

УДК 691(075.8)

https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/25

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОМПОЗИТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ АКТИВАЦИИ

©Салиева М. Г., ORCID: 0000-0002-4572-5772, SPIN-код: 1493-7058, Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызская Республика, salieva.minavar@bk.ru
©Ташполотов Ы., ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN-код: 2425-6716, д-р физ.-мат. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызская Республика, itashpolotov@mail.ru

IMPROVING THE QUALITY OF COMPOSITE CERAMIC PRODUCTS USING VARIOUS TYPES OF ACTIVATION

©Salieva M., ORCID: 0000-0002-4572-5772, SPIN-code:1493-7058,
Osh Technological University, Osh, Kyrgyz Republic, salieva.minavar@bk.ru
©Tashpolotov Y., ORCID:0000-0001-9293-7885, SPIN- code:2425-6716, Dr. habil.,
Osh State University, Osh, Kyrgyz Republic, itashpolotov@mail.ru

Аннотация. Предметом данной статьи является разработка композиционных материалов с использованием методов активации сырья и активации воды. В этой статье основной упор делается на электрическую активацию воды, используемой при приготовлении керамической массы. Электрохимическая активация воды осуществляется в электролизере с анодной и катодной зонами постоянным магнитным полем. Для электроактивации воды были проведены следующие работы. Воду помещали в емкость с электродами (анодом и катодом) и подвергали воздействию электрического поля. На первом этапе перед активацией измерялся водородный показатель pH среды воды. После завершения активации, заново измеряли водородный показатель pH среды активированной воды, затем фильтровали для удаления образовавшихся осадков. Для получения композиционных материалов использовалась глина Тулейкенского месторождения в южном регионе Кыргызстана. Готовые образцы прошли испытания на прочность на сжатие, водопоглощение и морозостойкость. Результаты показали, что механоактивация глины и электроактивация воды положительно влияют на их прочность, водопоглощение и морозостойкость. Осадки, выделяющиеся в процессе активации, позволяют удалить из воды солеподобные вещества. Таким образом, предлагаемый способ позволяет повысить качество композитных керамических материалов и снизить затраты на производство.

Abstract. The subject of this article is the development of composite materials using methods of activation of raw materials and activation of water. This article focuses on the electrical activation of water used in the preparation of ceramic mass. Electrochemical activation of water is carried out in an electrolyzer with anode and cathode zones with a constant magnetic field. The following works were carried out for the electroactivation of water. Water is placed in a container with electrodes (anode and cathode) and exposed to an electric field. At the first stage, before activation, the hydrogen index pH of the water medium was measured. After activation was complete, the pH of the activated water was measured again and then filtered to remove any sediment that had formed. To obtain composite materials, clay from the Tuleiken deposit in the southern region of Kyrgyzstan was used. Grinding of raw materials in the process of mechanical activation leads to an increase in the homogeneity and density of the product microstructure, a decrease in energy costs, and an improvement in the quality of the finished product. The finished

samples were tested for compressive strength, water absorption, and frost resistance. The results showed that mechanical activation of clay and electrical activation of water have a positive effect on their strength, water absorption, and frost resistance. The sediments released during the activation process allow the removal of salt-like substances from water. The precipitates released during the activation process allow the removal of salt-like substances from the water. Thus, the proposed method allows for the improvement of the quality of composite ceramic materials and reduces production costs.

Ключевые слова: механическая активации, электрическая активация, сушка, температура обжига, усадка, время выдержки, пластичность, суглинков, глина.

Keywords: mechanical activation, electrical activation, drying, firing temperature, shrinkage, exposure time, plasticity, loam, clay.

С целью повышения качества композиционных керамических изделий применяют различные виды активации. Например, одним из наиболее распространенных методов активации является механическая активация. Механическую активацию обычно осуществляют путем измельчения. В этом случае для измельчения используют шаровые или вибрационные мельницы. Измельчение приводит к разрушению внутренней структуры сырья, снижению энергозатрат при приготовлении, повышению однородности и плотности микроструктуры продукта. Изучалась механоактивация при пластическом формовании керамических масс. Рассмотрено влияние механоактивации на сырье и изменение физико-технических характеристик материалов и изделий, полученных в результате этого процесса [1-5].

Ряд исследователей рассматривают теоретическое обоснование концепции использования различных видов физической активации воды с целью изменения ее свойств и целенаправленного воздействия на структурные и коагуляционные свойства керамики [6, 7]. В настоящее время существуют различные методы и технологии очистки воды. Проводятся работы по очистке воды ультрафиолетовым излучением, электрическими и магнитными методами. Проведены исследования по методу активации воды и получен патент. Данная работа предусматривает очистку воды под воздействием электрического поля, создаваемого в анодной и катодной зонах электролизера [8].

В анодной и катодной зонах электролизера создается дополнительное постоянное магнитное поле. Используя этот метод, они увеличили эффективность и степень активации воды. В работе авторов исследованы антиоксидантные свойства электрохимически активированных фракций воды, полученных в диафрагменном электролизере [9].

Сначала были определены свойства исходных проб дистиллированной и питьевой воды. После этого были определены качественные и количественные свойства вод, подвергнутых электрохимической активации без добавления реагентов, и доказано, что католит обладает антиоксидантными свойствами независимо от минерализации родниковой воды. В результате электрохимической активации с помощью постоянного тока, вода приобретает ряд аномальных свойств. В химической чистой воде концентрация ионов водорода и гидроксид ионов одинакова, вследствие чего вода имеет нейтральную реакцию. При растворении многих солей в воде их ионы, образующиеся в результате диссоциации, вступают во взаимодействие с ионами воды, при этом может произойти связывание ионов H^+ или OH^- с ионами соли с образованием малодиссоциирующих соединений [10].

Изучены водородные связи между молекулами воды с использованием электрических и магнитных полей [11]. Когда вода протекает через электрическое или магнитное поле с постоянной скоростью при определенных условиях, она становится активированной водой и называется электрически активированной водой или магнитно-активированной водой. Активация сырья является перспективным методом улучшения физико-технологических свойств получаемых материалов и изделий. В настоящее время актуально использование новых технологий для разработки конкурентоспособных композиционных строительных материалов из экологически чистого природного сырья.

Материалы и методы исследования

Для исследования по активизации был создан активатор, на основе приведенной принципиальной схемы на Рисунке 1.

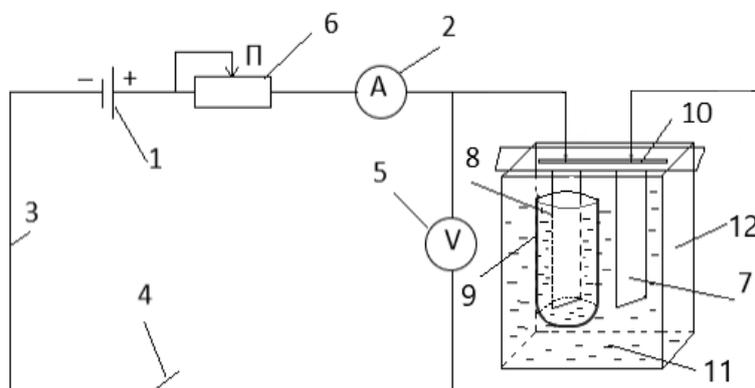


Рисунок 1. Принципиальная схема электроактиватора воды: 1 – источник электропитания; 2 – амперметр (А); 3 – соединительные провода электрической цепи; 4 – выключатель, который соединяет и разъединяет электрическую цепь; 5 – вольтметр (V); 6 – потенциометр для регулирования мощности; 7 – катод – отрицательный электрод; 8 – анод-положительный электрод; 9 – мешочек из брезента; 10 – выпрямитель, подвижные контакты для регулирования расстояний между электродами; 11 – вода-электролит, проводящий ток; 12 – сосуд-емкость

Установка работает следующим образом: в емкость наливается вода, в эту емкость, помещается электролизер, состоящий из катода и анода. К выпрямителю с плюсовой стороны крепится анод. На этой пластине, в свою очередь, закрепляется мешочек из брезента. При подаче электрического тока вода активируется электрическим полем, создаваемым между анодом и катодом. Перед активацией измерили значение водородного показателя рН среды обычной водопроводной воды. Отмечая время и напряжение, измеряли силу тока в амперметре. После процесса измеряли значение рН среды активированной воды, и полученные данные занесли в Таблицу 1.

Таблица 1

**ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ рН ВОДЫ
 ДО И ПОСЛЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ**

I, A	V, B	Водородный показатель, рН			Время выдержки t, мин
		Обычной воды	Анолит	Католит	
0,56	15	8,08	6,58	8,90	20
0,52	15	8,46	6,33	9,06	30
0,39	15	8,44	5,33	9,66	60

На Рисунке 2 показано влияние электрического или магнитного поля на кластеры молекул воды [11]. Водородные связи могут изменяться из-за приложения электрического поля, что приводит к изменению его свойств. В то же время для активированной воды существует «эффект времени», то есть после обработки воды электрическим или магнитным полем изменяются ее соответствующие физические свойства, и это изменение может сохраняться в течение некоторого времени до активации.

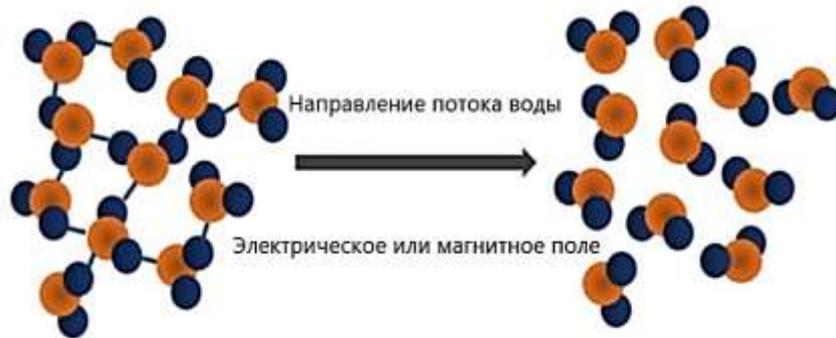


Рисунок 2. Схема воздействия электрического или магнитного поля на кластеры молекул воды

При электрохимической активации слабуминерализованной воды в диафрагменном электролизере получают две фракции: католит и анолит. Католит сразу же после приготовления представляет собой воду с оседающим хлопьевидным осадком. При этом, чем выше общая минерализация воды, тем больше осадка [9].



а



б

Рисунок 3. Фильтрация электрически активированной воды: а) процесс фильтрации активированной воды; б) белый осадок на дне сосуда.

Через несколько часов после окончания процесса электроактивации воды, на дне сосуда скопился белый осадок. Затем воду фильтровали. На Рисунке 3 показана фильтрация электрически активированной воды. Из Рисунка видно, что белый осадок скопился на дне фильтра и на дне чаши. Образец суглинка Тулейкенского месторождения очищали от вредных примесей, измельчали в дробилках, подвергали механической активации в лабораторной шаровой мельнице в течение 1 часа и пропускали через сито. Затем готовили массу влажностью 22% с добавлением обычной водопроводной, дождевой и электроактивированной воды. Навеску приготовленной массы сформировали в виде куба размером 50x50x50 мм и высушили в естественных условиях. После естественной сушки измеряли массу и размеры образцов, а затем повторно высушивали в сушильном шкафу при температуре 110⁰С. После сушки обжиг производился в лабораторной муфельной печи при температуре t=900, 950, 1000⁰С с выдержкой температуры 15, 30, 45 минут.

Результаты и обсуждение

Данные в таблице 1 показывают, как изменяется значение рН воды после активации электрическим полем. Для измерения мы использовали обычную водопроводную воду, которая после активации была разделена на анолит (вода, содержащая кислые компоненты) и католит (вода, содержащая щелочные компоненты). Значение рН простой воды до активации имела 8,08–8,46, это соответствует слабощелочной среде. Изменение рН анолита значительно более низкое по сравнению с обычной водой (5,33–6,58), что указывает на повышенную кислотность. Это объясняется тем, что на аноде образуются кислые компоненты, такие как ионы водорода, которые увеличивают кислотность среды. Католит, с другой стороны, демонстрирует значительное повышение рН (8,90–9,66), что указывает на повышение щелочности среды. Зависимость от времени удержания по мере увеличения времени активации (20, 30, 60 минут) рН анолита падает, а рН католита увеличивается. Это подтверждает, что длительное воздействие электрического поля увеличивает разницу в рН между анолитом и католитом, увеличивая расщепление на кислотные и щелочные компоненты.

В процессе активации сила тока постепенно уменьшается с 0,56 А до 0,39 А. Это может быть связано с изменением водопроницаемости, которое также может повлиять на эффективность разделения анолита и католита при обработке. Полученные образцы подвергались испытаниям на прочность к сжатию, водопоглощение и морозостойкость. Данные представлены в Таблице 2.

Таблица 2

ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗЦОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО СЫРЬЯ ИЗ ОБЫЧНОЙ ВОДЫ, ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ И ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ.

№ n/n	Физико-технологические характеристики образцов								
	До обжига, <i>m</i> ₁ , г	После обжига, <i>m</i> ₂ , г	Δm , г	$T_{обж.}^0$ С	<i>t</i> , мин	ρ , г/см ³	W, %	$R_{сжк}$, МПа	$M_{рз}$ цик л
Приготовленный на обычной воде									
1	210	196	14	900	45	1,680	24,4	6,97	15
2	208	188	20	950	30	1,598	23,4	7,7	15
3	212	182	30	1000	15	1,580	24,2	7,33	15
4	212	182	30	1000	45	1,577	21,9	9,8	15
Дождевая вода и механически активированное сырье									
1	204	174	30	900	45	1,522	21,8	12,06	25
2	208	176	32	950	30	1,527	20,4	13,48	35
3	212	180	32	1000	15	1,546	19,4	17,24	35
4	222	190	32	1000	45	1,476	17,9	20,22	35
Электрически активированная вода (католит)									
1	202	188	14	900	45	1,582	21,2	11,9	25
2	204	182	22	950	30	1,548	20,8	13,11	25
3	206	178	28	1000	15	1,529	21,3	12,14	25
4	206	176	30	1000	45	1,481	19,3	15,23	35
Электрически активированная вода (анолит)									
1	202	186	16	900	45	1,566	22,5	11,63	25
2	206	184	22	950	30	1,548	21,7	11,88	25
3	204	178	26	1000	15	1,530	21,3	12	25
4	200	172	28	1000	45	1,464	20,9	13,19	35

Экспериментальные данные представленные в Таблице 2 представлены также в виде диаграммы. На Рисунке 4 представлена диаграмма зависимости плотности (ρ , г/см³) образца от температуры обжига ($T_{\text{обж.}}$, °С) и времени температурной выдержки (t , мин).

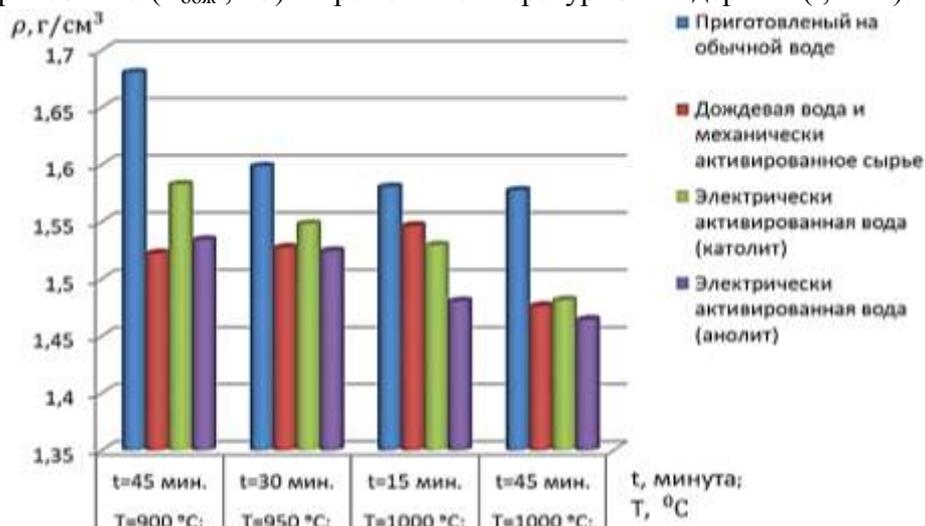


Рисунок 4. Зависимость плотности плотности образца от температуры обжига и времени температурной выдержки

На Рисунке 5 представлена зависимость прочности на сжатие от температуры обжига, времени температурной выдержки и способа приготовления образца. Анализ полученных данных показывают, что в случае получения образцов с использованием обычной воды установлено, что образцы имеют наибольшее изменение массы (до 30 г) и относительно высокую прочность на сжатие (до 9,8 МПа). Однако плотность остается на уровне 1,577-1,680 г/см³. При использовании дождевой воды и механически активированное сырье наблюдается снижение плотности (до 1,476 г/см³) и значительное увеличение прочности на сжатие (до 20,22 МПа). Это может свидетельствовать о более эффективном взаимодействии компонентов при использовании активированного сырья. А когда использована электрически активированная вода (катодит и анолит), то плотность образцов варьируется от 1,464 до 1,582 г/см³.

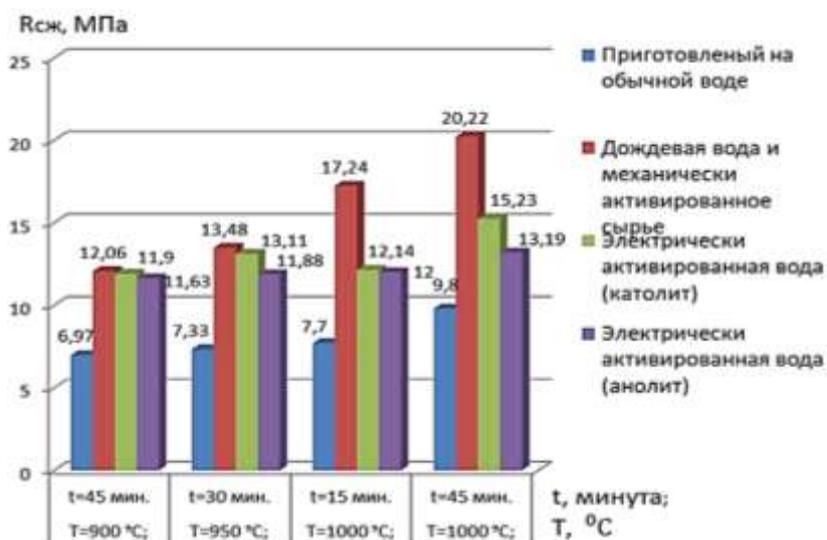


Рисунок 5. Зависимость прочности на сжатие от температуры обжига, времени температурной выдержки и способа приготовления образца

Прочность на сжатие также показывает хорошие результаты, достигая 15,23 МПа для католита и 13,19 МПа для анолита. Это указывает на положительное влияние электрической активации воды на механические свойства.

В экспериментах исследована также влияние температуры и времени обжига и установлено, что при увеличении температуры обжига (до 1000°C) и времени (до 45 мин) наблюдается тенденция к уменьшению плотности и увеличению прочности на сжатие. Это может быть связано с улучшением структуры материала и его кристаллической решетки. Время обжига также оказывает значительное влияние на изменение массы. Более длительное время обжига, как правило, приводит к большему уменьшению массы, что может быть связано с удалением влаги и других летучих компонентов.

Выводы:

1. Использование дождевой воды и механически активированного сырья значительно улучшает прочностные характеристики образцов по сравнению с обычной водой, т.е. способствует улучшению прочностных и физико-технических характеристик образцов.
2. Электрически активированная вода также показывает обнадеживающие результаты, что открывает новые перспективы для исследования ее применения в производстве, поскольку предлагаемый способ позволяет повысить качество композиционных керамических материалов и снизить себестоимость производства. Это связано с тем, что с помощью электрической активации из состава воды можно удалить солеподобные вещества.
3. Оптимизация температуры и времени обжига является критически важной для достижения желаемых физико-технологических свойств.
4. Прочность образцов увеличивается с увеличением температуры обжига, времени температурной выдержки и способа приготовления образцов. Образцы с дождевой водой и механической активацией имеют прочность на сжатие до 20,22 МПа, водопоглощение до 17,9%. Приготовленные образцы из католита и анолита обеспечивают менее выраженный прирост прочности по сравнению с механически активированным сырьем.

Список литературы:

1. Аввакумов Е. Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1986. 303 с.
2. Дворкин Л. И. Структура, состав и свойства минеральных строительных материалов. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 424 с
3. Мавлянов А. С., Асакунова Б. Т., Салиева М. Г. Проблема получения керамических стеновых материалов повышенного качества из местных суглинков // Известия Ошского технологического университета. 2019. №3. С. 157-162.
4. Гурьева В. А., Дорошин А. В. Золь-гель технология при производстве стеновой керамики с применением техногенного сырья на примере золошлаковых отходов ТЭЦ // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии. 2021. С. 876-883.
5. Салиева М. Г., Ташполотов Ы. Композиты с керамической матрицей, армированные неорганическим и органическим наполнителем // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №2. С. 209-218. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/87/25>
6. Сёма А. В., Бондаренко А. П. Производство строительных материалов с использованием эффекта кавитации для активации цементных вяжущих веществ // Системные технологии. 2021. №1 (38). С. 102-109.

7. Гурьева В. А. Теоретические предпосылки улучшения качества изделий строительной керамики с использованием различных видов активации воды // Вестник Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2019. С. 238-243.

8. Непомнящев Г. А., Титов М. М. Повышение прочностных показателей цементного камня комплексным электрофизическим воздействием на водоцементную суспензию // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. №4. С. 161-175. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-4-161-175>

9. Аронбаев Д. М., Аронбаев С. Д., Раимкулова Ч. А., Исакова Д. Т., Шертаева А. А. Вода «живая» и «мертвая». новые факты об антиоксидантных и релаксационных характеристиках электроактивированной воды // Universum: химия и биология. 2021. №2 (80). С. 26-31. <https://doi.org/10.32743/UniChem.2021.80.2.26-31>

10. Салиева М. Г. Исследования химического состава и pH среды водных растворов сырьевых ресурсов из месторождений южного региона Кыргызской Республики для керамического кирпича // Вестник Жалал-Абадского государственного университета. 2018. №4. С. 77-80.

11. Zhao K., Zhang P., Wang B., Tian Y., Xue S., Cong Y. Preparation of electric-and magnetic-activated water and its influence on the workability and mechanical properties of cement mortar // Sustainability. 2021. V. 13. №8. P. 4546. <https://doi.org/10.3390/su13084546>

12. Рыжаков Д. С., Гульков А. Н., Гуляев В. Т., Козин А. В., Голохваст К. С. Исследование физико-химических параметров воды затворения при электрохимической активации и влияние на прочностные характеристики бетона // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. №5-2. С. 340-343.

References:

1. Avvakumov, E. G. (1986). *Mekhanicheskie metody aktivatsii khimicheskikh protsessov*. Novosibirsk. (in Russian).

2. Dvorkin, L. I. (2020). *Struktura, sostav i svoistva mineral'nykh stroitel'nykh materialov*. Moscow. (in Russian).

3. Mavlyanov, A. S., Asakunova, B. T., & Salieva, M. G. (2019). Problema polucheniya keramicheskikh stenovykh materialov povyshennogo kachestva iz mestnykh suglinkov. *Izvestiya Oshskogo tekhnologicheskogo universiteta*, (3), 157-162. (in Russian).

4. Gur'eva, V. A., & Doroshin, A. V. (2021). Zol'-gel' tekhnologiya pri proizvodstve stenovoi keramiki s primeneniem tekhnogenogo syr'ya na primere zoloshlakovykh otkhodov TETs. In *Traditsii i innovatsii v stroitel'stve i arkhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tekhnologii* (pp. 876-883). (in Russian).

5. Salieva, M., & Tashpolotov, Y. (2023). Composites With Ceramic Matrix Reinforced With Inorganic and Organic Fillers. *Bulletin of Science and Practice*, 9(2), 209-218. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/87/25>

6. Sema, A. V., & Bondarenko, A. P. (2021). Proizvodstvo stroitel'nykh materialov s ispol'zovaniem efekta kavitatsii dlya aktivatsii tsementnykh vyazhushchikh veshchestv. *Sistemnye tekhnologii*, (1 (38)), 102-109. (in Russian).

7. Gur'eva, V. (2019). Teoreticheskie predposylki uluchsheniya kachestva izdelii stroitel'noi keramiki s ispol'zovaniem razlichnykh vidov aktivatsii vody. In *Vestnik Privolzhskogo territorial'nogo otdeleniya Rossiiskoi akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk* (pp. 238-243). (in Russian).

8. Nepomnyashchev, G. A., & Titov, M. M. (2023). Povyshenie prochnostnykh pokazatelei tsementnogo kamnya kompleksnym elektrofizicheskim vozdeistviem na vodotsementnuyu suspenziyu. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 25(4), 161-175. (in Russian). <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-4-161-175>
9. Aronbaev, D. M., Aronbaev, S. D., Raimkulova, Ch. A., Isakova, D. T., & Shertaeva, A. A. (2021). Voda «zhivaya» i «mertvaya». novye fakty ob antioksidantnykh i relaksatsionnykh kharakteristikakh elektroaktivirovannoi vody. *Universum: khimiya i biologiya*, (2 (80)), 26-31. (in Russian). <https://doi.org/10.32743/UniChem.2021.80.2.26-31>
10. Salieva, M. G. (2018). Issledovaniya khimicheskogo sostava i rn sredy vodnykh rastvorov syr'evykh resursov iz mestorozhdenii yuzhnogo regiona Kyrgyzskoi Respubliki dlya keramicheskogo kirpicha. *Vestnik Zhalal-Abadskogo gosudarstvennogo universiteta*, (4), 77-80. (in Russian).
11. Zhao, K., Zhang, P., Wang, B., Tian, Y., Xue, S., & Cong, Y. (2021). Preparation of electric-and magnetic-activated water and its influence on the workability and mechanical properties of cement mortar. *Sustainability*, 13(8), 4546. <https://doi.org/10.3390/su13084546>
12. Ryzhakov, D. S., Gul'kov, A. N., Gulyaev, V. T., Kozin, A. V., & Golokhvast, K. S. (2009). Issledovanie fiziko-khimicheskikh parametrov vody zatvoreniya pri elektrokhimicheskoi aktivatsii i vliyanie na prochnostnye kharakteristiki betona. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 11(5-2), 340-343. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 10.11.2024 г.

Принята к публикации
20.11.2024 г.

Ссылка для цитирования:

Салиева М. Г., Ташполотов Ы. Повышение качества композитных керамических изделий с использованием различных видов активации // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №12. С. 178-186. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/25>

Cite as (APA):

Salieva, M., & Tashpolotov, Y. (2024). Improving the Quality of Composite Ceramic Products Using Various Types of Activation. *Bulletin of Science and Practice*, 10(12), 178-186. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/25>