											
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ППП
Суглинок	52,58	12,25	–	12,0	2,13	5,1	2,57	–	–	3,6	–	9,78
Волластонитсодержащий шлак	41,3	5,58	–	46,1	2,04	0,15	0,6	1,7	1,1	0,6	–	0,94

Таблица 3

Компонентные соотношения керамической массы

№ состава	Компоненты, мас. %	
	Суглинок	Волластонитсодержащий шлак
1	98,0	2,0
2	97,0	3,0

Таблица 4

Физико-механические свойства полученного продукта

№ состава	Температура обжига, °С	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение %	Теплопроводность, Вт/м·К	Прочность, МПа
1	900	1065	13,72	0,11	6,5
	950	1080	11,53	0,12	6,62
2	900	1072	13,77	0,12	6,91
	950	1075	11,9	0,12	6,98

Предлагаемый метод позволяет использовать низкокачественные лессовидные су-глинки в композиции с волластонитсодержащим шлаком. Тем самым способствует расширению сырьевой базы для производства керамических искусственных заполнителей для промышленного, гражданского и дорожного строительства.

#### Выводы

Предлагаемая технология является перспективной для стабильного обеспечения щебнем тех регионов, где отсутствуют месторождения горных пород для производства щебня требуемого качества. Это переведет его из дефицитного и дорогого материала в разряд легкодоступного и сравнительно дешевого материала.

#### Список литературы

1. Мюррей Н.Н. Минералогия глин // *Applied Clay Science*. Elsevier BV. 2007. № 2. С. 150–159.
2. Монтаев С.А., Адилова Н.Б. Технология производства лицевой стеновой керамики на основе двухкомпонентного состава // *Вестник НИА РК*. 2013. № 2 (48). С. 122–126.
3. Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Жарылгапов С.М., Монтаева А.С., Щучкин С.В. Исследование керамической композиции для получения легкого заполнителя // *Успехи современного естествознания*. 2012. № 6. С. 40–41.
4. Чазов А.В., Шишмакова М.С. Шлакощелочные материалы в дорожном строительстве // *Вестник ПНИНУ. Строительство и архитектура*. № 1. 2012. С.114–117.
5. Романенко И.И., Романенко М.И., Петровнина И.Н., Пинг Э.М., Еличев К.А. Вторичное использование в дорожном строительстве щебня, полученного из дробленого бетона // *Интернет-журнал Науковедение*. 2015. Т. 7. № 1 (26). С. 86.
6. Клюев С.В., Авилова Е.Н. Бетон для строительства оснований автомобильных дорог на основе сланцевого щебня // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. № 2. С. 38–41.
7. Немчинов М.В., Иваньски М. Применение в ЦМА щебня из шлаков сталелитейного производства // *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2007. № 1. С. 20–23.
8. Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Жарылгапов С.М. Технология переработки кремнистой породы опоки для получения искусственного щебня // *Новости науки Казахстана*. 2013. Вып. 3 (117). С. 54–59.
9. Указания по испытанию глинистого сырья для производства керамзитового гравия и песка. Изд. 2-е, испр. и доп. ВНИИ-Стром, НИИ Керамзит, Куйбышев, 1980. 63 с.
10. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К. Высокопрочный керамзит и керамдор для несущих конструкций и дорожного строительства // *Строительные материалы*. 2010. № 1. С. 9–11.