

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ZOCF4313>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университете

<https://doi.org/10.48081/JXDI3996>

***Д. Т. Толегенов¹, М. А. Елубай², Д. Ж. Толегенова³,
Н. К. Кулумбаев⁴, Р. А. Тюлюбаев⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ЭНЕРГЕТИКИ И МЕТАЛЛУРГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКЕ

В данной статье проанализировано современное состояние проблемы применения промышленных и техногенных отходов энергетики и металлургии в строительной отрасли в целом, выполнен обзор мирового и отечественного опыта использования промышленных отходов в строительной керамике.

Доказано, что многотоннажное производство керамических строительных материалов сопровождается активным потреблением природного сырья, приводя к постепенному его истощению. Поэтому производители строительных материалов испытывают потребность в расширении сырьевой базы природного сырья, а также вовлечения в производство техногенных отходов. Это влечет за собой необходимость изыскания новых научных подходов к выбору сырьевых материалов, выработке критериев оценки возможности использования такого сырья для получения высококачественных строительных материалов. Решение этих проблем требует проведения теоретических и поисковых исследований по изысканию путей и способов получения керамических и композиционных структур, обеспечивающих достижение высоких механических характеристик и других эксплуатационных свойств.

В статье проведен анализ научных трудов по применению техногенных отходов топливно-энергетического комплекса в строительной керамике: золы-уноса с ТЭЦ, металлургического шлака и красного шлама.

Ключевые слова: зола-уноса, металлургический шлак (МШ), красный шлам (КШ), строительная керамика, ТЭЦ, техногенные отходы.

Введение

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической, строительных материалов и других отраслей промышленности Казахстана накопилось порядка 22 млрд. тонн отходов. Ежегодно образуется до 400 млн. тонн промышленных отходов и до 20 млн. м³ бытовых, из которых лишь 5 процентов идет на переработку от общего объема. В связи с этим в отвалах и шламохранилищах страны накоплено 5,9 млрд. тонн только твердых отходов [1].

Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и прежде всего строительного назначения. Решение проблемы ресурсосбережения в строительстве возможно при комплексном использовании технических, организационных, экономических факторов и ускорении научно-технического прогресса. Важнейший резерв ресурсосбережения в строительстве – это широкое использование вторичных материальных ресурсов, которыми являются отходы производства и потребления. Объем промышленных отходов увеличивается более высокими темпами, чем общественное производство, и имеет тенденцию к опережающему росту. Только на удаление их и складирование расходуется в среднем 8–10 % стоимости основной производимой продукции [1].

Материалы и методы

Промышленные отходы отрицательно влияют на экологические факторы. Прежде всего это относится к составу воздуха, эдафическим, гидрохимическим и гидрофизическим факторам. Эдафические факторы включают химический состав и структуру веществ, циркулирующих в почве; гидрохимические и гидрофизические – объединяют все факторы, связанные с водой как средой обитания разнообразных живых организмов. Наиболее значительны выбросы предприятий энергетической, химической и металлургической промышленности. В атмосферу поступают газообразные и твердые отходы при сгорании топлива, а также в результате разнообразных технологических процессов. Например, в зависимости от зольности угля, крупные ТЭЦ выбрасывают в атмосферу 10–100 т золы, распространяющейся в радиусе нескольких километров. Кроме того, в отходящих газах тепловых электростанций ежедневно поступают в атмосферу десятки тонн серного ангидрида. Источниками загрязнения атмосферы разнообразной пылью являются также предприятия по производству строительных материалов, горно-обогатительные комбинаты и другие предприятия, технологические процессы которых основаны на дроблении, измельчении и обжиге больших количеств минерального сырья. При работе, например, вращающихся печей для обжига цементного клинкера пылевывнос составляет 8–20 % сухого

сырья. Даже после очистки газоздушные выбросы технологических агрегатов цементных заводов содержат 100–150 мг/м³ пыли. Учитывая, что объем отходящих газов из одной вращающейся клинкерообжиговой печи, зависящий от ее размеров, вида сырья, топлива и режима обжига, колеблется от 40 до 600 тыс. м³/ч, количество выносимой в атмосферу пыли даже при хорошей работе электрофильтров составляет около 100 кг/ч. [1]. Ученые разработали немало методов и технологий по утилизации и применению техногенных шламов энергетики и металлургии в строительной отрасли.

В работе [2] авторы рассмотрели применение глины и красного шлама, как полученных отходов алюминиевой промышленности, в производстве новых керамических материалов. Основной целью данного исследования является изготовление керамических материалов путем добавления в керамическую матрицу особо опасных отходов «красного шлама» и нейтрализации этих отходов в матрице. Было установлено, что оптимальное соотношение шлама и глины составляет 50 %. Полученные образцы анализировали с помощью рентгеновского метода для определения образующихся кристаллических фаз, а микроструктуру с помощью сканирующего электронного микроскопа (РЭМ). Добавление этих промышленных отходов в керамическую структуру изменяет и улучшает физико-механические свойства за счет большого количества стекловидной фазы, которую производят отходы [2].

В шламах, наряду с макрокомпонентами (мас. %) 44 Fe₂O₃, 16 Al₂O₃, 9,6 CaO, 9,0 SiO₂, 4,6 TiO₂, 3,5 Na₂O, содержится значительное количество редких и рассеянных продуктов. При этом качество отработанного, обогащенного железом шлама для черной металлургии только улучшается [3].

Эксперименты отработаны в лабораторном реакторе фирмы «Parr» серии 4560 (рисунок 12). Автоклавно обработанный шлам содержит (мас. %) 2–4 Al₂O₃, менее 1 Na₂O, менее 10 Fe₂O₃, более 40 Fe₃O₄ [3].

Растворимость компонентов шлама в солянокислых растворах при разных концентрациях ранее была изучена для определения оптимальных режимов процесса выщелачивания иттрия с минимальным выходом других элементов из состава этого отхода (рисунок 1).

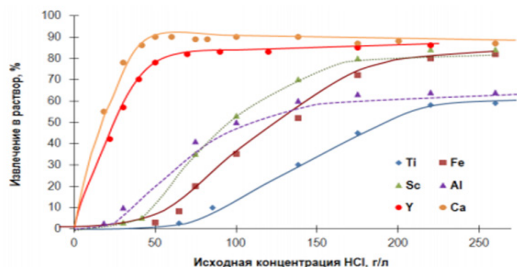


Рисунок 1 – Извлечение компонентов КШ в зависимости от концентрации соляной кислоты

Диagramмы изменения содержания цинка, алюминия, галлия и скандия в зависимости от щелочности растворов представлены на рисунке 2.

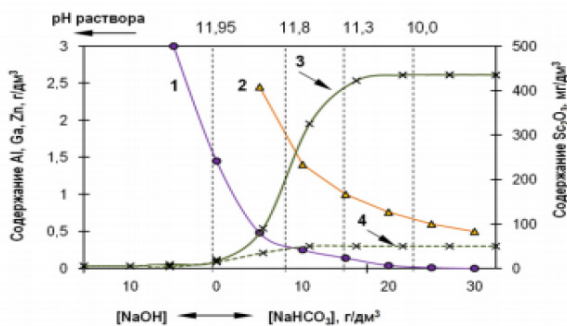


Рисунок 2 – Изменение содержания цинка (1), алюминия (1), галлия (2) и скандия (3, 4) в зависимости от щелочности растворов, в точке нейтрализации содержание Na_2CO_3 100 г/дм

Широкое распространение получило и использование красного шлама в дорожном строительстве. В работе [4] авторы рассматривают возможность использования красного шлама в качестве основного материала дороги, слабого стабилизатора грунта земляного полотна, а также материала земляного полотна. Результаты показали, что красный шлам может быть использован для этих целей.

Результаты показали, что красный шлам показывает лучшие характеристики в качестве материала земляного полотна, чем естественная почва. Кроме того, синергетическое использование красного шлама и

других отходов также улучшает механические и прочностные свойства материала по сравнению с использованием только красного шлама. Исходя из механических, экономических и экологических преимуществ, рекомендуется использовать красный шлам в конструкции основания дороги, а не в земляном полотне, несмотря на более высокий расход красного шлама в земляном полотне, чем в основании дороги [4].

Получение способом полусухого прессования керамических стеновых изделий с высокими показателями по морозостойкости всегда являлось сложной технологической задачей из-за несовершенства технологии [5].

Единственно возможный метод, позволяющий добиться такой дисперсности глинистого сырья (рисунок 3), – метод сухого помола, который является также необходимым условием для получения в дальнейшем однородного по влажности и гранулометрическому составу пресс-порошка и, как следствие, морозостойкого керамического кирпича [5]. Химический состав сырьевых материалов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав сырьевых материалов

Наименование сырья	Содержание оксидов в % на сухое вещество									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП
Шлам отходов обогащения железных руд МОФ	33,23	0,35	9,8	17,21	1,36	5,59	23,83	0,41	0,86	10,26
Шлам отходов обогащения железных руд АОАФ	34,99	0,36	8,99	19,69	0,59	11,88	14,97	0,4	0,75	10,9
Углеотходы Абашевской ЦОФ	54,99	0,72	16,9	3,68	-	1,99	5,63	1,43	2,25	13,6
Суглинок Новокузнецкий	59,9	0,9	14,2	4,9	0,2	2,4	4,4	Σ3,8		5,4

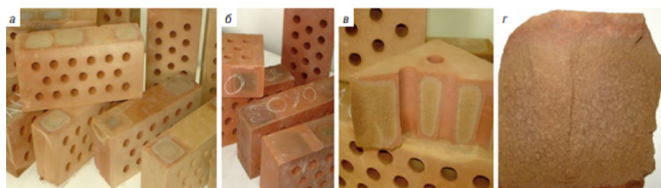


Рисунок 3 – Керамический кирпич формата 1 НФ на основе гранулированных шламистых железорудных отходов (а) и отходов углубогащения (б) и его макроструктура при испытаниях на прочность при сжатии (в) и после 50 циклов объемного замораживания и оттаивания (г)

Растущее потребление бетона постепенно истощает традиционные ресурсы. Модель прогнозирования свойств упрочненного состояния бетона на основе кремнезема и летучей золы на основе морской воды с кремнемарганцевым шлаком рассмотрено в работе [6]. Это исследование включает силикомарганцевый шлак (SiMn), морской песок и морскую воду в качестве альтернативных бетонирующих материалов.

В последнее время отмечается повышенный интерес к разработкам в области керамических композиционных материалов, результаты которых представлены на рисунках 4–5 (ячеистая, сотовая керамика, пенокерамобетон и др.). Получены керамические матричные композиты, армированные волокном, частицами или сплошным стеклом [7].

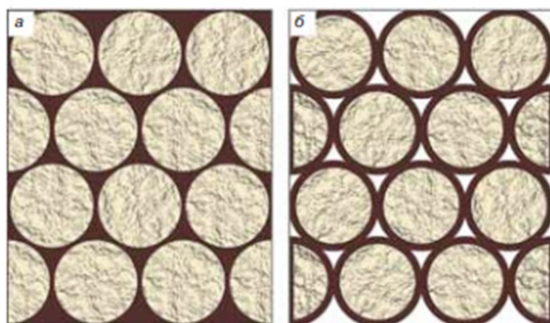


Рисунок 4 – Модели микроструктур керамики с закрытой упаковкой частиц заполнителя. Заполнитель – желтый; матрица – коричневый цвет

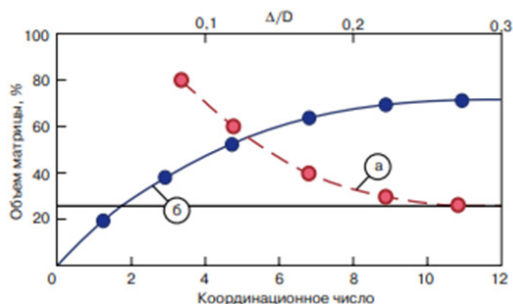


Рисунок 5 – Влияние объема заполнителя на микроструктурные параметры керамических моделей

В работе [8] исследовано приготовление черной керамической плитки с использованием отработанного медного шлака и шлака из нержавеющей стали электродуговой печи.

Результаты и обсуждение

Таким образом, объемы складированных отходов горно-металлургического (ГМК) и топливно-энергетического (ТЭК) комплексов соизмеримы с потребностью промышленности строительных материалов в минеральном сырье. Однако в настоящее время в их использовании в большинстве случаев не превышает 10 %. Одним из перспективных направлений использования отходов является получение керамических строительных материалов:

- стеновых;
- облицовочных;
- тротуарных изделий.

Утилизация отходов в строительные материалы направлена на решение социальных и экологических проблем, улучшение жилищных условий населения, создание дополнительных рабочих мест [9]. Поэтому рациональное использование природных ресурсов в настоящее время приобретает особое значение. Решение этой актуальной народнохозяйственной задачи предлагает разработку эффективных безотходных технологий за счёт комплексного использования сырья, что одновременно приводит к ликвидации огромного экологического ущерба, оказываемого хранилищами отходов. Большинство отходов промышленного производства отходами не являются, поскольку могут заменить природные ресурсы, а во многих случаях по своим качественным показателям являются уникальным сырьём. Годовой экономический ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления оценивается на уровне 10 % ВВП. Следовательно, наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении продукции строительного назначения [10].

Важнейший резерв ресурсосбережения в строительстве – использование вторичных материальных ресурсов, которыми являются отходы производства. Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – их использование в производстве строительных материалов, что позволяет удовлетворить потребности в сырье до 40 %. Применение отходов промышленности позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с их производством из природного сырья [10].

При получении строительных материалов из вторичного сырья экономическая эффективность будет заключаться в предотвращенном

экологическом ущербе. Применение вторичного сырья снизит потребность в первичных минерально-сырьевых ресурсах, отпадет необходимость в специализированных карьерах по разработке глин, нарушении природных ландшафтов и т.д. Утилизация отходов ГМК и ТЭК в промышленности строительных материалов решает не только экологические, но и экономические задачи, поскольку сырье из отходов для производства стеновой керамики в 2–3 раза дешевле, чем природное [9]. Поэтому в настоящее время немало статей и научных работ посвящено переработке промышленных отходов и получению новых строительных материалов, отвечающих ГОСТам и всем стандартам, а самое главное – экологически безотходные.

Выводы

Таким образом, обзор современных данных, доступных в открытой печати, показал успешный опыт применения отходов топливно-энергетического комплекса в производстве строительной керамики. Научно доказано применение данных отходов энергетики в керамике в качестве заполнителей, вяжущих, а также в виде добавок в получении огнеупорных материалов, отличающихся прочностью и другими физико-механическими свойствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Касенов, А. Ж., Тлеулесов, А. К., Ахметбек, А. Н.** «Производство бетонов из отходов производства АО «Алюминий Казахстана», Наука и техника Казахстана, 2018. – № 1. – С. 61–75.

2 **Pérez-Villarejo, L., Corpas-Iglesias, F.A., Martínez-Martínez, S., Artiaga, R., Pascual-Cosp, J.** Manufacturing new ceramic materials from clay and red mud derived from the aluminium industry Construction and Building Materials, 2012. – 656–665 pp.

3 **Пасечник, Л. А., Медянкина, И. С., Скачков В. М.** Отходы глиноземного производства-перспективное сырье для черной и цветной металлургии, DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2018.9.1.884-889 УДК 669.712 / 546.161 ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН, Екатеринбург, – 2018.

4 **Mukiza, E., Zhang, L., Liu, X., Zhang, N.** Utilization of red mud in road base and subgrade materials: A review, Resources, Conservation and Recycling Volume 141, 2019. – 187–199 pp.

5 **Столбоушкин, А. Ю., Иванов, А. И., Стороженко, Г. И., Уразов, С. И.** «Получение морозостойкого керамического кирпича полусухого прессования из промышленных отходов», научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы», – 2011. – № 12.

6 **Ting, M.Z.Y., Wong, K.S., Rahman, M.E., Selowarajoo, M.** Prediction model for hardened state properties of silica fume and fly ash based seawater concrete incorporating silicomanganese slag, *Journal of Building Engineering*, Volume 41, 2002. – № 41.

7 **Столбоушкин, А. Ю.** «Теоретические основы формирования керамических матричных композитов на основе техногенного и природного сырья», научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы», – 2011 г. С. 10–135.

8 **Liu, M., Ma, G., Zhang, X., Liu, J., Wang, Q.** Preparation of black ceramic tiles using waste copper slag and stainless steel slag of electric arc furnace, *Materials*, – 2020.

9 **Макаров, Д. В., Мелконян, Р. Г., Суворова, О. В., Кумарова, В. А.** Перспективы использования промышленных отходов для получения керамических строительных материалов, ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 5. – С. 254–281.

10 **Платонов, А. П., Гречаников, А. В., Ковчур, А. С., Ковчур, С. Г., Манак, П. И.** Изготовление керамического кирпича с использованием промышленных отходов, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, выпуск 28. – С. 128–134

REFERENCES

1 **Kasenov, A. Zh., Tleulesov, A. K., Akhmetbek, A. N.** «Proizvodstvo betonov iz otkhodov proizvodstva AO «Alyuminiy Kazakhstana»[Production of concrete from waste produced by JSC “Aluminum of Kazakhstan] , *Nauka i tekhnika Kazakhstana*, 2018. – № 1. – С. 61–75.

2 **Pérez-Villarejo, L., Corpas-Iglesias, F.A., Martínez-Martínez, S., Artiaga, R., Pascual-Cosp, J.** Manufacturing new ceramic materials from clay and red mud derived from the aluminium industry *Construction and Building Materials*, 2012. – 656–665 pp.

3 **Pasechnik, L. A., Medyankina, I. S., Skachkov V. M.** Otkhody glinozemnogo proizvodstva-perspektivnoye syr'ye dlya chernoy i tsvetnoy metallurgii [Alumina production waste is a promising raw material for ferrous and non-ferrous metallurgy], DOI: 10.25702/KSC.2307–5252.2018.9.1.884-889 УДК 669.712 / 546.161 ФГБУН Институт химии твердого тела Урал'sкого отделения РАН, Yekaterinburg, – 2018.

4 **Mukiza, E., Zhang, L., Liu, X., Zhang, N.** Utilization of red mud in road base and subgrade materials: A review, *Resources, Conservation and Recycling* Volume 141, 2019. – 187–199 pp.

5 Stolboushkin, A. Yu., Ivanov, A. I., Storozhenko, G. I., Urazov, S. I. «Polucheniye morozostoykogo keramicheskogo kirpicha polusukhogo pressovaniya iz promyshlennykh otkhodov» [Obtaining frost-resistant ceramic bricks of semi-dry pressing from industrial waste], nauchno-tehnicheskii i proizvodstvennyi zhurnal «Stroitel'nyye materialy», – 2011. – № 12.

6 Ting, M.Z.Y., Wong, K.S., Rahman, M.E., Selowarajoo, M. Prediction model for hardened state properties of silica fume and fly ash based seawater concrete incorporating silicomanganese slag, Journal of Building Engineering, Volume 41, 2002. – № 41.

7 Stolboushkin, A. Yu. «Teoreticheskiye osnovy formirovaniya keramicheskikh matrichnykh kompozitov na osnove tekhnogenno go i prirodno go syr'ya» [Theoretical foundations of the formation of ceramic matrix composites based on man-made and natural raw materials], nauchno-tehnicheskii i proizvodstvennyi zhurnal «Stroitel'nyye materialy», – 2011 г. С. 10–135.

8 Liu, M., Ma, G., Zhang, X., Liu, J., Wang, Q. Preparation of black ceramic tiles using waste copper slag and stainless steel slag of electric arc furnace, Materials, – 2020.

9 Makarov, D. V., Melkonyan, R. G., Suvorova, O. V., Kumarova, V. A. Perspektivy ispol'zovaniya promyshlennykh otkhodov dlya polucheniya keramicheskikh stroitel'nykh materialov [Prospects for the use of industrial waste for the production of ceramic building materials], ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskii byulleten'. – 2016. – № 5. – С. 254–281.

10 Platonov, A. P., Grechanikov, A. V., Kovchur, A. S., Kovchur, S. G., Manak, P. I. Izgotovleniye keramicheskogo kirpicha s ispol'zovaniyem promyshlennykh otkhodov [Production of ceramic bricks using industrial waste], Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta, vypusk 28. – С. 128–134.

Материал поступил в редакцию 13.06.22

**Д. Т. Толегенов¹, М. А. Елубай², Д. Ж. Толегенова³, Н. К. Кулумбаев⁴, Р. А. Тюлюбаев⁵*

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал баспаға 13.06.22 түсті.

КЕРАМИКА ҚҰРЫЛЫСЫНДА ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ МЕТАЛЛУРГИЯНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРЫН ПАЙДАЛАНУ

Бұл мақалада жалпы құрылыс саласында энергетика мен металлургияның өнеркәсіптік және техногендік қалдықтарын

пайдалану проблемасының қазіргі жай-күйі талданып, құрылыс керамикасында өнеркәсіптік қалдықтарды пайдаланудың әлемдік және отандық тәжірибесіне шолу жасалды.

Керамикалық құрылыс материалдарының көп тонналық өндірісі табиғи шикізатты белсенді тұтынумен қатар жүретіні, оның біртіндеп сарқылуына әкелетіні дәлелденді. Сондықтан құрылыс материалдарын өндірушілер табиғи шикізаттың шикізат базасын кеңейту, сондай-ақ өндіріске техногендік қалдықтарды тарту қажеттілігін сезінуде. Бұл шикізатты таңдаудың жаңа ғылыми тәсілдерін іздеуді, жоғары сапалы құрылыс материалдарын алу үшін осындай шикізатты пайдалану мүмкіндігін бағалау критерийлерін жасауды қажет етеді. Бұл проблемаларды шешу жоғары механикалық сипаттамаларға және басқа да пайдалану қасиеттеріне қол жеткізуді қамтамасыз ететін керамикалық және композициялық құрылымдарды алудың жолдары мен тәсілдерін іздестіру бойынша теориялық және іздестіру зерттеулерін жүргізуді талап етеді.

Мақалада құрылыс керамикасында отын-энергетика кешенінің техногендік қалдықтарын: ЖЭО-дан күл-қоқыс, металлургиялық қожы және қызыл шламды қолдану бойынша ғылыми еңбектерге талдау жүргізілді.

Кілтті сөздер: күл, металлургиялық қож, қызыл шлам, құрылыс керамикасы, ЖЭО, техногендік қалдықтар.

**D. T. Tolegenov¹, M. A. Yelubai², D. J. Tolegenova³, N. K. Kulumbaev⁴, R. A. Tyulubaev⁵*

^{1,2,3,4,5}Toraigrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 13.06.22.

THE USE OF MAN-MADE WASTE FROM ENERGY AND METALLURGY IN CONSTRUCTION CERAMICS

This article analyzes the current state of the problem of the use of industrial and man-made waste of energy and metallurgy in the construction industry as a whole, reviews the world and domestic experience in the use of industrial waste in construction ceramics.

It is proved that the multi-tonnage production of ceramic building materials is accompanied by the active consumption of natural raw materials, leading to its gradual depletion. Therefore, manufacturers of building materials feel the need to expand the raw material base of natural raw materials, as well as the involvement of man-made waste in

the production. This entails the need to find new scientific approaches to the selection of raw materials, the development of criteria for assessing the possibility of using such raw materials to obtain high-quality building materials. The solution of these problems requires theoretical and exploratory research to find ways and methods of obtaining ceramic and composite structures that ensure the achievement of high mechanical characteristics and other operational properties.

The article analyzes scientific papers on the use of technogenic waste of the fuel and energy complex in construction ceramics: fly ash from thermal power plants, metallurgical slag and red sludge.

Keywords: fly ash, metallurgical slag, red sludge, construction ceramics, CHP, technogenic waste.

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz