

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-6-107-115

*Новиков Ю.В., Климова Л.В., Смолий В.А.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова

*E-mail: novikovtnv@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА НА СВОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БУРОВЫХ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

Аннотация. В статье рассмотрено исследование возможности применения буровых отходов Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения в получении принципиально новых теплоизоляционных материалов – шламолитов, а также исследования влияния температуры обжига на свойства материала. Был проведен комплекс физико-химических исследований бурового шлама. Установлен химический состав, показавший наличие в отходе высокой доли оксидов кремния и алюминия, что позволило отнести отход к классу алюмосиликатных. Установлен фазовый состав, показавший наличие в буровом шламе кристаллических фаз диоксида кремния, альбита, карбоната кальция и хлорида калия. Разработана сырьевая смесь для синтеза шламолита, включающая буровой шлам, жидкое стекло, гидроксид натрия и алюминиевую пудру. Произведен обжиг пяти параллельных образцов шламолитов при температуре 1000–1200 °С с интервалом 50 °С. Установлена оптимальная температура синтеза материала, составляющая 1050 °С. Установлено, что при температуре 1000 °С не происходит достаточного спекания образца, что отрицательно сказывается на его прочностных характеристиках. При температуре выше 1050 °С выявлено оплавление образцов и как следствие – деформация их пористой структуры и сильное возрастание плотности. Проведены физико-механические испытания образцов. Проведен рентгенофазовый анализ оптимального образца шламолита, показавший наличие фаз диоксида кремния, нефелина, кристобалита и галита.

Ключевые слова: буровой шлам, нефтедобыча, теплоизоляционный материал, силикатный материал, обжиг

Введение. На сегодняшний день, нефтедобыча играет огромную роль в экономическом развитии Российской Федерации. В связи с этим, происходит и неуклонный рост объема добычи нефти, и ее дальнейшая переработка с получением целого ряда углеводородных продуктов. Добыча нефти методами бурения ведет в свою очередь к образованию большого количества техногенных минеральных отходов, выраженных буровыми шламами. Их хранение производится на специальных шламохранилищах, расположенных в непосредственной близости к объектам нефтедобывающей отрасли.

Буровые шламы представляют собой материал, частицы которого улавливаются при колонковом бурении шламовой трубой. Главным образом он состоит из обломков горных пород, образованных в результате бурения скважины, остатков жидких углеводородов, буровых растворов, обсадных труб и истирающего материала. Обычно его извлечение на поверхность происходит при чистке нефтяной скважины специализированными приборами – ложками, стаканами, желонками [1]. При этом, состав буровых шламов может сильно варьироваться. Это зависит от типа бурового раствора, используемого в процессе бурения, геологических условий конкретного нефтяного месторождения, состава добываемой нефти и других аспектов. Известно, что

объем накопленных буровых шламов в Российской Федерации составляет более 95 млн т [2]. Несмотря на то, что буровые шламы выполняют множество полезных функций в технологии бурения нефтяных скважин, таких как охлаждение и смазывание бурового оборудования, поддержка гидростатического давления в скважине, их неумеренное накопление ведет к целому ряду проблем различного характера. Хранение буровых шламов способствует загрязнению почв, атмосферы, водных объектов. Особенно остро это отрицательное влияние на окружающую среду ощущается в летние периоды, ввиду повышения испарения жидких компонентов отхода [3]. В связи с вышеперечисленным, проблема утилизации буровых шламов является весьма актуальной и особенно это подчеркивается отсутствием рентабельных и экономически выгодных способов их повторного применения [4, 5].

В области переработки буровых шламов существуют исследования разного направления. Так, авторами ранее были проведены исследования переработки буровых шламов с получением на их основе специальных расклинивающих агентов – проппантов и строительных материалов [6–8]. Кроме того, существуют исследования применения бурового шлама в качестве инертного наполнителя для приготовления строительных растворов [9]. Научный коллектив Шаньдунского технологического университета (Китай)

проводил исследования процессов извлечения нефти из буровых шламов путем комбинированной технологии флотации и центробежной обработки [10]. Научный коллектив Хэбэйского инженерно-исследовательского центра по контролю загрязнения в энергосистеме (Китай), проводил исследования возможности применения золошлакового остатка, образованного при высокотемпературной переработке буровых шламов, для получения на их основе стеклокерамических материалов [11]. Известен и ряд работ, посвященных получению керамических материалов на основе буровых шламов [12–14]. Тем не менее, поиски новых путей переработки и утилизации буровых шламов представляют особую актуальность, ввиду его низкого вовлечения во вторичное использование.

Одним из перспективных методов утилизации буровых шламов является получение на их основе теплоизоляционных силикатных материалов – шламолитов. В целом, теплоизоляционные силикатные материалы представляют собой конструкционный материал, обладающий целым рядом высоких эксплуатационных свойств. Ячеистая структура материала обеспечивает ему низкую плотность и как следствие – низкую теплопроводность, что позволяет эффективно снизить теплопотери в зданиях, что особо актуально в суровых климатических условиях. Высокая химическая стойкость теплоизоляционных силикатных материалов делает их подходящими для использования в агрессивных условиях. Высокая термическая стойкость и негорючесть позволяет использовать подобные материалы при конструкции агрегатов, работающих в условиях высоких температур. Кроме того, при производстве теплоизоляционных силикатных материалов используются природные или техногенные неорганические материалы, что делает их экологически безопасными для окружающей среды, в отличие от большинства органических теплоизоляционных материалов.

Суть получения шламолита заключается в приготовлении сырьевой смеси, состоящей из бурового шлама, жидкого стекла, выступающего в качестве связующего, а также газогенерирующей смеси, компонентами которой могут выступать сильные щелочи (гидроксид калия или гидроксид натрия) и амфотерные металлы (алюминий, цинк и др.). На следующем этапе технологии произ-

водства шламолитов производится формирование пористого сырца, его сушка и дальнейший обжиг до стадии спекания. Благодаря наличию в буровом шламе глинистых минералов, при обжиге сырца происходит образование керамического материала с развитой ячеистой структурой. В связи с этим, синтезированный шламолит по своим свойствам и структуре можно отнести к пористым керамическим материалам.

Немаловажными являются исследования установления оптимальной температуры синтеза материала. Высокотемпературный обжиг шламолитов является одним из основных технологических этапов их получения, влияющий, в большей мере, на структуру, физико-механические и химические свойства готового продукта. В связи с этим, целью настоящего исследования является изучение влияния температуры на комплекс свойств шламолита на основе буровых шламов.

Материалы и методы. В качестве основного сырья для синтеза шламолита использовали буровой шлам Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения. Комсомольское нефтегазоконденсатное месторождение, расположенное в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа, представляет собой значимый ресурсный объект в Арктической зоне Российской Федерации. Оно расположено на 45 километров южнее посёлка Тарко-Сале и на 40 километров восточнее посёлка Пурпе. Комсомольское нефтегазоконденсатное месторождение является одним из крупнейших месторождений углеводородов в Российской Федерации. Начальные запасы данного месторождения составляют 113,7 млн тонн нефти и 831,7 млрд м³ свободного газа.

Методом рентгенофлуоресцентного анализа было проведено исследование химического состава бурового шлама (ИМЕТ РАН). Химический состав бурового шлама представлен в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в исследуемом буровом шламе наблюдается высокое содержание SiO₂ и Al₂O₃, что позволяет отнести данных отход к алюмосиликатам, пригодным для получения шламолитов. Кроме того, наблюдается значительное содержание Fe₂O₃, K₂O, CaO и хлоридов.

Был проведен рентгенофазовый анализ бурового шлама (ЦКП «Нанотехнологии», ЮРГПУ (НПИ)). Полученная рентгенограмма приведена на рисунке 1.

Таблица 1

Химический состав бурового шлама Комсомольского нефтегазоконденсатного Месторождения

Компонент	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	F	ППП
Содержание, мас. %	47,39	10,95	4,29	1,38	2,57	6,32	7,56	0,49	0,06	0,23	0,43	5,01	0,1	13,22

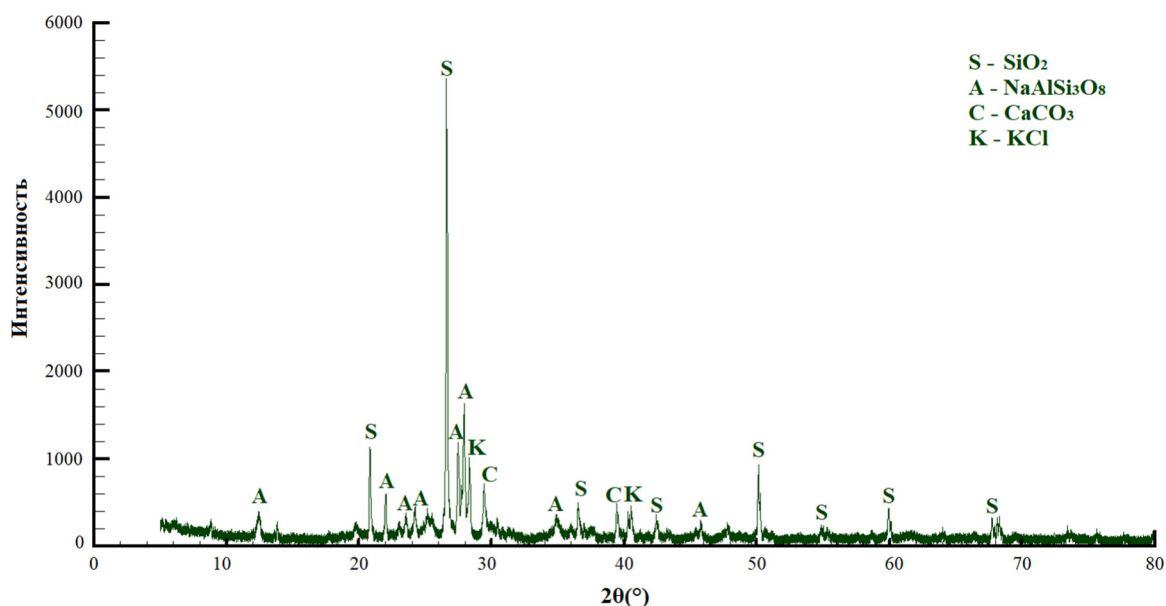


Рис. 1. Рентгенограмма бурового отхода Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения:

S – диоксид кремния; A – альбит упорядоченный; C – кальцит; K – сильвит

Как видно из рисунка 1, наибольшую интенсивность пиков имеют фазы диоксида кремния. Кроме того, наблюдаются фазы упорядоченного (низкого) альбита, кальцита и сильвита. Источником последнего, видимо, являются тампонажные растворы, используемые при разработке нефтегазовых скважин и содержащие в качестве одного из компонентов растворы хлорида калия [12]. Альбит – минерал, относящийся к классу полевых шпатов, обладает упорядоченным внутрен-

ним строением и устойчивостью к высокотемпературным режимам обработки. В целом, рентгенофазовый анализ также подтверждает возможность использования исследуемого бурового шлама для получения теплоизоляционных силикатных материалов высокотемпературным методом синтеза.

Для исследования влияния температуры на свойства шламолита, был разработан сырьевой состав, приведенный в таблице 2.

Таблица 2

Сырьевой состав для синтеза шламолита на основе бурового шлама Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения

Сырьевой компонент	Буровой шлам	Жидкое стекло	Гидроксид натрия (сверх 100)	Алюминиевая пудра (сверх 100)
Содержание, мас. %	80,0	20,0	3,0	2,0

Согласно таблице 2, основным компонентом синтезируемого материала является буровой шлам. Жидкое стекло в смеси присутствует в качестве связующего, необходимого для формирования пористого сырца. В качестве газогенерирующей добавки выступает смесь гидроксида натрия и алюминиевой пудры. Был осуществлен синтез пяти параллельных образцов вышеприведенного состава. Получение пяти образцов одинакового состава обусловлено необходимостью проведения параллельных процессов обжига при температурах 1000 °C, 1050 °C, 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C, а также наглядного исследования изменения структуры материала в зависимости от температуры.

Синтез шламолита проводили согласно следующей технологии: на шламовых бассейнах вблизи Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения производили отбор буровых

шламов. Отобранные буровые шламы подвергали фильтрованию с целью удаления из них жидкой фазы. Полученный фильтрат помещали в сушилку, разогретую до 110 °C и сушили до постоянной массы. Высушенный буровой шлам, представляющий собой крупнокусковой материал, подвергали дроблению до размера кусков 2 см и их дальнейшему помолу в лабораторных шаровых мельницах в течение 8 часов. Молотый буровой шлам просеивали через сито с размером ячеек 250 мкм. Далее, подготовленный буровой шлам подвергали смешению с жидким стеклом и гидроксидом натрия в течение 5 минут, дополнительно вводили в сырьевую смесь воду в количестве / 20 % от общего веса смеси, для достижения ее текучести. На последнем этапе вводили алюминиевую пудру, помещали смесь в кубические формы и отправляли на сушку при 80°C в течение 24 часов. После процесса сушки, полученные образцы

подвергали механической обработке с целью придания им правильной геометрической формы. Далее, образцы размещали в печи и нагревали до заданной температуры. Диапазон исследования температурного влияния составлял 1000–1200 °С с шагом 50 °С. При заданной температуре образцы выдерживали в течении 20 минут, после

чего производили их медленное охлаждение до комнатной температуры.

Результаты и обсуждение. В результате синтеза образцов были получены полуфабрикаты, структура которых приведена на рисунке 2.

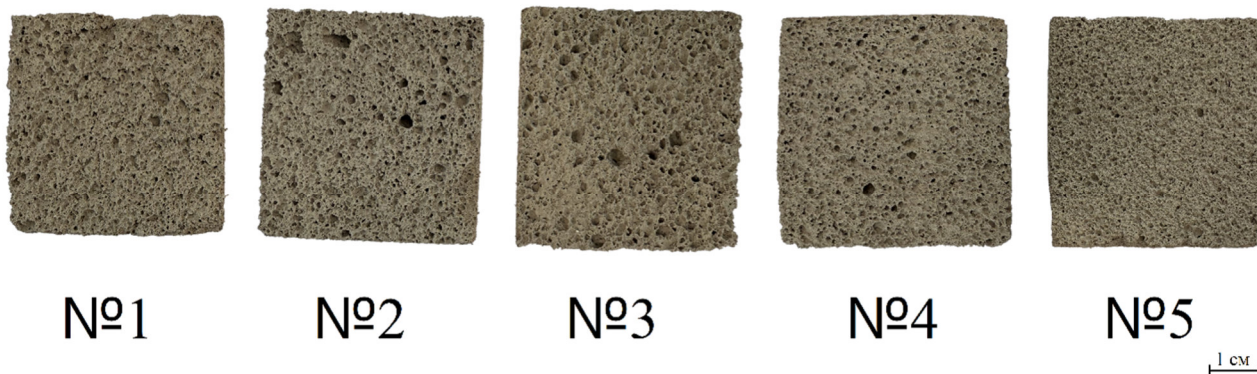
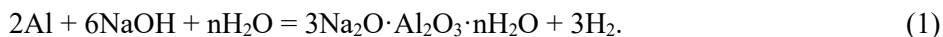


Рис. 2. Полуфабрикаты синтезированных образцов шламолитов

Полуфабрикаты синтезированных образцов шламолита представляют собой формованный высушенный материал, еще не прошедший стадию обжига.

Как видно из рисунка 2, все образцы обладают развитой ячеистой структурой и как следствие – низкой плотностью. Было установлено,

что средняя плотность синтезированных образцов составляет 249,4 кг/м³. Процесс газообразования при синтезе материала объясняется уравнением 1:



Согласно уравнению 1, алюминиевая пудра вступает в реакцию с гидроксидом натрия с образованием гидроксоалюминатов натрия и газообразного водорода, вспучивающего влажную реакционную смесь.

На рисунке 3 приведены структура образцов шламолита, обожженных при различной температуре.

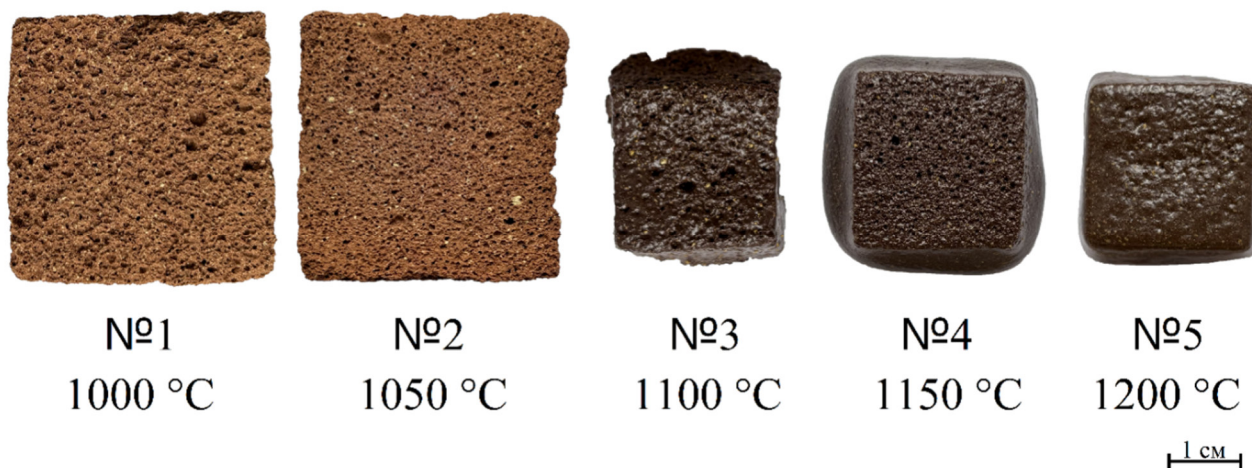


Рис. 3. Структура образцов шламолита, обожженных при различной температуре

На рисунке 4 приведена зависимость изменения плотности образцов от температуры обжига.

Исходя из полученных результатов видно, что в диапазоне температур 1000–1050 °С наблюдается спекание образцов с сохранением их

начальной пористой структуры. При этом не происходит и сильного возрастания плотности в результате обжига, что наглядно отображено на рисунке 4. При повышении температуры свыше 1050 °С наблюдается оплавление образцов и как

следствие – их высокая усадка, деструкция пористой структуры и сильное возрастание их плот-

ности. Таким образом, синтез образцов шламолита рассматриваемого состава недопустимо проводить при температуре свыше 1050°C .

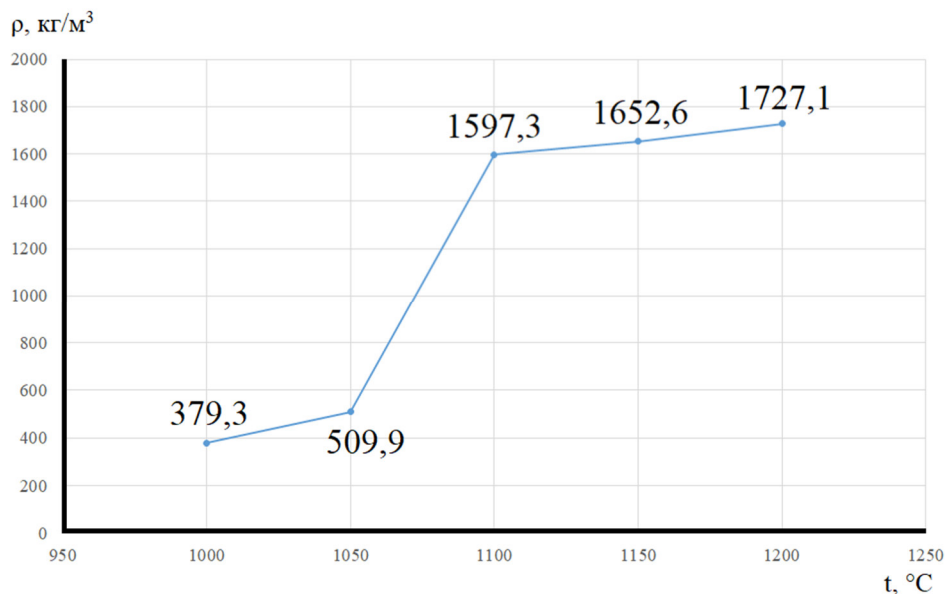


Рис. 4. Зависимость изменения плотности образцов шламолита в зависимости от температуры обжига

Для исследования прочностных свойств образцов шламолитов № 1 (1000°C) и № 2 (1050°C), использовали испытательный пресс. Было установлено, что прочность на сжатие образца № 1 составляет 0,2 МПа, прочность на сжатие образца № 2 – 0,9 МПа. Недостаточную прочность образца № 1 можно объяснить недостаточной температурой обжига и неудовлетворительным

спеканием. Таким образом, оптимальные физико-механические характеристики материала были достигнуты при температуре обжига 1050°C .

Был проведен рентгенофазовый анализ оптимального образца шламолита. Полученная рентгенограмма приведена на рисунке 5.

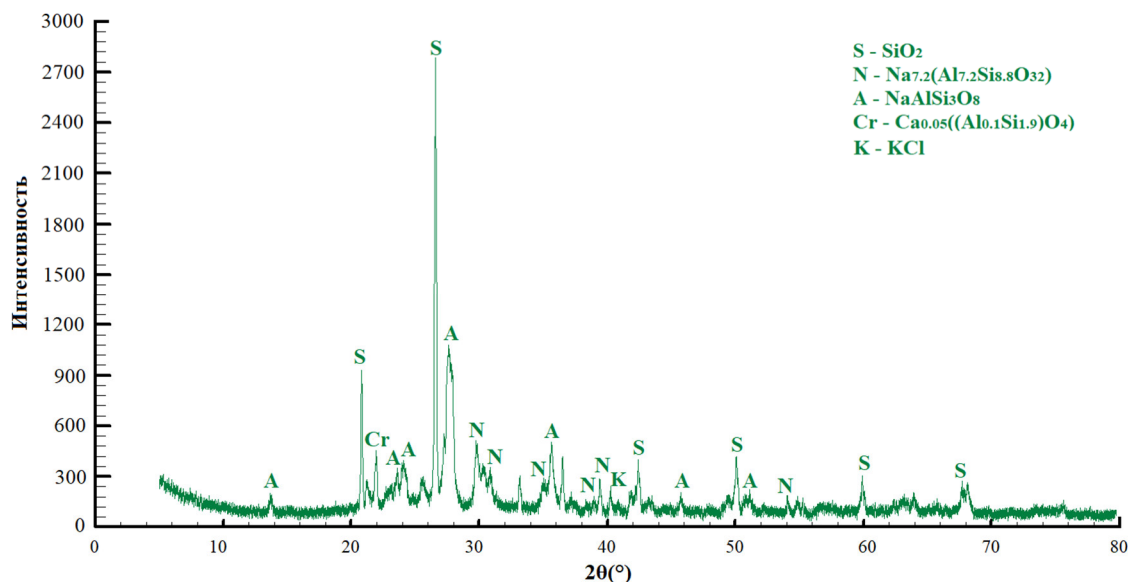


Рис. 5. Рентгенограмма оптимального образца шламолита № 2 (1050°C): S – диоксид кремния;

N – нефелин синтетический; A – альбит; Cr – кристобалит синтетический; K – сильвит

Как видно из полученной рентгенограммы, в результате температурного воздействия произошло образование новых кристаллических фаз – синтетических нефелина и кристобалита. Образование нефелина может быть объяснено взаимо-

действием силикатов натрия – основных компонентов жидкого стекла и остаточного количества непрореагировавшего гидроксида натрия с алюмосиликатными компонентами бурового шлама. В отличие от исходного бурового шлама,

в шламолите не наблюдается наличия кристаллических фаз карбоната кальция в связи с его декарбонизацией, происходящей при температуре выше 900 °С, согласно уравнению 2:



Образование кристобалита можно объяснить взаимодействием оксида кальция с силикатами натрия. Образование оксида кальция в свою очередь объясняется разложением карбоната кальция, входящего в состав бурового шлама.

Выводы.

1. Были проведены физико-химические исследования бурового шлама Комсомольского нефтегазоконденсатного месторождения с целью установления возможности получения на его основе теплоизоляционного материала – шламолита.

2. Проведенный рентгенофлуоресцентный анализ показал, что основными компонентами бурового шлама являются SiO_2 и Al_2O_3 , что позволяет отнести материал к классу алюмосиликатных и пригодных для получения шламолита. Рентгенофазовый анализ показал наличие в буровом шламе кристаллических фаз диоксида кремния, альбита, карбоната кальция и сильвита (хлорида калия).

3. Был разработан сырьевой состав для синтеза шламолита, который включает в себя мас. %: буровой шлам 80,0; жидкое стекло 20,0; гидроксид натрия 3,0; алюминиевая пудра 2,0. Согласно разработанному сырьевому составу и технологии получения, был произведен синтез 5 параллельных образцов шламолита и их обжиг при температуре 1000–1200 °С с шагом 50 °С.

4. Исходя из физико-механических свойств было установлено, что оптимальная температура обжига составляет 1050 °С. Прочность на сжатие образца шламолита, обожженного при 1000 °С, составляет 0,2 МПа, что показывает его неудовлетворительные механические характеристики. Прочность на сжатие образца № 2, обожженного при 1050 °С, составляет 0,9 МПа. При повышении температуры выше 1050 °С (образцы № 3, № 4, № 5) наблюдается получение отрицательного результата, ввиду оплавления образцов, разрушения пористой структуры и сильного повышения их плотности.

5. Проведенный рентгенофазовый анализ образца шламолита № 2 показал, что материал содержит кристаллические фазы диоксида кремния, нефелина, альбита, кристобалита и сильвита. Появление фаз нефелина и кристобалита объясняется фазовыми изменениями, происходящими в результате высокотемпературной обработки материала.

Источник финансирования. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках выполнения государственного задания по теме «Фундаментальные основы технологий рециклинга отходов нефтедобывающей отрасли Арктической зоны Российской Федерации с получением эффективных строительных материалов и расклинивающих агентов» (FENN-2025-0001).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологический словарь: в 2 томах / [авт.: Х.А. Арсланов, М.Н. Голубчина, А.Д. Искандерова и др.]; гл. ред.: акад. К.Н. Паффенгольц (отв. ред.) и др. – [2-е изд., перераб.]. Москва: Недра, 1973.
2. Гурьева В.А., Дубиневский В.В., Вдовин К.М. Буровой шлам в производстве изделий строительной керамики // Строительные материалы. 2015. № 4. С. 75–77.
3. Пичугин Е.А. Оценка воздействия бурового шлама на окружающую природную среду // Молодой ученый. 2013. № 9. С. 122–124.
4. Maksimovich V.G., Bukov N.N. Neutralization sludge and cleaning neftevod oil fields of Krasnodar region. Proceedings of the XI International Workshop on Magnetic Resonance (Spectroscopy, Tomography and Ecology). Rostov-on-Don. 2013. 120 p.
5. Niu A., Sun X., Lin C. Trend in research on characterization, environmental impacts and treatment of oily sludge: A systematic review // Molecules. 2022. Vol. 27. No. 22. P. 7795. DOI:10.3390/molecules27227795
6. Yatsenko E.A., Smolii V.A., Klimova L.V., Golovko D.A. Proppants Based on Drill Cuttings // Glass and Ceramics. 2022. Vol. 79. No. 7. Pp. 336–339. DOI: 10.1007/s10717-022-00509-x
7. Klimova L.V., Smolii V.A., Romanyuk V.S. The use of drilling waste in the production of ceramic building materials // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 1061. No. 1. P. 012044. DOI: 10.1088/1755-1315/1061/1/012044
8. Romanyuk V.S., Tkachenko V.D., Klimova L.V., Yatsenko E.A., Ryabova A.V. Use of Coal and Oil Mining Waste in the Production of Effective Silicate Materials // Advances in Ecology and Environmental Engineering: Proceedings of the 2nd International Conference on Ecology and Environmental Engineering (RusEcoCon-2024). Cham: Springer Nature Switzerland. 2024. Pp. 421–431. DOI: 10.1007/978-3-031-64423-8_37
9. Ball A.S., Stewart R.J., Schliephake K. A review of the current options for the treatment and safe

disposal of drill cuttings // Waste Management & Research. 2012. Vol. 30. No. 5. Pp. 457–473. DOI: 10.1177/0734242X11419892

10. Li W., Ma Y., Feng X., Alheshibri M., Bu X., Ma G., Niu X. Optimization of an oil recovery process from oily sludge using a combined technique of froth flotation and centrifugal treatment // Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 400. P. 136752. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136752

11. Yang Y., Wang, X., Ma J., Liu L., Shen B., Zhang Z. Potential utilization of oil sludge incineration bottom ash for glass-ceramics: crystallization kinetics, properties and toxicological evaluation // Ceramics International. 2023. Vol. 49. No. 16. Pp. 26934–26942. DOI: 10.1016/j.ceramint.2023.05.231

12. Eliche-Quesada D., Azevedo-Da Cunha R., Corpas-Iglesias F. A. Effect of sludge from oil refining industry or sludge from pomace oil extraction industry addition to clay ceramics // Applied Clay Science. 2015. Vol. 114. Pp. 202–211. DOI: 10.1016/j.clay.2015.06.009

13. Khalil N.M., Algamal Y., Saleem Q.M. Exploitation of petroleum waste sludge with local bauxite raw material for producing high-quality refractory ceramics // Ceramics International. 2018. Vol. 44. No. 15. Pp. 18516–18527. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.07.072

14. Kaffe D., Spiliotis X. Effect of refinery oily sludge addition on the physico-mechanical properties of red ceramics // GSJ. 2024. Vol. 12. No. 12. P. 1373.

15. Abalha Rocha C.A., Simao C.A., Cordeiro G.C., Toledo Filho R.D. Effect of the Sodium and Potassium Chloride on the Mechanical and Plastic Properties on the Oil Well Cement Slurries // International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. American Society of Mechanical Engineers. 2012. Vol. 44939. Pp. 805–811. DOI: 10.1115/OMAE2012-84209

Информация об авторах

Новиков Юрий Владимирович, аспирант кафедры «Общая химия и технология силикатов». E-mail: novikovtnv@yandex.ru. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова. Россия, 346428, Новочеркасск, улица Просвещения, д. 132.

Климова Людмила Васильевна, доцент кафедры «Общая химия и технология силикатов». E-mail: lyudmila.clim@yandex.ru. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова. Россия, 346428, Новочеркасск, улица Просвещения, д. 132.

Смолий Виктория Александровна, доцент кафедры «Общая химия и технология силикатов». E-mail: vik-toria@yandex.ru. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова. Россия, 346428, Новочеркасск, улица Просвещения, д. 132.

Поступила 11.04.2025 г.

© Новиков Ю.В., Климова Л.В., Смолий В.А., 2025

***Novikov Yu.V., Klimova L.V., Smoliy V.A.**

Platov South-Russian State Polytechnical University (NPI)

**E-mail: novikovtnv@yandex.ru*

STUDY OF THE INFLUENCE OF FIRING TEMPERATURE ON THE PROPERTIES OF HEAT-INSULATING MATERIALS BASED ON OIL PRODUCTION DRILLING WASTE

Abstract. The article considers the study of the possibility of using drilling waste from the Komsomolskoye oil and gas condensate field to obtain fundamentally new heat-insulating materials - slurry stones, as well as studies of the firing temperature on the properties of the material. A set of physicochemical studies of drill cuttings was carried out. The chemical composition was established, showing the presence of a high proportion of silicon and aluminum oxides in the waste, which made it possible to classify the waste as aluminosilicate. The phase composition was established, showing the presence of crystalline phases of silicon dioxide, albite, calcium carbonate and potassium chloride in the drill cuttings. A raw mix for the synthesis of slurry stones was developed, including drill cuttings, liquid glass, sodium hydroxide and aluminum powder. Five parallel samples of slurry stones were fired at a temperature of 1000–1200 °C with an interval of 50 °C. The optimum temperature for the synthesis of the material was established, amounting to 1050 °C. It was found that at a temperature of 1000 °C, the sample is not sufficiently sintered, which negatively affects its strength characteristics. At a temperature above 1050 °C, melting of the samples was detected, and as a consequence,

their porous structure was destroyed and their density increased significantly. Physical and mechanical tests of the samples were carried out. An X-ray phase analysis of the optimal shlamolite sample was carried out, showing the presence of silicon dioxide, nepheline, cristobalite and halite phases.

Keywords: drilling mud, oil production, thermal insulation material, silicate material, calcination

REFERENCES

1. Geological dictionary: in 2 volumes. [Authors: Kh.A. Arslanov, M.N. Golubchina, A.D. Iskanderova et al.]; editors-in-chief: academician K. N. Paffenholz (responsible editor) et al. [2nd ed., revised]. Moscow: Nedra, 1973. (rus)
2. Guryeva V.A., Dubinetsky V.V., Vdovin K.M. Drilling sludge in the production of building ceramics [Burovoy shlam v proizvodstve izdeliy stroitel'noy keramiki]. Construction materials. 2015. No. 4. Pp. 75–77.
3. Pichugin E.A. Assessment of the impact of drill cuttings on the environment [Otsenka vozdeystviya burovogo shlama na okruzhayushchuyu prirodnyuyu sredyu]. Young scientist. 2013. No. 9. Pp. 122–124.
4. Maksimovich V.G., Bukov N.N. Neutralization sludge and cleaning neftevod oil fields of Krasnodar region. Proceedings of the XI International Workshop on Magnetic Resonance (Spectroscopy, Tomography and Ecology). Rostov-on-Don. 2013. 120 p.
5. Niu A., Sun X., Lin C. Trend in research on characterization, environmental impacts and treatment of oily sludge: A systematic review. Molecules. 2022. Vol. 27. No. 22. 7795. DOI: 10.3390/molecules27227795
6. Yatsenko E.A., Smolii V.A., Klimova L.V., Golovko D.A. Proppants Based on Drill Cuttings. Glass and Ceramics. 2022. Vol. 79. No. 7. Pp. 336–339. DOI: 10.1007/s10717-022-00509-x
7. Klimova L.V., Smolii V.A., Romanyuk V.S. The use of drilling waste in the production of ceramic building materials. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 1061. No. 1. 012044. DOI: 10.1088/1755-1315/1061/1/012044
8. Romanyuk V.S., Tkachenko V.D., Klimova L.V., Yatsenko E.A., Ryabova A.V. Use of Coal and Oil Mining Waste in the Production of Effective Silicate Materials. Advances in Ecology and Environmental Engineering: Proceedings of the 2nd International Conference on Ecology and Environmental Engineering (RusEcoCon-2024). Cham: Springer Nature Switzerland. 2024. Pp. 421–431. DOI: 10.1007/978-3-031-64423-8_37
9. Ball A.S., Stewart R.J., Schliephake K. A review of the current options for the treatment and safe disposal of drill cuttings. Waste Management & Research. 2012. Vol. 30. No. 5. Pp. 457–473. DOI: 10.1177/0734242X11419892
10. Li W., Ma Y., Feng X., Alheshibri M., Bu X., Ma G., Niu X. Optimization of an oil recovery process from oily sludge using a combined technique of froth flotation and centrifugal treatment. Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 400. P. 136752. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.136752
11. Yang Y., Wang X., Ma J., Liu L., Shen B., Zhang Z. Potential utilization of oil sludge incineration bottom ash for glass-ceramics: crystallization kinetics, properties and toxicological evaluation. Ceramics International. 2023. Vol. 49. No. 16. Pp. 26934–26942. DOI: 10.1016/j.ceramint.2023.05.231
12. Eliche-Quesada D., Azevedo-Da Cunha R., Corpas-Iglesias F. A. Effect of sludge from oil refining industry or sludge from pomace oil extraction industry addition to clay ceramics. Applied Clay Science. 2015. Vol. 114. Pp. 202–211. DOI: 10.1016/j.clay.2015.06.009
13. Khalil N.M., Algamal Y., Saleem Q.M. Exploitation of petroleum waste sludge with local bauxite raw material for producing high-quality refractory ceramics. Ceramics International. 2018. Vol. 44. No. 15. Pp. 18516–18527. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.07.072
14. Kaffe D., Spiliotis X. Effect of refinery oily sludge addition on the physico-mechanical properties of red ceramics. GSJ. 2024. Vol. 12. No. 12. 1373.
15. Abelha Rocha C.A., Simao C.A., Cordeiro G.C., Toledo Filho R.D. Effect of the Sodium and Potassium Chloride on the Mechanical and Plastic Properties on the Oil Well Cement Slurries. International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. American Society of Mechanical Engineers. 2012. Vol. 44939. Pp. 805–811. DOI: 10.1115/OMAE2012-84209

Information about the authors

Novikov, Yuri V. Postgraduate student. E-mail: novikovtnv@yandex.ru. Platov South-Russian State Polytechnical University (NPI). Russia, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveshcheniya st., 132.

Klimova, Lyudmila V. PhD. E-mail: lyudmila.clim@yandex.ru. Platov South-Russian State Polytechnical University (NPI). Russia, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveshcheniya st., 132.

Smolii, Victoria A. PhD. E-mail: vikk-toria@yandex.ru. Platov South-Russian State Polytechnical University (NPI). Russia, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Prosveshcheniya st., 132.

Received 11.04.2025

Для цитирования:

Новиков Ю.В., Климова Л.В., Смолий В.А. Исследование влияния температуры обжига на свойства теплоизоляционных материалов на основе буровых отходов нефтедобычи // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 6. С. 107–115. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-6-107-115

For citation:

Novikov Yu.V., Klimova L.V., Smoliy V.A. Study of the influence of firing temperature on the properties of heat-insulating materials based on oil production drilling waste. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 6. Pp. 107–115. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-6-107-115