УДК 666.691:669 DOI: 10.33979/2073-7416-2019-82-2-81-89

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВОГО МАТЕРИАЛА И НАНОТЕХНОГЕННОГО КАРБОНАТНОГО ШЛАМА В ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧА НА ОСНОВЕ БЕЙДЕЛЛИТОВОЙ ГЛИНЫ

АБДРАХИМОВ В.З.

Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия

***Аннотация.*** *Вопросы утилизации отходов промышленности являются одними из приоритетных задач природоохранной политики региональных органов власти, на территории которых предприятия вырабатывают техногенное сырье. Кроме того, сокращение запасов традиционного сырья заставляет искать новые способы его замещения различными видами отходов. Отрасль строительных материалов, в отличие от других отраслей, обладает неограниченными возможностями использования отходов, что объясняется крупными масштабами строительного комплекса, его материальностью и номенклатурой различных изделий. В настоящей работе исследованы возможности по использованию многотоннажных отходов: отходов энергетики – золошлакового материала и нанотехногенного карбонатного шлама в производстве керамического кирпича на основе редко встречающейся – бейделлитовой глины. Полученные керамические кирпичи имели высокие физико-механические показатели. Для производства кирпича в качестве отощителя и выгорающей добавки использовался золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС. Наличие тонкодисперсного карбонатного шлама в сырье делает ее менее чувствительным к сушке, т.е. уменьшает трещинообразование кирпича. Присутствие в системе наноразмерных частиц способствует увеличению объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими воды и уменьшению объема капиллярно-связанной и свободной воды, что приводит к повышению пластичности керамической массы и сокращение глинистой связующей в составах керамических масс. Разработанные инновационные предложения по использованию многотоннажных отходов в производстве керамического кирпича, новизна которых подтверждена Патентом РФ.*

***Ключевые слова:*** *отходы производств, золошлаковый материал, карбонатный шлам, бейделлитовая глина, керамический кирпич.*

# USE OF ASH AND SLAG MATERIAL AND NANO-TECHNOLOGICAL CARBONATE SLURRY IN THE PRODUCTION OF BRICKS BASED ON BEIDELLITE CLAY

ABDRAKHIMOV V. Z.

Samara State University of Economics, Samara, Russia

***Abstract.*** *The issues of industrial waste disposal are one of the priorities of the environmental policy of the regional authorities, in the territory of which enterprises produce fabricated raw materials. In addition, the reduction in the reserves of traditional raw materials makes us look for new ways to replace it with various types of waste. The construction materials industry, unlike other industries, has unlimited possibilities of using waste, which is explained by the large scale of the construction complex, its materiality and the range of different products. In the present work investigated the possibilities for using the tonnage of waste: waste of energy – slag material and nanotehnologija carbonate sludge in the production of ceramic bricks based on rare – beidellite clay. The resulting ceramic bricks had high physical and mechanical properties. For the production of bricks as a binder and burning additives used ash-slag*

*material Togliatti TPP. The presence of fine carbonate sludge in the raw material makes it less sensitive to drying, i.e. reduces the cracking of bricks. The presence of nanoscale particles in the system increases the volume of adsorption and chemisorption bound water and reduces the volume of capillary-bound and free water, which leads to an increase in the plasticity of the ceramic mass and a reduction in the clay binder in the compositions of ceramic masses. Developed innovative proposals for the use of multi-tonnage waste in the production of ceramic bricks, the novelty of which is confirmed by a patent of the Russian Federation.*

***Keywords:*** *industrial waste, ash and slag material, carbonate sludge, beidellite clay, ceramic brick.*

**Введение**

Обеспечение экологической безопасности населения и окружающей среды является насущной задачей для всех экономически развитых стран, в том числе и России [1]. В настоящее время важное значение имеет не только сбережение сырьевых ресурсов, но и их повторное [2]. Значение вторичных ресурсов при решении проблемы поддержания экологически безопасного уровня воздействия на окружающую среду существенно. Эффективная утилизация крупнотоннажных промышленных отходов одна из эффективных экологических проблем [3].

Российские надзорные органы пока относятся довольно лояльно к образованию отходов [4]. Разумеется, если они проходят утилизацию и обезвреживание по всем нормативам и правилам. За рубежом образование каких-либо отходов в результате производственной деятельности сегодня считается большим технологическим недостатком.

В настоящее время любое промышленное производство связано с необходимостью рационального использования сырьевых ресурсов и уменьшением негативного воздействия на окружающую среду [5], которое создает рост антропогенного воздействия на окружающую среду.

Рост антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды указывает на необходимость создания эффективной системы управления, выявление и пресечение нарушений действующего законодательства в области охраны окружающей среды и формирование социальной ответственности для обеспечения экологической безопасности [6].

Одним из наиболее массовых видов промышленных отходов являются отходы теплоэнергетики [7]. О важности и актуальности решения экологических задач свидетельствует опыт работы Европейской ассоциации продуктов сжигания угля (ECOBA), в которую входят 15 европейских стран, а также присоединившиеся организации на других континентах. Количество золы, перерабатываемой членами ECOBA достигает 90%. В России вторичное использование зол составляет менее 15% от объемов из образования, при этом потенциал использования данного техногенного сырья намного шире и простирается от материалов и изделий для дорожного строительства до изготовления золокерамического кирпича и самостоятельного зольного вяжущего.

Вопросы утилизации золошлаковых отходов энергетической отрасли являются одними из приоритетных задач природоохранной политики региональных органов власти, на территории которых существенная доля тепло- и электроэнергии вырабатывается за счет сжигания каменноугольного топлива [8]. Кроме того, сокращение запасов традиционного сырья заставляет искать новые способы его замещения различными видами отходов [9].

Отрасль строительных материалов, в отличие от других отраслей, обладает неограниченными возможностями использования отходов, что объясняется крупными масштабами строительного комплекса, его материальностью и номенклатурой различных изделий [10-14].

***Цель работы:*** получение на основе бейделлитовой глины, золошлакового материала и нанотехногенного шлама керамического кирпича с высокими физико-механическими показателями

**Экспериментальная часть**

***Сырьевые материалы***. *Бейделлитовая глина* Образцовского месторождения, раннее изученная в работе [15, 16], по пластичности относится к – среднепластичной глине. Основным породообразующим минералом образцовской глины является бейделлит – $Al_2[Si_4O_{10}][OH]_2 \cdot nH_2O$, названный по местности Бейделл штата Колорадо (США) и относящийся к минералам группы монтмориллонита [17], химический состав которой представлен в табл. 1., а минералогический в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 1 - Химический состав компонентов

| Компонент | Содержание оксидов, мас. % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $R_2O$ | П.п.п. |
| Бейделлитовая глина Образцовского месторождения | 57,13 | 19,25 | 5,72 | 2,0 | 1,32 | 1,5 | 9,01 |
| Золошлаковый материал Тольяттинской ТЭЦ | 49,16 | 17,7 | 6,42 | 3,99 | 2,36 | 0,1 | 20,03 |
| Карбонатный шлам, получаемый при водоочистке питьевой воды | 19,5 | 1,04 | 1,51 | 47,54 | 8,0 | 0,21 | 21,08 |

Таблица 2 - Минералогический состав образцовской глины

| Содержание минералов, мас. % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Гидрослюда | Кварц | Гипс | Полевой шпат | Каолинит + иллит | Бейделлит | Оксиды железа |
| 5-10 | 20-25 | 2-3 | 10-15 | 3-5 | 35-45 | 5-7 |

Исследуемая глина по огнеупорности (1320-1350 °С) относится к легкоплавким, но температура огнеупорности имеет верхний предел, близкий к температуре тугоплавких глин. Образцовская глина по содержанию $A1_2O_3$ (табл. 1) относится к группе полукислого сырья, а по содержанию оксида железа – к группе с высоким содержанием красящих оксидов.

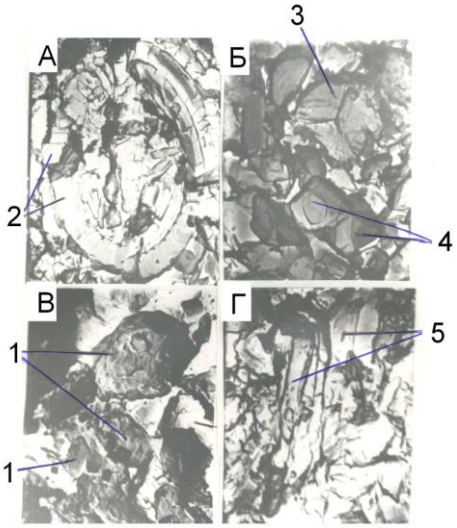


***Рисунок 1 – Микроструктура образцовской бейделлитовой глины:***
*1 – бейделлит; 2 – органические включения; 3 – полевой шпат; 4 – кварц; 5 – гидрослюда. Увеличение А и В х10000; Б и Г х8000*

Для производства кирпича в качестве отощителя и выгорающей добавки использовался *золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС* [18]. ***Отощители*** — материалы, обладающие небольшой усадкой. Их используют для снижения излишней пластичности, из-за которой могут образоваться трещины при сушке и обжиге изделий. Отощители облегчают и ускоряют эти процессы, уменьшают виды брака и бой изделия. Они принимают участие в физико-химических процессах при обжиге, взаимодействуя с другими компонентами, участвуют в образовании структуры, являются как бы каркасом, вокруг которого образуется пленка расплава, вследствие чего изделие не деформируется в процессе обжига. Химический оксидный состав золошлакового материала представлен в табл. 1, микроструктура и минералогический состав золошлакового материала ─ на рис. 2.

Стекловидная фаза исследуемого золошлакового материала неоднородна и под микроскопом представлена — желто-бурым цветом, обусловленного наличием оксида железа. Поэтому ее светопреломление более высокое N=1,6-1,63.

Наличие муллита ($3Al_2O_3•2SiO_2$) в исследуемом золошлаке будет способствовать и образованию муллита при обжиге керамического кирпича в интервале температур 1000-1050ºС.

Механизм кристаллизации муллита в керамических материалах включает две стадии: образование центров кристаллизации (зародышей) и рост кристаллов в них [19]. По-видимому, при обжиге кирпича, при использовании в составах керамических масс золошлака, будет происходить гетерогенная кристаллизация муллита.

Минералогический состав золошлакового материала представлен следующими минералами, мас. %: аморфизованное глинистое вещество — 10-20; органика — 20-25; стекловатые шарики — 45-65; кварц, полевой шпат — 5-15; кальцит — 3-5; гидрогранаты, муллит, оксиды железа — 5-10, примеси — 3-7. Имея повышенное содержание органики, золошлаковый материал может использоваться в производстве керамических материалов и в качестве выгорающей добавки.

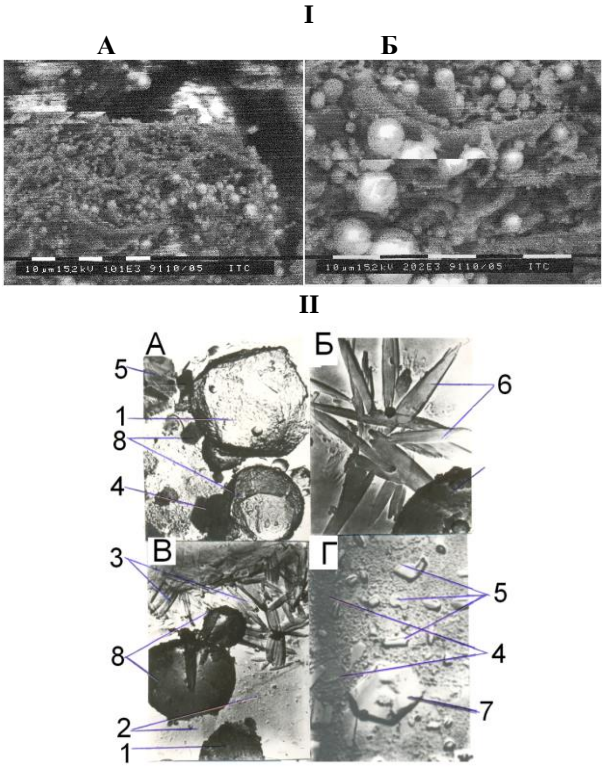


***Рисунок 2 - Микроструктура золошлакового материала:***
*1 – магнетит; 2 – стекло, 3 – муллит;*
*4 – органические включения; 5 – кварц;*
*6 – анортит; 7 – полевой шпат; 8 - гематит.*
*I - увеличение х500-1000, А – 500,*
*Б – 1000; II – увеличение х20000-24000,*
*А и В х20000; Б и Г х24000*

*Карбонатный шлам* техногенного происхождения использовался для производства керамического кирпича в качестве отощителя и частично выполнял (с наноразмерностью от 100 до 300 нм) пластифицирующую добавку [20], химический состав представлен в табл. 1.

Известно, что CaO, несмотря на высокую температуру плавления, в глиносодержащих массах является сильным плавнем вследствие образования с $A1_2O_3$ и $SiO_2$ сравнительно легкоплавких соединений [21]. При температурах около 1000 ºС взаимодействие между CaO и глинистыми веществами еще незначительно, а при более высоких температурах реакция интенсифицируется, образуются уплотняющие легкоплавкие соединения, эвтектики и стекла.

Для анализа размера частиц исследуемого карбонатного шлама был проведен металлографический анализ на микроскопе МИН-8М при увеличении в 200 раз. Частицы карбонатного шлама растворялись в спирте, наносились на стекло и фотографировались с помощью фотоаппарата. Для того, чтобы определить точно размеры частиц, было заснято несколько участков объекта. Используя шкалу объекта микрометра (1дел. = 0,001 мм) можно определить средний размер частиц карбонатного шлама. Средний размер частиц: 0,0001 - 0,0003 мм (0,1 – 0,3 мкм, рис. 3).

Как видно из рис. 3 в образцах частицы размером более 10 мкм отсутствуют. Наличие карбоната кальцию в тонкодисперсном состоянии делает сырье менее чувствительным к сушке, т.е. уменьшает трещинообразование кирпича [20, 21]. Кроме того, мелкодисперсный карбонатный шлам, как известно, способствует спеканию керамических изделий.

Данные шламовые отходы отличаются от высокодисперсных порошкообразных материалов природного и техногенного происхождения наноразмерностью, которая находится пределах от 100 до 2000 нм и зависит от условий образования. Минералогический состав кар-

бонатного шлама представлен кварцем, и оксидом кальция. Наличие карбоната кальция в тонкодисперсном состоянии делает сырьё менее чувствительным к сушке, т.е. уменьшает трещинообразование кирпича [20-21].

***Получение керамического кирпича и физико-механические показатели.*** Сырьевые материалы высушивали до влажности не более 3-5%, измельчались до прохождения сквозь сито 1,0 мм, затем тщательно перемешивались. Керамическую массу готовили пластическим способом при влажности 20-24% (в зависимость от содержания в составе глинистой составляющей), из которой формовали кирпич-сырец. Полученный кирпич-сырец высушивали в течения 36-45 часов (в зависимости от содержания глинистого компонента) до влажности не более 8%, затем обжигали при температуре 1050ºС. Изотермическая выдержка при конечной температуре 60 минут.

Составы керамических масс представлены в табл. 3, а технические показатели в табл. 4.

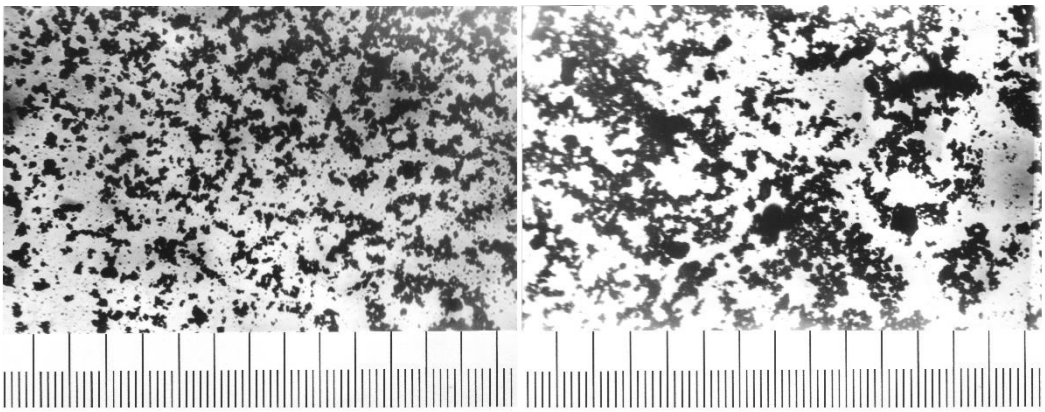

***Рисунок 3 - Металлографический анализ карбонатного шлама***

Таблица 3 – Составы керамических масс

| Компонент | Содержание компонентов, мас. % | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Бейделлитовая глина Образцовского месторождения | 70 | 60 | 50 |
| Золошлаковый материал Тольяттинской ТЭЦ | 15 | 20 | 25 |
| Карбонатный шлам, получаемый при водоочистке питьевой воды | 15 | 20 | 25 |

Таблица 4 – Технические показатели керамического кирпича

| Показатель | Составы | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| Время сушки кирпича-сырца, час. | 45 | 40 | 36 |
| Прочности при сжатии, МПа | 15,8 | 16,5 | 16,3 |
| Прочности при изгибе, МПа | 3,1 | 3,5 | 3,3 |
| Морозостойкость, циклы | 45 | 67 | 60 |
| Водопоглощение, % | 11,5 | 10,3 | 10,7 |
| Плотность, кг/м$^3$ | 1620 | 1580 | 1550 |
| Теплопроводность, Вт/(м·ºС) | 0,38 | 0,42 | 0,36 |
| Термостойкость, циклы | 5 | 8 | 7 |

На составы керамических масс, представленные в табл. 3 получен патент РФ [22].

**Результаты исследования**

Как видно из табл. 4, кирпичи из составов №1-3 соответствуют марки М150., т.е. высокие технические показатели. Используемый в качестве отощителя золошлаковый материал снижает время сушки с 45 до 36 часов (табл. 4).

Эффект от внедрения наноразмерных частиц принципиально выражается в том, что в системе появляется не только дополнительная граница раздела, но и носитель квантовомеханических проявлений [20, 21].. Присутствие в системе наноразмерных частиц способствует увеличению объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими воды и уменьшению объема капиллярно-связанной и свободной воды, что приводит к повышению пластичности керамической массы.

Таким образом, для снижения чувствительности шихты к сушке, сокращения времени сушки кирпича-сырца в качестве отощителя при производстве кирпича целесообразно использовать золошлаковый материал и карбонатный шлам.

При обжиге керамического кирпича, содержащего компонент с повышенным содержанием CaO (табл. 1, карбонатный шлам) образуется алюмосиликатный расплав, который в соответствие с современными представлениями состоит из простых катионов ($K^+$, $Na^+$, $Ca^{++}$ и т.д.) и сложных анионных комплексов типа $Si_xAl_yO_z$ [19-21, 23]. Кремний и алюмокислородные анионы, будучи крупными агрегатами, образуют большие и малоподвижные комплексы, вследствие чего алюмосиликатные расплавы имеют высокую вязкость [19, 23]. Катионы $Ca^{++}$ способствуют частичному переходу ($AlO_4$) в ($AlO_6$) и не создают условий возникновению комплексов групп ($AlO_4$) и ($SiO_4$) [19, 23]. Поскольку некоторая часть CaO, переходит в расплав, то размер и сложность комплексных анионов уменьшается. Изменение строения расплава сопровождается усилением спекания. Однако при увеличении содержания металлургического шлака в массе более 20% спекание вновь начинает ухудшаться. Это объясняется тем, что увеличение содержания CaO в массе значительно интенсифицирует кристаллизацию анортита [19, 23].

**Выводы**

Исследованы возможности по использованию многотоннажных отходов: отходов энергетики ─ золошлакового материала и нанотехногенного карбонатного шлама в производстве керамического кирпича на основе редко встречающейся ─ бейделлитовой глины. Полученные керамические кирпичи имели высокие физико-механические показатели, что соответствовали М150.

Для производства кирпича в качестве отощителя и выгорающей добавки использовался золошлаковый материал Тольяттинской ТЭС. Наличие тонкодисперсного карбонатного шлама в сырье делает ее менее чувствительным к сушке, т.е. уменьшает трещинообразование кирпича. Присутствие в системе наноразмерных частиц способствует увеличению объема адсорбционно и хемосорбционно связываемой ими воды и уменьшению объема капиллярно-связанной и свободной воды, что приводит к повышению пластичности керамической массы и сокращение глинистой связующей в составах керамических масс. Разработанные инновационные предложения по использованию многотоннажных отходов в производстве керамического кирпича, новизна которых подтверждена Патентом РФ.

Безусловным достоинством использования многотоннажных отходов промышленности является разгрузка экологической обстановки и способствует решению следующих задач:

а) утилизации промышленных отходов способствует охране окружающей среды;

б) учитывая, что в настоящее время природные сырьевые ресурсы истощены, способствует вовлечению техногенных образований в производственный оборот для производства строительных материалов;

в) освобождению значительных земельных участков от воздействия негативных антропогенных факторов и рациональному использованию ингредиентов промышленных отвалов на объектах стройиндустрии;

г) снижению стоимости строительных материалов;

д) рациональному природопользованию за счет вовлечение отходов в производство керамических материалов;

е) созданию энерго- и ресурсосберегающие технологии по производству строительных материалов;

ж) сохранению и рациональному использованию имеющихся природных сырьевых ресурсов;

з) использованию накопленных и вырабатываемых отходов производства;

е) снижению экологической напряженности в России;

и) охране окружающей среды, и расширению сырьевой базы для получения строительных материалов;

к) исключает затраты на геологоразведочные работы, на строительство и эксплуатацию карьеров;

л) снижение поступления в водную экосистему за счет атмосферных осадков тяжелые металлы, содержащихся в отходах теплоэнергетики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вещев А.А., Соколов А.Е. Энергосиловой расчет процесса вырубки боковин и бортовых колец из изношенных шин при утилизации // Экология и промышленность России. 2014. №7. С.21-25.

2. Осипов Ю.Р., Воропай Л.М., Сеничев В.П. Эффективность применения ультразвуковой технологии в процессе структурообразования древестно-цементного композита // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. №2. С. 4-8

3. Калмыкова Ю.С. Переработка отвальных доменных шлаков с получением шлакощелочных вяжущих // Экология и промышленность России. 2014. №3. С. 21- 23.

4. Лобковский С.А., Шайдурова Г.И., Зубарев С.А. Исследование технологии утилизации отходов, образующихся при производстве корпусов ракетных двигателей из полимерных композиционных материалов // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. №11. С. 10-15.

5. Сухарникова М.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г., Сысоев Э.П., Чухланов В.Ю. Разработка состава шихты для производства строительной керамики на основе сырья Владимировской области: глины и гальванического шлама // Стекло и керамика. 2016. №3. С. 31-33.

6. Кудрявцева Е.И., Макаров С.В., Макарова А.С. Управление степенью визуализации воздействия промышленных объектов на окружающую среду // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. №11. С. 44-49.

7. Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Бердов Г.И., Сыромясов В.А., Дружинин М.С. Влияние вещественного состава заполнителя из отходов сжигания топлива на формирование ячеистой структуры газозолобетона // Строительные материалы. 2014. №12. С. 42-44.

8. Кожухова Н.И., Жерновский И.В., Фомина Е.В. Фазообразование в геополимерных системах на основе золы-уноса Апатитской ТЭЦ // Строительные материалы. 2015. №12. С. 85-87.

9. Щербина Н.Ф., Кочеткова Т.В.. Использование отходов обогащения железорудных месторождений в производстве керамических изделий // Стекло и керамика. 2016. №1.С. 24-226.

10. Избембетов Д.Д., Амангельдиев Н.М., Зупаров Н.С. Разработка технологии производства огнеупорных изделий из рукавной пыли и шлаков высокоуглеродистого феррохрома // Теория и технология металлургического производства. 2015. №2. С. 56-60.

11. Васильев А.В., Тупицына О.В. Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, №5. С. 308-313.

12. Абдрахимов В.З., Лобачев Д.А., Кайракбаев А.К., Абдрахимова Е.С. Жаростойкий композит на основе фосфатных связующих, нанотехногенных высокоглиноземистых и щелочноземельных отходов // Известия вузов. Строительство. 2014. №12. С. 44-52.

13. Абдрахимова Е.С., Рощупкина И.Ю., Абдрахимов В.З., Кайракбаев А.К., Колпаков А.В. Влияние топливосодержащих отходов на структуру пористости теплоизоляционного материала // Строительство и реконструкция . 2018. №2. С. 113-120.

14. Абдрахимов В.З., Колпаков А.В., Кайракбаев А.К. Исследование физических свойств теплоизоляционного кирпича методом линейной регрессии // Строительство и реконструкция. 2015. №3. 110-116.

15. Вдовина Е.В., Абдрахимов В.З. Термические исследования керамических масс на основе бейделлитовой глины и отходов производств минеральной ваты // Строительство и реконструкция. 2010. №4. С. 50-52.

16. Колпаков А.В., Абдрахимов В.З. Исследование коэффициента вспучивания фазового состава на различных этапах обжига керамзита из межсланцевой и бейделлитовой глины // Строительство и реконструкция. г. Орел. -2012. -№5. –С. 50-58.

17. Бетехин А.Г. Курс минералогии М: изд-во Госгеолтехиздат. 1961. 540 с.

18. Ильина Л.А., Абдрахимов В.З. Использование отхода топливно-энергетической промышленности - золошлакового материала – в производстве пористого заполнителя на основе жидкостекольной композиции // Экология промышленного производства. 2018 . Вып. 4. С. 16-22.

19. Куколев, Г.В. Химия кремния и физическая химия силикатов – М.: «Высшая школа», 1965. – 364 с.

20. Абдрахимов В.З., Колпаков Инновационные направления использования кальцийсодержащего нанотехногенного сырья: осадок-отхода сточных вод, отхода пыли-уноса асфальтобетонных заводов, шлама от водоочистки воды и гальванического шлама в производстве кирпича // Известия вузов. Строительство. -2013. -№8. – С. 41-46.

21. Абдрахимов В.З., Колпаков А.В. Использование кальцийсодержащих отходов доломитовых высевок и известковой муки в производстве кирпича // Известия вузов. Строительство. 2014. №5. –С. 34-39.

22. Патент №2346908 RU C1 04 B 33/132. Керамическая масса для изготовление керамического кирпич. Авторы: Ковков И.В., Шевандо В.В., Абдрахимов В.З., Денисов Д.Ю., Абдрахимова В.З., Абдрахимов А.В., Вдовина Е.В. Заявка 2007100309/03. Дата подачи 09.01.2007. Опубл. 20.02.2009. Бюл. №5. Патентообладатель: Самарский государственный архитектурно-строительный университет.

23. Литвинов Г.И., Пирожкова В.П., Петров А.К. Петрография неметаллических включений. М.: «Металлургия». 1972. 184 с.

## REFERENCES

1. Veshchev A.A., Sokolov A.Ye. Energosilovoy raschet protsessa vyrubki bokovin i bortovykh kolets iz iznoshennykh shin pri utilizatsii [Power calculation of the process for cutting the sidewalls and bead rings of the waste tyres for disposal] *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2014. No 7. Pp.21-25.

2. Osipov Yu.R., Voropay L.M., Senichev V.P. Effektivnost' primeneniya ul'trazvukovoy tekhnologii v protsesse strukturoobrazovaniya drevestno-tsementnogo kompozita [Efficiency of ultrasonic technology application in the process of structure formation of a drevestno-cement composite]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2016. T. 20. No 2. Pp. 4-8

3. Kalmykova YU.S. Pererabotka otval'nykh domennykh shlakov s polucheniyem shlakoshchelochnykh vyazhushchikh [Processing of dump blast furnace slag with obtaining slag binders]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2014. No 3. Pp. 21- 23.

4. Lobkovskiy S.A., Shaydurova G.I., Zubarev S.A. Issledovaniye tekhnologii utilizatsii otkhodov, obrazuyushchikhsya pri proizvodstve korpusov raketnykh dvigateley iz polimernykh kompozitsionnykh materialov [Research of technology of utilization of the waste formed at production of the rocket engines from polymeric composite materials]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2016. T. 20. No 11. Pp. 10-15.

5. Sukharnikova M.A., Pikalov Ye.S., Selivanov O.G., Sysoyev E.P., Chukhlanov V.YU. Razrabotka sostava shikhty dlya proizvodstva stroitel'noy keramiki na osnove syr'ya Vladimirovskoy oblasti: gliny i gal'vani-cheskogo shlama [Development of charge composition for the production of construction ceramics based on raw materials vladimirovskaya region: clay and galvanic sludge]. *Steklo i keramika*. 2016. No 3. Pp. 31-33.

6. Kudryavtseva Ye.I., Makarov S.V., Makarova A.S. Upravleniye stepen'yu vizualizatsii vozdeystviya promyshlennykh ob"yektov na okruzhayushchuyu sredu [Management of the degree of visualization of the impact of industrial facilities on the environment]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2016. T. 20. No 11. Pp. 44-49.

7. Stolboushkin A.YU., Ivanov A.I., Berdov G.I., Syromyasov V.A., Druzhinin M.S. Vliyaniye veshchestvennogo sostava zapolnitelya iz otkhodov szhiganiya topliva na formirovaniye yacheistoy struktury gazozolobetona [The Influence of the material composition of the filler from waste fuel combustion on the formation of cellular structure is gazzoleen]. *Stroitel'nyye materialy*. 2014. No 12. Pp. 42-44.

8. Kozhukhova N.I., Zhernovskiy I.V., Fomina Ye.V. Fazoobrazovaniye v geopolimernykh sistemakh na osnove zoly-unosa Apatitskoy TETS [Phase formation in geopolymeric systems on the basis of fly ash Apatitskaya CHPP]. *Stroitel'nyye materialy*. 2015. No 12. Pp. 85-87.

9. Shcherbina N.F., Kochetkova T.V.. Ispol'zovaniye otkhodov obogashcheniya zhelezorudnykh mestorozhdeniy v proizvodstve keramicheskikh izdeliy [The use of waste enrichment of iron ore deposits in the production of ceramic products]. *Steklo i keramika*. 2016. No 1. Pp. 224-226.

10. Izbembetov D.D., Amangel'diyev N.M., Zuparov N.S. Razrabotka tekhnologii proizvodstva ogneupor-nykh izdeliy iz rukavnoy pyli i shlakov vysokouglerodistogo ferrokhroma [Development of technology of production of refractory products from the bag house dust and slag of high-carbon ferrochrome]. *Teoriya i tekhnologiya metallurgi-cheskogo proizvodstva*. 2015. No 2. Pp. 56-60.

11. Vasil'yev A.V., Tupitsyna O.V. Ekologicheskoye vozdeystviye burovykh shlamov i podkhody k ikh pererabotke [The Environmental impact of drill cuttings and approaches to their processing]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2014. T. 16, No 5. Pp. 308-313.

12. Abdrakhimov V.Z., Lobachev D.A., Kayrakbayev A.K., Abdrakhimova Ye.S. Zharostoykiy kompozit na osno-ve fosfatnykh svyazuyushchikh, nanotekhnogennykh vysokoglinozemistykh i shchelochnozemel'nykh otkhodov [Heat-Resistant composite based on phosphate binders, nanotechnology high-alumina and alkaline earth waste]. *Izvestiya vu-zov. Stroitel'stvo*. 2014. No 12. Pp. 44-52.

13. Abdrakhimova Ye.S., Roshchupkina I.YU., Abdrakhimov V.Z., Kayrakbayev A.K., Kolpakov A.V. Vliyaniye top-livosoderzhashchikh otkhodov na strukturu poristosti teploizolyatsionnogo materiala [The influence of the fuel-containing wastes on the structure and porosity of insulating material]. *Building and Reconstruction*. 2018. No 2. Pp. 113-120.

14. Abdrakhimov V.Z., Kolpakov A.V., Kayrakbayev A.K. Issledovaniye fizicheskikh svoystv teploizolyatsionnogo kirpicha metodom lineynoy regressii [Study of the physical properties of the insulating brick using linear regression]. *Building and Reconstruction*. 2015. No 3. 110-116.

15. Vdovina Ye.V., Abdrakhimov V.Z. Termicheskiye issledovaniya keramicheskikh mass na osnove beydellitovoy gliny i otkhodov proizvodstv mineral'noy vaty [Thermal studies of ceramic masses on the basis of beidellite clay and waste products of mineral wool]. *Building and Reconstruction*. 2010. No 4. Pp. 50-52.

16. Kolpakov A.V., Abdrakhimov V.Z. Issledovaniye koeffitsiyenta vspuchivaniya fazovogo sostava na razlichnykh etapakh obzhiga keramzita iz mezhslantsevoy i beydellitovoy gliny [Study of the coefficient of swelling of the phase composition at various stages of calcination of expanded clay from inter-slate and beidellite clay]. *Building and Reconstruction*. 2012. No 5. Pp. 50-58.

17. Betekhin A.G. Kurs mineralogii [Lectures on Mineralogy]. Moscow: Publishing Gosgeoltekhizdat, 1961. 540 p.

18. Il'ina L.A., Abdrakhimov V.Z. Ispol'zovaniye otkhoda toplivno-energeticheskoy promyshlennosti - zoloshlakovogo materiala – v proizvodstve poristogo zapolnitelya na osnove zhidkostekol'noy kompozitsii [Use of waste fuel energy industry-ash and slag material-in the production of porous filler based on liquid glass composition]. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*. 2018 . No 4. Pp. 16-22.

19. Kukolev, G.V. Khimiya kremniya i fizicheskaya khimiya silikatov [Chemistry of silicon and physical chemistry of silicates]. Moscow: Vysshaya shkola, 1965. 364 p.

20. Abdrakhimov V.Z., Kolpakov Innovatsionnyye napravleniya ispol'zovaniya kal'tsiysoderzhashchego nanotekhnogennogo syr'ya: osadok-otkhoda stochnykh vod, otkhoda pyli-unosa asfal'tobetonnykh zavodov, shlama ot vodoochistki vody i gal'vanicheskogo shlama v proizvodstve kirpicha [Caps Innovative directions of use calcium nanotehnologija raw materials: sludge-waste wastewater, flue dut, fly ash and asphalt plants, sludge from water treatment and galvanic sludge in brick production]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2013. No 8. Pp. 41-46.

21. Abdrakhimov V.Z., Kolpakov A.V. Ispol'zovaniye kal'tsiysoderzhashchikh otkhodov dolomitovykh vysevok i izvestkovoy muki v proizvodstve kirpicha [The Use of calcium-containing waste bran of dolomite and limestone flour in the manufacture of bricks]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2014. No 5. Pp. 34-39.

22. Patent No. 2346908 RU C1 04 at 33/132. Ceramic mass for the manufacture of ceramic bricks. Authors: Cowcow I. V., Levando V. V., Abdrakhimov V. Z., Denisov D. Yu., Abdrakhimova E. S,. Abdrakhimov, A. V., Vdovin E. V. Application 2007100309/03. Filing date 09.01.2007. Publ. 20.02.2009. Bul. No. 5. Patent holder: Samara state University of architecture and construction.

23. Litvinov G.I., Pirozhkova V.P., Petrov A.K. Petrografiya nemetallicheskikh vklyucheniy [Petrography of nonmetallic inclusions]. Moscow: “Metallurgiya”, 1972. 184 p.

**Информация об авторах:**

**Абдрахимов Владимир Закирович**
Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия,
доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего и профессионального образования.
Тел.: +7(846) 337-58-92
E-mail: 3375892@mail.ru

**Information about authors:**

**Abdrakhimov Vladimir Z.**
Samara state University of Economics, Samara, Russia,
Doctor of technical Sciences, Professor, honorary worker of higher and vocational education.
Ph.: +7(846) 337-58-92
E-mail: 3375892@mail.ru