

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-7-104-111

Романюк В.С.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
E-mail: lera_romanyuk_1999@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

Аннотация. Основная цель исследований – разработка технологических решений, направленных на снижение экологической нагрузки путём безопасной утилизации отходов нефтяной промышленности, а также повышение экономической эффективности производства керамических строительных материалов. Включение нефтесодержащих отходов в состав керамических смесей может способствовать улучшению их технологических свойств, что в свою очередь ведёт к сокращению энергозатрат и увеличению рентабельности производства. Кроме того, применение таких отходов в строительной керамике способствует замкнутому циклу производства, что соответствует принципам устойчивого развития и циркулярной экономики.

В качестве основного сырья для получения керамических материалов строительного назначения выбран буровой шлам Славянского месторождения в сочетании со среднепластичной глиной Владимировского месторождения Южного федерального округа. В работе исследованы физико-механические свойства (плотность, водопоглощение, прочность, морозостойкость) керамических строительных материалов на основе отходов нефтедобычи.

По результатам исследования установлено, что при содержании бурового шлама в смеси 60 %, материал обладает прочностью марки М250, морозостойкостью марки F75, средней плотностью 2200 кг/м³, водопоглощением 12,00 %. Показано, что наличие бурового шлама в сырьевой смеси позволяет регулировать свойства получаемого материала, а также снизить содержание глины – природного невозобновляемого сырья.

Ключевые слова: строительная керамика, нефтеотходы, глина, буровой шлам, ресурсосберегающая технология, сырьевая смесь.

Введение. В современном мире восстановление естественных процессов экосистемы Земли приобретает критическую значимость. Антропогенное воздействие, включая промышленные выбросы, загрязнение водных ресурсов и накопление отходов, приводит к деградации окружающей среды, нарушая баланс природных циклов. Особую опасность представляют техногенные отходы, которые не только загрязняют почву, воду и атмосферу, но и препятствуют естественным механизмам самоочищения экосистем. В этих условиях ключевую роль играет разработка и внедрение инновационных методов переработки отходов, способных минимизировать негативное влияние промышленности на природу.

Одним из наиболее проблемных видов промышленных отходов являются буровые шламы – сложные многокомпонентные смеси, включающие выбуренную породу, остатки буровых растворов, нефтепродукты и химические реагенты. Их накопление связано с активной добычей углеводородов, особенно в регионах с развитой нефтегазовой промышленностью.

С 2009 года объемы образующегося бурового шлама увеличились в десятки раз. Это обусловлено несколькими факторами:

- рост числа буровых скважин, расширение нефтедобычи приводит к увеличению количества отходов;
- отсутствие эффективных технологий переработки, естественное разложение шламов невозможно из-за их химической устойчивости;
- накопление исторических отходов, отсутствие системной утилизации привело к образованию крупных шламонакопителей.

Буровые шламы оказывают комплексное негативное воздействие:

- загрязнение почв и грунтовых вод, тяжелые металлы, нефтепродукты и соли проникают в экосистемы, делая земли непригодными для сельского хозяйства;
- токсическое влияние на живые организмы, накопление вредных веществ в пищевых цепях угрожает биоразнообразию;
- деградация ландшафтов, шламовые амбары занимают значительные территории, нарушая природные ландшафты [1].

По официальным данным на 2021-2024 гг. Россия входит в десятку лидеров по добыче нефти в мире. В Южном федеральном округе (ЮФО) зарегистрировано свыше 200 месторождений, включающих нефтяные, газонефтяные,

нефтегазовые и нефтегазоконденсатные месторождения. Добычу углеводородного сырья в регионе осуществляют 49 предприятий, среди которых наиболее крупные – ОАО «Газпром», ОАО «НК «Роснефть», ОАО «ЛУКОЙЛ» и их дочерние компании. В условиях активной добычи углеводородного сырья, в частности в ЮФО, возникает проблема, связанная с образованием огромного количества техногенных отходов. Это подчеркивает необходимость реализации эффективных методов утилизации и переработки отходов [2-3].

Полностью избавиться от большого количества техногенных отходов достаточно сложно. В результате буровой шлам накапливается годами и пагубно влияет на экосистему нашей страны. Необходимо способствовать уменьшению накопленных отходов данного типа или даже их полной утилизации.

Помимо глобальной проблемы, связанной с увеличением запасов буровых растворов, существует еще одна, не менее важная – истощение запасов месторождений глинистого сырья, используемого в производстве керамических строительных материалов. На российском рынке данные изделия пользуются большим спросом, так как имеют длительный срок службы. В связи с тем, что месторождения глины истощаются, поиск решений этой проблемы, направленный на разработку новых ресурсосберегающих технологий, становится востребованным.

С 2016 года в России реализуется Стратегия развития строительной отрасли, которая предусматривает поддержку предприятий, внедряющих переработку отходов – налоговые льготы, субсидии, гранты; развитие ресурсосберегающих технологий – поиск замены природного сырья вторичными материалами. Одним из перспективных направлений является использование бурового шлама в производстве керамических материалов. Это решает сразу две проблемы: снижение объема отходов – переработка шлама в полезный продукт; экономия природных ресурсов – частичная замена глины техногенным сырьем.

Современные экологические и экономические вызовы требуют комплексных решений. Переработка бурового шлама в строительные материалы – это не только способ снизить антропогенную нагрузку на природу, но и шаг к устойчивому развитию промышленности. Внедрение таких технологий должно поддерживаться на государственном уровне, включая нормативное регулирование, финансирование исследований и стимулирование предприятий к переходу на "зеленые" методы производства. Только так можно обеспечить баланс между промышленным ростом и сохранением окружающей среды [4-8].

Керамическая промышленность требует большого количества минеральных материалов, и замена части природного сырья техногенными отходами является важным шагом в повышении экологической и экономической эффективности производства [9-12].

Таким образом, целью данной работы является исследование физико-механических свойств керамических строительных материалов на основе отходов нефтедобычи и определение их соответствия требованиям ГОСТ 530-2018 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» [13].

Материалы и методы. Для проведения исследований в качестве основного компонента сырьевой смеси использовался буровой шлам Славянского месторождения ЮФО в сочетании со среднепластичной глиной Владимирского месторождения ЮФО. Предварительно глина и буровой шлам просушивались до остаточной влажности 4–6 %, с дальнейшим измельчением и просеиванием на сите 008. Затем по заданным дозировкам компоненты тщательно перемешивались, и масса равномерно увлажнялась до пластического состояния. Приготовленная керамическая масса вылеживалась в эксикаторе 6-12 часов, после чего было отформовано 5 серий образцов с размерами 60×30×14 мм (по 12 шт. в каждой серии) с содержанием, масс %, глина/ буровой шлам: 20/80, 30/70, 40/60, 50/50 и 60/40. Далее производилась сушка и обжиг при температуре 1050 °С. В процессе обжига температура повышалась со скоростью 3 °/мин и при конечной температуре была выдержка в течение 30 минут. Охлаждение естественное, продолжительностью 10-14 часов. Затем определялись их физико-механические свойства и их соответствие требованиям ГОСТ 530-2018 [13].

Показатель средней плотности определялся в соответствии с ГОСТ 7025-91 [14].

Объем образцов определяют по их геометрическим размерам, измеренным с погрешностью не более 1 мм. Для определения каждого линейного размера образец измеряют в трех местах – по ребрам и середине грани. За окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерений.

Образцы очищают от пыли и высушивают до постоянной массы в сушильном электрошкафу с регулировкой температуры в пределах 100–110 °С.

Среднюю плотность образца ($\rho_{\text{ср}}$), кг/м³, вычисляли по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{m}{V} \times 100 \%, \quad (1)$$

где V – объем образца, см³.

За значение средней плотности изделий принимали среднее арифметическое результатов определений средней плотности всех образцов, рассчитанное с точностью до 10 кг/м^3 .

Водопоглощение определялось в соответствии с ГОСТ 7025-91 [14] при атмосферном давлении в воде температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Водопоглощение образцов по массе (W) в процентах вычисляли по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \times 100 \%, \quad (2)$$

где m_1 – масса образца, насыщенного водой, г;

m – масса образца, высушенного до постоянной массы, г.

Эксперимент проводился не менее чем на трех образцах. Образцы предварительно высушивались до постоянной массы, затем их укладывали в один ряд по высоте с зазорами между ними не менее 2 см на решетку в сосуд с водой температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ так, чтобы уровень воды был выше верха образцов на 2–10 см. Образцы выдерживались в воде 48^{+1} ч. Насыщенные водой образцы вынимали из воды, обтирали влажной тканью и взвешивали.

За значение водопоглощения изделий принималось среднее арифметическое результатов определения водопоглощения всех образцов, рассчитанное с точностью до 1 %.

Прочность на сжатие определялась в соответствии с ГОСТ Р 58527–2019 [15].

При определении предела прочности при сжатии были изготовлены образцы с размерами $35 \times 35 \times 35$ мм. После высушивания и до испытаний образцы выдерживали при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ до достижения температурного равновесия. После этого в течение 24 ч проводили испытания. Затем образцы погружали в воду с температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ минимум на 15 ч. Затем образцы вынимались и просушивались в течение 15–20 мин.

Образец устанавливался в центре плиты пресса, совмещая геометрические оси образца и плиты. Нагрузка на образец возрастала непрерывно и равномерно таким образом, чтобы до разрушения образца прошло не менее 60 с.

Предел прочности при сжатии образца $R_{сж}$, МПа, вычисляли с точностью до 0,1 МПа по формуле:

$$R_{сж} = P/F, \quad (3)$$

где P – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н;

F – площадь поперечного сечения образца без вычета площади пустот, мм^2 . Площадь поперечного сечения (F) определяют, как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней опорных поверхностей.

Предел прочности при сжатии в серии образцов определяли, как среднее арифметическое значение результатов испытаний установленного числа образцов и округляли до 0,1 МПа.

Морозостойкость определялась количеством циклов замораживания/оттаивания, которым подвергается материал без признаков деформации, снижения прочности или потери массы. Контроль морозостойкости при объемном замораживании проводился в соответствии с ГОСТ 7025-91 [14]. Температура воздуха в камере от начала до конца замораживания составляла -18°C . Продолжительность одного замораживания образцов составляла 4 ч. Продолжительность оттаивания составляла половину продолжительности замораживания и равна 2 часам.

Основная часть. Образцы, изготовленные пластическим способом формования, в соответствии с разработанными составами представлены на рис. 1.

После завершения обжига каждый образец подвергся детальному визуальному осмотру, в ходе которого фиксировались следующие параметры: расположение образцов в печи (для анализа влияния температурных зон на свойства материала); цвет черепка и равномерность его распределения (показатель однородности состава и качества обжига); наличие трещин (может указывать на внутренние напряжения, вызванные резкими перепадами температуры или неоптимальным составом смеси); изменение геометрии образцов (обусловлено неравномерной усадкой из-за колебаний температуры в печи или различий в составе керамической массы); деформации и признаки оплавления (свидетельствуют о локальном или общем пережоге).

В ходе исследования было установлено, что образцы с содержанием бурового шлама 40–60 % продемонстрировали наилучшие технологические характеристики: спекшийся, прочный черепок с однородной микроструктурой; стабильный цвет в диапазоне от красно-коричневого до светло-оранжевого; отсутствие трещин и деформаций, что подтверждает оптимальность температурного режима и состава смеси. В то же время образцы с повышенным содержанием бурового шлама (70–80 %) показали признаки небольшого пережога, потемнение черепка до темно-коричневого оттенка, что связано с избыточной температурой или продолжительностью обжига.

Увеличение доли отходов приводит к ухудшению качества изделий из-за пережога, что может негативно сказаться на их эксплуатационных свойствах.

Для подтверждения результатов были проведены дополнительные исследования, определены

физико-механические свойства исследуемых образцов. Полученные данные представлены в табл. 1.

Согласно требованиям ГОСТ 530–2018, проведенный анализ физико-механических свойств

исследуемых образцов позволяет отнести их к категории обыкновенных керамических изделий по теплотехническим характеристикам. Классификация основана на значениях плотности, которые варьируются в диапазоне 2,0–2,4, что соответствует группе материалов средней плотности.

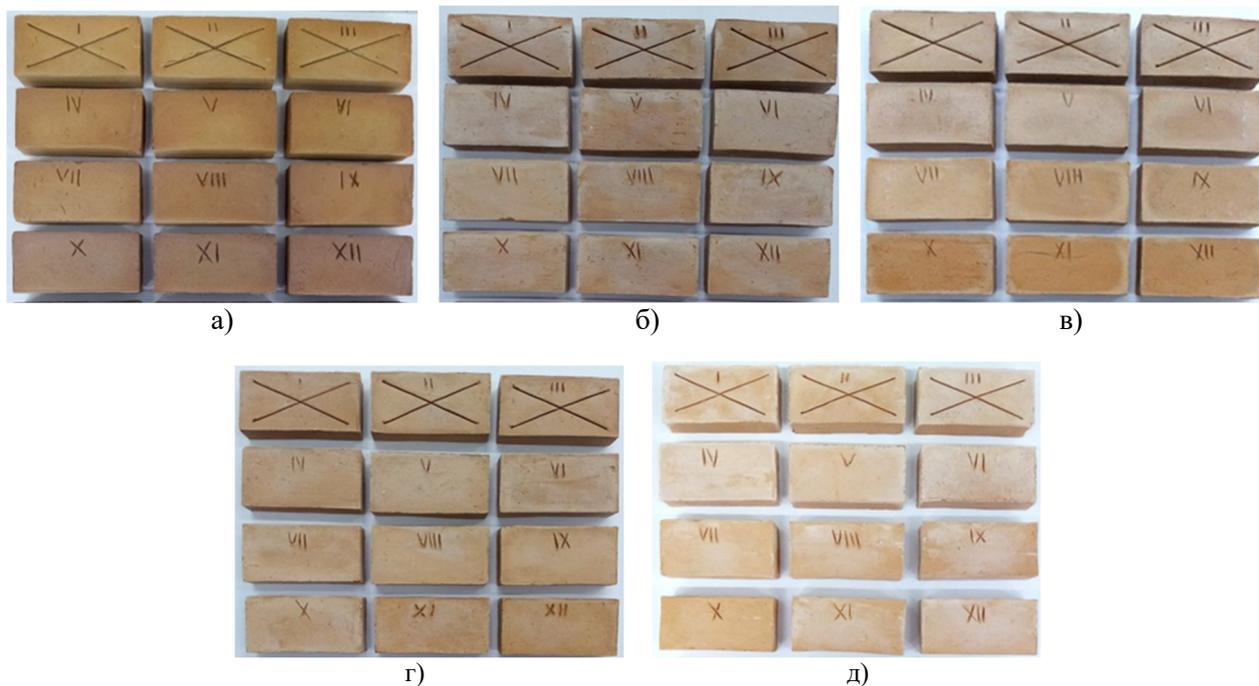


Рис. 1. Лабораторные образцы с содержанием в сырьевой смеси бурового шлама: а) 80 %; б) 70 %; в) 60 %; г) 50 %; д) 40 %

Таблица 1

Физико-механические свойства исследуемых образцов

№ серии	Состав (глина/буровой шлам), %	Плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность на сжатие, МПа	Морозостойкость,
1	20/80	1980,0	15,77	19,70	F35
2	30/70	2030,0	14,67	23,33	F50
3	40/60	2200,0	12,00	29,34	F75
4	50/50	2260,0	11,11	28,40	F75
5	60/40	2300,0	10,95	28,00	F75

Наблюдается четкая зависимость плотности от состава сырьевой смеси: чем выше процентное содержание бурового шлама, тем ниже плотность конечного продукта. Эта обратно пропорциональная связь объясняется различиями в структуре и свойствах компонентов. Глина, обладая более высокой плотностью и связующей способностью, способствует уплотнению материала, тогда как буровой шлам, имеющий менее плотную структуру, снижает общий показатель.

Таким образом, регулируя соотношения компонентов в исходной смеси, можно целена-

правленно изменять плотность изделий, подбирая оптимальные параметры для конкретных технических и эксплуатационных требований.

Зависимость физико-механических свойств от содержания бурового шлама в сырьевой смеси представлены на рис. 2.

Водопоглощение керамических материалов должно быть не менее 5 % по ГОСТ 530–2018. Этот показатель зависит от температуры обжига, а также показателя плотности образцов. Согласно результатам исследований можно заметить, как с повышением содержания бурового шлама значение водопоглощения повышается.

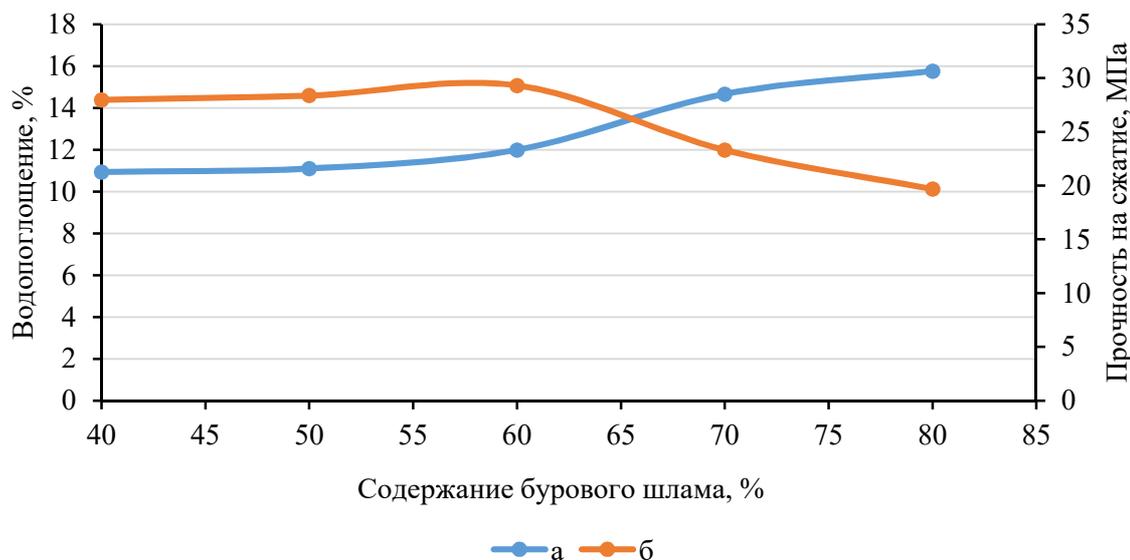


Рис. 2. График зависимости физико-механических свойств от содержания бурового шлама в сырьевой смеси:
 а) зависимость водопоглощения от содержания бурового шлама;
 б) зависимость показателя прочности на сжатие от содержания бурового шлама

На графике показано, что при увеличении содержания бурового шлама прочность образцов постепенно снижается, а водопоглощение растет. Это обусловлено увеличением пористости материала при обжиге, что улучшает теплоизоляционные свойства, но снижает долговечность и морозостойкость.

В соответствии с ГОСТ 530-2018 по полученным данным можно заметить, что самыми оптимальными физико-механическими свойствами обладает серия образцов № 3. Образцы серий № 1 и № 2 вследствие нехватки в сырьевой смеси глины обладают более низкими показателями морозостойкости, а также предела прочности на сжатие. Образцы серий № 4 и № 5 обладают высокими показателями морозостойкости и плотности, предел прочности на сжатие напротив ниже чем у серии образцов № 3.

Таким образом было изучено влияние композиции буровых отходов и глины на физико-механические свойства керамических материалов строительного назначения. Выявлено оптимальное содержание бурового шлама в сырьевой смеси – 60 %. Определен показатель плотности образцов, который соответствует классу средней плотности по ГОСТ 530-2018 и находится в пределах 2,4–2,0. Водопоглощение образцов находится в допустимых пределах по ГОСТ 530-2018 (более 5 %). Определен параметр морозостойкости образцов, который соответствует марке F75 по ГОСТ 530-2018. Найден предел прочности при сжатии, который соответствует марке M250.

Выводы. Результаты исследования показали возможность получения керамических мате-

риалов строительного назначения на основе отходов нефтедобычи, с сохранением целостности и однородности структуры сырца в течение всего технологического цикла. Это позволяет не только снизить объемы отходов, но и повысить качество и характеристики новых материалов, что способствует более устойчивому развитию строительной отрасли в условиях истощения природных ресурсов.

1. Выявлено, что сочетание композиции бурового шлама и глины на этапах подготовки, формования, сушки и обжига обеспечивает соответствие физико-механическим свойствам материала требованиям ГОСТ 530–2018.

2. Установлено, что наилучшими эксплуатационными свойствами обладает серия образцов с содержанием в сырьевой смеси 60 % бурового шлама (плотность 2200 кг/м³, водопоглощение 12,00 %, прочность на сжатие 29,34 МПа (марка M250), морозостойкость марки F75).

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках проекта «Получение керамических материалов строительного назначения с использованием отходов нефтедобывающей отрасли» при реализации программы развития ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова программы «Приоритет-2030».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Третьяк А.А., Яценко Е.А., Онофриенко С.А., Карельская Е.В. Идентификация отходов бурения и их использование // Вестник Томского политехнического университета. Георесурсостроение. 2021. Т. 332. № 2. С. 36–43.

2. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы ЮФО на 2021 г.: URL: <https://www.rosnedra.gov.ru> (дата обращения: 01.11.2024 г.)

3. Динамика промышленного производства в 2022-2023 гг.: URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 01.11.2024 г.)

4. Климова А.А., Язиков Е.Г., Шайхиев И.Р. Минералого-геохимическая специфика буровых шламов нефтяных месторождений на примере объектов томской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 2. С. 102–114. DOI: 10.18799/24131830/2020/2/2485

5. Зильберман М.В., Пичугин Е.А., Черепанов М.В., Шенфельд Б.Е., Козлова Г.А. Свойства буровых шламов и возможные направления их утилизации // Башкирский экологический вестник. 2013. № 2 (35). С. 10–14.

6. Пичугин Е.А. Технология утилизации буровых шламов с получением экологически чистого дорожно-строительного материала // Молодой ученый. 2013. № 9 (56). С. 124–126.

7. Гурьева В.А., Бутримова Н.В., Дорошин А.В., Дубинецкий В.В., Вдовин К.М. Эколого-экономический эффект применения нефтешламов при производстве керамического кирпича // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11. С. 50–52.

8. Дубинецкий В.В., Вдовин К.М., Бутримова Н.В. Синтез модифицированного керамического материала на базе кальцийсодержащего техногенного сырья // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 11. С. 66–71.

9. Иванов Е. А., Беляев Д. В. Рентабельность и окупаемость проектов по утилизации

нефтяных отходов в строительной отрасли // Экономика и управление в строительстве. 2019. № 3. С. 72–81.

10. Денисова Е.И. Экологические аспекты переработки отходов нефтедобычи в производстве строительных материалов. Екб.: Изд-во УрФУ, 2017. 230 с.

11. Мельников П.В., Иванов Л.И. Применение нефтяных отходов в технологии изготовления керамических изделий // Инженерный журнал природопользования и экологии. 2020. № 3. С. 71–78.

12. Зиновьев К.А., Сидорова Л.Н. Оценка физических и химических свойств буровых отходов для использования в строительной керамике // Инженерный журнал переработки отходов. 2020. № 5. С. 34–42.

13. Межгосударственный стандарт ГОСТ 530-2018. Кирпич и керамический камень. Основные характеристики. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). М.: Стандартинформ. 2018.

14. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7025–91. Керамический и силикатный кирпич и камни. Методы определения водопоглощения, контроля плотности и морозостойкости. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ИГС). М.: Стандартинформ. 2006.

15. Межгосударственный стандарт ГОСТ 58527–2019. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ИГС). М.: Стандартинформ. 2019.

Информация об авторах

Романюк Валерия Сергеевна, аспирант кафедры «Общая химия и технология силикатов». E-mail: lera_romanyuk_1999@mail.ru. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132.

Поступила 18.01.2025 г.

© Романюк В.С., 2025

Romanyuk V.S.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

E-mail: lera_romanyuk_1999@mail.ru

STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC CONSTRUCTION MATERIALS BASED ON OIL PRODUCTION WASTE

Abstract. The main objective of the research is to develop technological solutions aimed at reducing the environmental impact through safe disposal of oil industry waste, as well as increasing the economic efficiency of ceramic building materials production. Inclusion of oil-containing waste in ceramic mixtures can help improve their technological properties, which in turn leads to a reduction in energy costs and an increase in production profitability. In addition, the use of such waste in building ceramics contributes to a closed production cycle, which corresponds to the principles of sustainable development and a circular economy.

Drilling mud from the Slavyanskoye deposit in combination with medium-plastic clay from the Vladimirovskoye deposit in the Southern Federal District was chosen as the main raw material for obtaining ceramic materials for construction purposes. The work investigated the physical and mechanical properties (density, water absorption, strength, frost resistance) of ceramic building materials based on oil production waste.

The results of the study showed that with a drill mud content of 60 % in the mixture, the material has M250 grade strength, F75 grade frost resistance, an average density of 2200 kg/m³, and water absorption of 12.00 %. It has been shown that the presence of drilling mud in the raw material mixture allows one to regulate the properties of the resulting material, as well as to reduce the content of clay, a natural non-renewable raw material.

Keywords: construction ceramics, oil waste, clay, drilling mud, resource-saving technology, raw material mixture.

REFERENCES

1. Tretyak A.A., Yatsenko E.A., Onofrienko S.A., Karelskaya E.V. Identification of drilling waste and its use. [Identifikaciya othodov bureniya i ih ispol'zovanie]. Vestnik Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Georesursostroenie. 2021. Vol. 332. No. 2. Pp. 36–43. (rus)
2. Information on the state and prospects for using the mineral resource base of the Southern Federal District for 2021: URL: <https://www.rosnedra.gov.ru> (date of treatment 01.11.2024) (rus).
3. Dynamics of industrial production in 2022-2023: URL: <https://rosstat.gov.ru> (date of treatment 01.11.2024) (rus).
4. Klimova A.A., Yazikov E.G., Shaikhiev I.R. Mineralogical and geochemical specificity of drilling cuttings from oil fields on the example of Tomsk region objects. [Mineralogo-geohimicheskaya specifi-ka burovyyh shlamov neftyanyh mestorozhdenij na primere ob"ektov tomskoj oblasti]. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2020. Vol. 331. No. 2. Pp. 102–114. DOI: 10.18799/24131830/2020/2/2485 (rus)
5. Zilberman M.V., Pichugin E.A., Cherepanov M.V., Shenfeld B.E., Kozlova G.A. Properties of drilling mud and possible directions of their utilization. [Svoystva burovyyh shlamov i vozmozhnye napravleniya ih utilizacii]. Bashkirskij ekologicheskij vestnik. 2013. No. 2 (35). Pp. 10-14. (rus)
6. Pichugin, E.A. Technology of recycling drilling mud to produce environmentally friendly road construction material. [Tekhnologiya utilizacii burovyyh shlamov s polucheniem ekologicheski chistogo dorozhno-stroitel'nogo materiala]. Molodoj uchenyj. 2013. No. 9 (56). Pp. 124–126. (rus)
7. Guryeva, V.A., Butrimova N.V., Doroshin A.V., Dubinetsky V.V., Vdovin K.M. Ecological and economic effect of using oil sludge in the production of ceramic bricks. [Ekologo-ekonomicheskij effekt primeneniya nefteshlamov pri proizvodstve keramicheskogo kirpicha]. Mezhdunarodnyj nauchno-is-sledovatel'skij zhurnal. 2016. No. 11. Pp. 50–52. (rus)
8. Dubinetsky V.V., Vdovin K.M., Butrimova N.V. Synthesis of modified ceramic material based on calcium-containing technogenic raw materials. [Sintez modifitsirovannogo keramicheskogo materiala na baze kal'cijsoderzhashchego tekhnogennogo syr'ya]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2017. No. 11. Pp. 66–71. (rus)
9. Ivanov E.A., Belyaev D.V. Profitability and payback of projects for the disposal of oil waste in the construction industry. [Rentabel'nost' i okupaemost' proektov po utilizacii neftyanyh othodov v stroitel'noj otrasli]. Ekonomika i upravlenie v stroitel'stve. 2019. No. 3. Pp. 72–81. (rus)
10. Denisova E.I. Environmental Aspects of Oil Waste Processing in the Production of Building Materials. [Ekologicheskie aspekty pererabotki othodov neftedobychi v proizvodstve stroitel'nyh materialov]. Ekb: UrFU. 2017. 230 p. (rus)
11. Melnikov P.V., Ivanov L.I. Use of oil waste in the technology of manufacturing ceramic products. [Rentabel'nost' i okupaemost' proektov po utilizacii neftyanyh othodov v stroitel'noj otrasli]. Ekonomika i upravlenie v stroitel'stve. 2020. No. 3. Pp. 71–78. (rus)
12. Zinoviev K.A., Sidorova L.N. Evaluation of physical and chemical properties of drilling waste for use in building ceramics. [Ocenka fizicheskikh i himicheskikh svoystv burovyyh othodov dlya ispol'zovaniya v stroitel'noj keramike]. Inzhenernyj zhurnal pererabotki othodov. 2020. No. 5. Pp. 34–42. (rus)
13. Interstate standard GOST 530-2018. Brick and ceramic stone. Main characteristics. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (IGS). M.: Standartinform. 2018. (rus)
14. Interstate standard GOST 7025-91. Ceramic and sand-lime brick and stones. Methods for determining water absorption, density control and frost resistance. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (IGS). M.: Standartinform. 2006. (rus)
15. Interstate standard GOST 58527-2019. Wall materials. Methods for determining compressive strength and bending. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (IGS). M.: Standartinform. 2019. (rus)

Information about the authors

Romanyuk, Valeria S. Postgraduate student of the Department of General Chemistry and Technology of Silicates. E-mail: lera_romanyuk_1999@mail.ru. Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, 346428, Novocherkassk, Prosveshcheniya St., 132.

Received 18.01.2025

Для цитирования:

Романюк В.С. Исследование физико-механических свойств керамических строительных материалов на основе отходов нефтедобычи // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 7. С. 104–111. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-7-104-111

For citation:

Romanyuk V.S. Study of physical and mechanical properties of ceramic construction materials based on oil production waste. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 7. Pp. 104–111. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-7-104-111