

**С.А. Монтаев<sup>1</sup>, Б.Т. Шакешев<sup>1\*</sup>, Б.Л.Ідірісов<sup>1</sup>, К.Ж.Досов<sup>1</sup>,  
Р.А.Риставлетов<sup>2</sup>, Б.А.Омаров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,  
Уральск, Казахстан

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан

\*Corresponding author: [bekshakeshev@mail.ru](mailto:bekshakeshev@mail.ru)

#### **Информация об авторах:**

Монтаев Сарсенбек Алиакбарович – доктор технических наук, профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>, email: [montaevs@mail.ru](mailto:montaevs@mail.ru)

Шакешев Бекбулат Темержанович – кандидат технических наук, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-7470-9221>, email: [bekshakeshev@mail.ru](mailto:bekshakeshev@mail.ru)

Ідірісов Бексұлтан Лепесұлы - магистрант, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-3586-7128>, email: [beksultan.idirisov@mail.ru](mailto:beksultan.idirisov@mail.ru)

Досов Каржаубай Жанабаевич - докторант, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-3198-2150>, email: [cargau\\_68@mail.ru](mailto:cargau_68@mail.ru)

Риставлетов Райымберди Аманович - доктор технических наук, Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-7106-6611>, email: [rar\\_1967@mail.ru](mailto:rar_1967@mail.ru)

Омаров Берик Аманкельдиевич - докторант, Южно-Казахстанский университет им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-3347-4232>, email: [Omrbe@mail.ru](mailto:Omrbe@mail.ru)

## **СЫРЬЕВАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ БРУСЧАТОК МЕТОДОМ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения физико-механических и химико-минералогических характеристик сырьевых материалов и предложена сырьевая композиция на основе глины для создания технологии керамической брусчатки методом вибропрессования с использованием тальковой породы. Исследованы составы керамических композиций для получения керамической брусчатки с учетом доминирующих факторов двух-компонентной смеси для улучшения формовочных, сушильных и физико-механических свойств готовой продукции

**Ключевые слова:** керамическая брусчатка, обжиг, суглинок, керамика, вибропрессование, тротуар, благоустройство, строительство.

**Введение.** Долгосрочные планы развития городов неразрывно связано с увеличением темпов строительства жилых комплексов, индивидуального жилья и других социально значимых объектов. В развитии городской территории особую роль играет решение комплекса вопросов по их благоустройству для комфортабельного проживания населения. При этом одним из важных задач является благоустройство тротуаров, внутридворовых дорог и детских площадок, а также скверов, аллей и парковых зон, которые требуют большого количества широкого ассортимента дорожно-строительных материалов.

В настоящее время для решения этих задач широко используются бетонные брусчатки различной конфигурации и асфальтобетон. Однако, как показывает, практика в процессе эксплуатации этих дорог часто наблюдается их разрушение (рис. 1).



Рисунок 1 – Фрагменты разрушения тротуаров, устроенных из бетонных брусчаток

Дело в том, бетонные брусчатки обязательно подвергаются действиям сульфатных солей кислот и щелочей, так как они обязательно присутствуют в составе грунтов укладываемой поверхности и дополнительно подвергаются действиям химических реагентов, поступающих от внешней среды (дожди, автомобильные масла, грунтовые воды и т.п.). Под действием этих химических реагентов бетонные брусчатки и изделия, изготовленные на основе цементных вяжущих, подвергаются коррозии, вследствие чего они со временем разрушаются.

При выборе строительных материалов для устройства городских дорог и тротуаров очень важно учесть и экологический фактор, заключающийся в смягчении эффекта «островного» тепла, выделяемого из поверхностей городских дорог и тротуаров.

Одним из перспективных материалов для устройства городских тротуаров и других социально значимых территорий и площадей являются керамические брусчатки. Общеизвестно что, керамические материалы обладают высокой химической устойчивостью (98-99%) по отношению к растворам солей, кислот и щелочей, благодаря которому изделия не разрушаются под действием сульфатных солей, кислот и щелочей, а также имеют более эстетичный вид (рис. 2).



Рисунок 2 – Фрагменты тротуаров, устроенных из керамических брусчаток и плиток

Кроме того, керамические материалы сильно не нагреваются под действием солнечного тепла из-за низкого показателя коэффициента теплопровод-

ности. Однако для успешного развития производство керамических материалов необходимо учесть факторы ресурсо- и энергосбережения [2].

Наиболее важным технологическим этапом при производстве керамических материалов является предварительная подготовка сырьевых компонентов, которая требует значительных энергетических и ресурсных затрат. В результате исследований ученых [3] по анализу современных технологии производства керамических плиток по сухому и мокрому способу выявлено, что в процессе подготовки сырья используется больше энергии и воды и, следовательно, является более дорогостоящим как с экономической, так и с экологической точки зрения. Учеными предложены альтернативные методы подготовки сырья, позволяющие значительно снизить энергии и воды.

Перспективными исследованиями в этом направлений являются труды ученых по разработке технологии производства клинкерного кирпича для устройства дорог и тротуарных плиток [4-6]. Поэтому проведение научно-экспериментальных в этом направлений является актуальной задачей, так как в результате использования новых сырьевых материалов необходимы новые научные подходы касательно разработки технологических параметров производства керамических изделий с учетом их химико-минералогического состава и физико-механических свойств.

*Цель работы* – исследование возможности производства керамической брусчатки методом вибропрессования на основе сырьевой композиции глино-тальковая порода.

**Материалы и методы.** В качестве основного сырья была выбрана глина Западно-Казахстанского месторождения. В качестве модифицирующей добавки использована тальковая порода Шиелийского месторождения Кызылординской области.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился на дифрактометре ДРОН-3 с СиКа-излучением в интервале углов 80-640. Чувствительность метода составляет от 1 до 2%. Рентгенофазовому анализу подвергались порошки глины и тальковой породы, прошедшие через сито 0,315.

Определение химико-минералогического состава исследуемых сырьевых компонентов проводилось с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6390LV с системой энергодисперсионного микроанализа, на рентгеновском дифрактометре X'Pert PRO MPD, масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой ICP-MS Agilent 7500cx (фирма JEOL, Япония).

По результатам исследований глина Западно-Казахстанского месторождения содержит до 15% монтмориллонитового компонента, находящегося в форме смешаннослойных образований с гидрослюдой и каолинитом. Из кристаллических фаз в глине также содержится кварц  $d/n=4,23; 3,34; 1,974; 1,813; 1,538 \cdot 10^{-10}$ м, полевой шпат  $d/n=3,18; 2,286 \cdot 10^{-10}$  м, кальцит  $d/n=3,02; 2,018; 1,912 \cdot 10^{-10}$ м и гематит  $d/n=1,839; 1,686; 1,590 \cdot 10^{-10}$ м.

По содержанию  $Al_2O_3$  глина относится к группе кислого сырья, а по огнеупорности к легкоплавким. По содержанию  $Fe_2O_3$  к сырью с высоким содержа-

нием красящих оксидов. По числу пластичности, равному 13,5, суглинок Западно-Казахстанского месторождения относится к умеренно-пластичным.

В результате анализа химико-минералогического состава установлено, что тальковая порода Шиелийского месторождения является магнезитовым сырьем, в состав которого в качестве основных породообразующих минералов входят: тальк (49,2-53,6%) и магнезит (35,8- 40,6%). Кроме того, имеются следующие минералогические примеси: кальцит, хлорит, карбонат, магнетит, хромит, гидроксиды железа.

Электронно-микроскопические исследования показали, что кристаллы талька имеют чешуйчатый, таблитчатый, гексоганальный и ромбический облик. Тальковая порода Шиелийского месторождения отличается высокой кислотостойкостью и щелочестойкостью.

Для проведения экспериментальных исследований сырьевые материалы сначала высушивали и размалывали в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности 1200-1500 г/см<sup>2</sup>. Подготовка составов керамических масс производилась путем добавления к глине тальковой породы в количестве до 7,0%. Отдозированные в нужных пропорциях компоненты перемешивали в сухом виде, после чего в сухую смесь добавлялась вода в количестве 10-12% от массы сухих компонентов. Из полученной смеси формовали образцы цилиндры методом вибропрессования с диаметром и высотой по 5 см. Отформованные изделия сушили в сушильном шкафу при  $t=100-110^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы.

**Результаты и обсуждение.** Для исследования выбраны наиболее важные эксплуатационные характеристики керамики, как огневая усадка, прочность при сжатии и изгибе, средняя плотность, водопоглощение и морозостойкость.

На начальном этапе исследования с целью определения зависимости физико-механических свойств керамической композиции от содержания тальковой породы обжиг производили только при одной фиксированной температуре. За фиксированную температуру обжига принимали 1000<sup>o</sup>C, так как в обжигательных печах большинство заводов по выпуску стеновой керамики на основе глины температура в зоне максимальной температуры обжига обычно составляет 1000-1100<sup>o</sup>C.

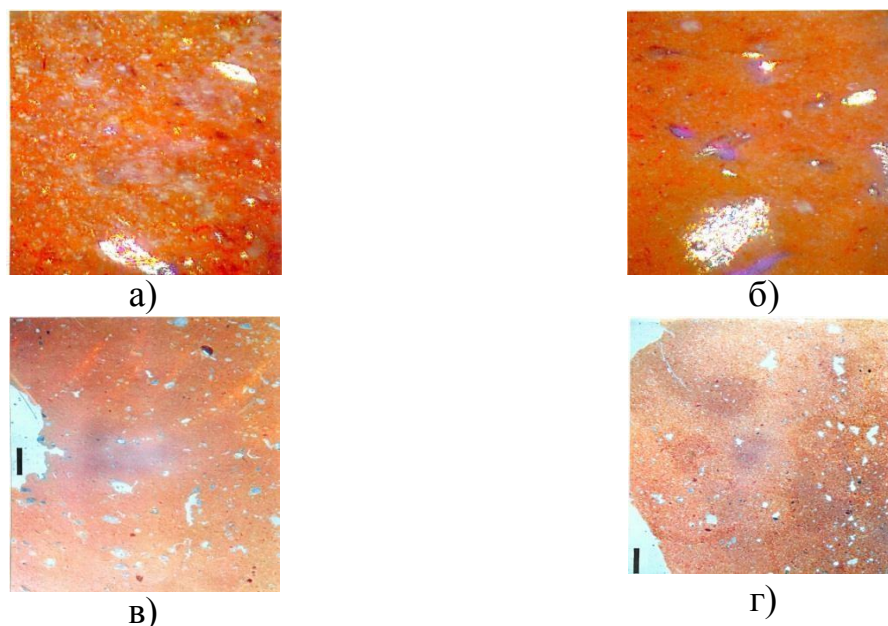
Обжиг производили в лабораторной электрической печи камерного типа марки СНОЛ 58/350. Физико-механические свойства керамической композиции глино-тальковая порода при фиксированной температуре обжига приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства керамической композиции глино-тальковая порода при фиксированной температуре обжига

| Содержание талька, % | Огневая усадка, % | Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> | Прочность, МПа |            | Водопоглощение, % | Морозостойкость, цикл |
|----------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------|------------|-------------------|-----------------------|
|                      |                   |                                      | при сжатии     | при изгибе |                   |                       |
| 3,0                  | 1.8               | 1,865                                | 27,17          | 2,13       | 19,8              | 47                    |
| 5,0                  | 2.3               | 1,884                                | 30,65          | 2.74       | 18.4              | 49                    |
| 7,0                  | 3.4               | 1,910                                | 34,42          | 3,56       | 16,5              | 53                    |

Как показывают результаты экспериментальных исследований, с увеличением содержания талька от 3,0% до 7%, наблюдается общая тенденция роста прочности при сжатии образцов. Так прочность образцов с содержанием талька 3% составляет 27,17 МПа, а дальнейшее увеличение его содержания до 7% способствовало росту прочности образцов до 34,42 МПа. Следует отметить, что повышение прочностных показателей образцов сопровождается увеличением огневой усадки и показателей морозостойкости, что свидетельствует о повышении степени спекаемости керамической композиции. Об этом свидетельствует и увеличение показателей средней плотности, и снижение водопоглощения термообработанных образцов. Анализ показывает, что увеличение содержания тальковой породы только до 7% повышает показатели огневой усадки от 1,8% до 3,4%, т.е. почти в 2 раза.

Результаты рентгенофазового анализа также показывают, при обжиге образцов при 1000<sup>0</sup>С параллельно с линиями глинистых минералов увеличивается и интенсивность дифракционных максимумов высокотемпературных фаз – авгита и санидина, существенно снижается интенсивность дифракционных максимумов кварца, исчезает кальцит. При введении 5% талька на рентгенограмме образца, при обжиге 1000<sup>0</sup>С, количество санидина начинает увеличиваться, появляется еще дополнительная высокотемпературная фаза – акерманит (рис. 3).



а – содержание талька 2%; б – то же 3%; в – то же 5%; г – то же 7%

Рисунок 3 – Микроструктура керамических композиций глино-тальковая порода

Для подтверждения лабораторных исследований на практике нами были отформованы керамические брусчатki на производственной установке «Мастек-Метеор», работающей по принципу вибропрессования. Керамическая масса обладала удобоформуемостью и, соответственно, хорошей сырцово́й прочностью, что обеспечивает достаточные условия для выполнения дальнейших технологических операций получения готовой продукции. Отформованные брусчатki под-

вергались сушке в сушильном шкафу марки ШСП-0,5-70 при температуре 70-75°C по специально разработанному режиму до остаточной влажности 5-7%. После сушки брусчатки обжигались в электрической печи при температуре 1000°C с выдержкой при конечной температуре 2 часа. Обожженные брусчатки охлаждались при отключенной печи до комнатной температуры (рис. 5). Полученные образцы имели четкие грани и плотноспеченную структуру.

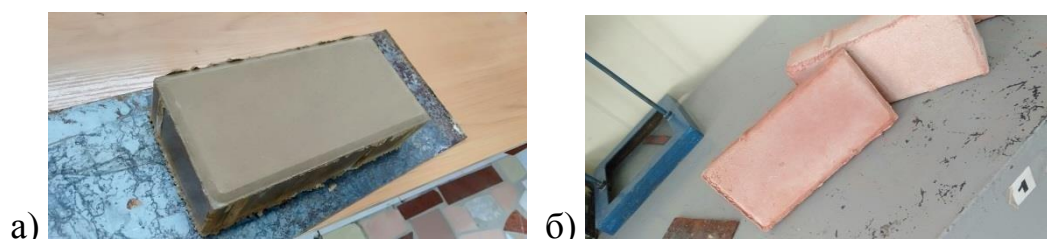


Рисунок 4 – Образцы керамических брусчаток на основе сырьевой композиции глино-тальковая порода: а – отформованный сырец; б – обожжённые образцы керамических брусчаток

### Заключение

1. По результатам изучения физико-механических и химико-минералогических характеристик сырьевых материалов предложена сырьевая композиция на основе глины для создания технологии керамической брусчатки методом вибропрессования с использованием тальковой породы.

2. Исследованы составы керамических композиций для получения керамической брусчатки с учетом доминирующих факторов двухкомпонентной смеси для улучшения формовочных, сушильных и физико-механических свойств готовой продукции.

3. Установлено, что введение талька в керамическую композицию способствует образованию высокотемпературных фаз авгита и амфибола, и усилению процессов минералообразования в глине, с образованием высокотемпературных фаз – санидина, акерманита и авгита, обеспечивающих образцам высокие физико-механические свойства.

### Литература:

1. Abbas Mohajerani, Jason Bakaric, Tristan Jeffrey-Bailey. *The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete // Journal of Environmental Management.* – 2017. – №197. – С. 522-538.
2. Zhigulina A.Y., Montaeв S.A., Zharylgapov S.M. *Physical-mechanical properties and structure of wall ceramics with composite additives modifications // Procedia Engineering.* – 2015. – Volume 111. – P. 896-901.
3. Mezquita A., Monfort E., Ferrer S., Gabaldón-Estevan D. *How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route // Journal of Cleaner Production.* – 2017. – Volume 168. – P. 1566-1570.
4. Mustafin N.R., Aschmarin G.D. *Die Klinkerkeramik auf Grund des Kieselerderohstoffes und der technogenischen Abfallstoffe // «Keramische Zeitschrift».* – 2006. – № 46. – P. 80-81.
5. Мустафин А.В., Ашмарин Г.Д. *Клинкерная керамика на основе кремнеземистого сырья и техногенных отходов // «Строительные материалы».* – 2006. – № 1. – С. 32-33.

6. Шамиуров А.В., Гридчин А.М., Лесовик В.С., Строчкова В.В. Сырьевая смесь для получения обжиговых дорожно-строительных материалов на основе кварцевых песков и способ их изготовления // Патент Российской Федерации № 2205810, МПК 7 C04B35/14, 35/16 на изобретение № 16, 2003, С 432.

**References:**

1. Abbas Mohajerani, Jason Bakaric, Tristan Jeffrey-Bailey. The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete // *Journal of Environmental Management*. – 2017. – №197. – P. 522-538.
2. Zhigulina A.Y., Montaeв S.A., Zharylgapov S.M. Physical-mechanical properties and structure of wall ceramics with composite additives modifications // *Procedia Engineering*. – 2015. – Volume 111. – P. 896-901.
3. Mezquita A., Monfort E., Ferrer S., Gabaldón-Estevan D. How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – Volume 168. – P. 1566-1570.
4. Mustafin N.R., Ashmarin G.D. Die Klinkerkeramik auf Grund des Kieselerderohstoffes und der technogenischen Abfallstoffe // «*Keramische Zeitschrift*». – 2006. – № 46. – P. 80-81
5. Mustafin A.V., Ashmarin G. D. Clinker ceramics based on silica raw materials and technogenic waste // *Construction materials*. – 2006. – No.1. – P. 32-33.
6. Shamshurov A.V., Gridchin A.M., Lesovik V.S., Strokova V.V. Raw mix for obtaining roasting road-building materials based on quartz sands and a method for their manufacture // Patent of the Russian Federation No. 2205810, IPC 7 C04B35 / 14, 35/16 for invention No. 16, 2003.

**С.А. Монтаев<sup>1</sup>, Б.Т. Шакешев<sup>1\*</sup>, Б.Л.Ідірісов<sup>1</sup>, К.Ж.Досов<sup>1</sup>,  
Р.А.Риставлетов<sup>2</sup>, Б.А.Омаров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

<sup>2</sup> М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

\*Corresponding author: bekshakeshev@mail.ru

**Авторлар жайлы ақпарат:**

Монтаев Сарсенбек Алиакбарович – техника ғылымдарының докторы, профессор, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>, email: montaevs@mail.ru

Шакешев Бекбулат Темержанович – техника ғылымдарының кандидаты, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-7470-9221>, email: bekshakeshev@mail.ru

Ідірісов Бексұлтан Лепесұлы - магистрант, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-3586-7128>, email: beksultan.idirisov@mail.ru

Досов Каржаубай Жанабаевич - докторант, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-3198-2150>, email: cargau\_68@mail.ru

Риставлетов Райымберди Аманович - техника ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-7106-6611>, email: rar\_1967@mail.ru

Омаров Берик Аманкельдиевич - докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-3347-4232>, email: Omrbe@mail.ru

## ДІРІЛДІ ПРЕСТЕУ ӘДІСІМЕН КЕРАМИКАЛЫҚ ТӨСЕМДЕРДІ ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ШИКІЗАТ ҚОСПАСЫ

**Аңдатпа.** Мақалада шикізат материалдарының физика-механикалық және химиялық-минералогиялық сипаттамаларын зерттеу нәтижелері және тальк жынысын қолдана отырып, вибропрестеумен керамикалық төсем технологиясын жасау үшін саз негізіндегі шикізат құрамы ұсынылған. Дайын өнімнің қалыптау, кептіру және физика-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін екі компонентті қоспаның басым факторларын ескере отырып, керамикалық төсемдерді алуға арналған керамикалық композициялар зерттелді.

**Түйін сөздер:** керамикалық брусчатка, күйдіру, саздауыт, керамика, вибропрестеу, тротуар, абаттандыру, құрылыс.

**S. A. Montaev<sup>1</sup>, B. T. Shakeshev<sup>1\*</sup>, B. L. Idirisov<sup>1</sup>, K. Zh.Dosov<sup>1</sup>, R. A. Ristavletov<sup>2</sup>, B.A. Omarov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan

<sup>2</sup>South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

\*Corresponding author: bekshakeshev@mail.ru

### Авторлар жайлы ақпарат:

Montaev Sarsenbek – Doctor of Technical Sciences, Professor, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-5072-8989>, email: montaevs@mail.ru

Shakeshev Bekbulat – Candidate of Technical Sciences, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-7470-9221>, email: bekshakeshev@mail.ru

Idirisov Beksultan - Master's degree student, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-3586-7128>, email: beksultan.idirisov@mail.ru

Dosov Karzhaubai - Doctoral student, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-3198-2150>, email: cargau\_68@mail.ru

Ristavletov Raiymberdy - Candidate of Technical Sciences, South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-7106-6611>, email: rar\_1967@mail.ru

Omarov Yerik - Doctoral student, South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-3347-4232>, email: Omrbe@mail.ru

## RAW MIX FOR THE PRODUCTION OF CERAMIC PAVING STONES BY VIBRO PRESSING

**Abstract.** *The article presents the results of studying the physical-mechanical and chemical-mineralogical characteristics of raw materials and suggests a raw material composition based on clay for creating a technology of ceramic paving stones by vibropressing using talc rock. The compositions of ceramic compositions for the production of ceramic paving stones are studied, taking into account the dominant factors of a two-component mixture to improve the molding, drying and physical and mechanical properties of the finished product*

**Keywords:** *ceramic paving stones, roasting, loam, ceramics, vibrocompression, sidewalk, landscaping, construction.*