

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Чумакова Андрея Алексеевича

«Технология алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

В России нефть добывают горизонтальным бурением с применением гидравлического пласта. Бурение на глубину до 3000 метров происходит вертикально, после чего бур направляют параллельно горизонту для бурения нефтеносного пласта с гидроразрывом.

При горизонтальном бурении под высоким давлением подаётся жидкость, что приводит к образованию большого количества техногенных отходов — буровых шламов (примерно 0,4 м³ на каждый метр скважины). Эти отходы хранятся в специально подготовленных шламбассейнах.

Переработка бурового шлама уменьшает загрязнение окружающей среды и сохраняет природные материалы. Возможность установки синтеза пропантов непосредственно на месторождениях снижает логистические затраты и стоимость пропантов за счёт использования техногенных отходов в качестве сырья. Технология алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама актуальна для нефтедобычи и производства керамики.

В рамках тематики диссертационной работы были заключены и выполнены следующие контракты: соглашение с Российским научным фондом № 20-79-10142 «Разработка эффективной технологии синтеза алюмосиликатных пропантов с использованием отходов бурения нефтегазовых скважин Южного федерального округа» (2020-2023 гг.) и соглашение с Министерством образования и науки РФ № 075-15-2022-1111 (2022-2024 гг.).

Научная новизна:

1. Установлены основные закономерности синтеза алюмосиликатных пропантов на основе отхода добычи нефти — бурового шлама (не менее 80 мас. %), заключающиеся в совместном влиянии упрочняющей и легкоплавкой добавок (технического глинозема и стеклобоя) на температурно-временные параметры синтеза, структуру и прочность синтезируемых материалов. Показано, что введение оксида алюминия (1-6 мас. %) и стеклобоя (10-30 мас. %) приводит к снижению температуры синтеза с 1300 до 1100 °С, образованию кристаллов первичного муллита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (12,0-15,0 мкм), формированию и росту кристаллов волластонита (13,0-15,0 мкм), появлению стеклофазы (до 31 %) и началу рекристаллизации вторичного муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (15,0-18,0 мкм), повышению прочности пропантов до 43,5 МПа.

2. Выявлено влияние легкоплавкой добавки фторида натрия на процессы структурообразования алюмосиликатных пропантов, заключающееся в том, что при ее введении в состав смеси (1-4 мас. %) происходит повышение количества расплава (до 44 %), интенсификация рекристаллизации и рост из него игольчатых кристаллов вторичного муллита (25,0-75,0 мкм), создающих совместно с кристаллами волластонита (20,0-80,0 мкм) армированный алюмосиликатный каркас. Сформировавшаяся муллито-волластонитовая стеклокристаллическая структура материала с соотношением кристаллической и стекловидной фаз 56:44 и содержанием муллита 23,5 % способствует повышению прочности синтезируемого материала до 73,6 МПа.

3. Показано, что повышение количества добавки плавня NaF от 4,0 до 4,5 мас. % приводит при обжиге к повышению количества расплава, растворению в нем кристаллов волластонита, муллита, кварца и соответственному повышению содержания стеклофазы (до 51 %), при этом соотношение кристаллической и стекловидной фаз составляет 49:51, что приводит к формированию пор закрытого типа размером 20-70 мкм и вспениванию пропанта за счет невозможности улетучивания газов, образовавшихся в результате разложения органических, карбонатных и сульфатных примесей.

Результаты диссертации опубликованы в 19 научных работах, в том числе 4 – в российских журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международных реферативных баз данных, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России; 4 – в иных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. Получен патент на изобретение РФ.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Сформулированы теоретические представления о принципах разработки технологии алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама, модифицированного добавками стеклобоя, технического глинозема и фторида натрия, заключающиеся в разработке стадий подготовки сырья (очистка, дробление, помол) и стадий синтеза гранул алюмосиликатных пропантов (смешение компонентов, грануляция, обжиг при заданном температурно-временном интервале, рассев по фракциям).

Дополнены теоретические представления о процессах структуро- и фазообразования алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама, модифицированного добавками стеклобоя, технического глинозема и фторида натрия, заключающихся в образовании кристаллов первичного муллита и волластонита при введении в состав сырьевой смеси технического глинозема и постепенной рекристаллизации из расплава кристаллов вторичного муллита с последующим их ростом и образованием прочного алюмосиликатного каркаса совместно с кристаллами волластонита.

Разработан оптимальный состав для синтеза алюмосиликатных пропантов, впервые содержащий более 80 мас. % бурового шлама, мас. %: буровой шлам Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения – 83, стеклобой марки БТ-1 – 17, технический глинозем марки ГК – 5 (сверх 100), порошок фторида натрия – 4 (сверх 100).

Разработана ресурсосберегающая технология алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама и стеклобоя марки БТ-1, модифицированные добавками технического глинозема и фторида натрия, включающая температурно-временные параметры обжига – 20 мин при 1100 °С и обеспечивающая получение пропантов с повышенными технико-эксплуатационными характеристиками: фракция – 12/18 (96,2 %), насыпная плотность – 1740 кг/м³, сопротивление при раздавливании – 20,2 %, растворимость в смеси соляной и фтороводородистой кислот – 2,6 %, растворимость в соляной кислоте – 0,4 %, округлость/сферичность – 0,8/0,9.

Показано положительное влияние барита (BaSO₄) на повышение в 2,5 раза химической стойкости синтезируемых пропантов к соляной кислоте, добавляемой в качестве ингибирующей добавки к буровым растворам (растворимость 0,4 % в сравнении с требованием по ГОСТ Р 51761-2013 «Пропанты алюмосиликатные. Технические условия» – 1,0 %).

Совместно с ООО НПП «Ростовская буровая компания» (г. Аксай, Ростовская область, Россия) разработан и утвержден технологический регламент на ресурсосберегаю-

щую технологию синтеза алюмосиликатных пропантов. Технология основана на использовании бурового шлама и модифицирующих добавок и включает следующие стадии: сушка при 105 °С (буровой шлам и стеклобой); дробление до размера частиц 25–30 мм (буровой шлам) и 10–15 мм (стеклобой); тонкий помол до размера частиц 0,25 мм (буровой шлам и стеклобой); отвешивание компонентов в заданных пропорциях; смешение компонентов (буровой шлам, стеклобой, технический глинозём, фторид натрия); грануляция; рассев полученных гранул по фракциям; обсыпка гранул пропантов тонкодисперсным каолином; обжиг во вращающейся печи при температуре 1100 °С в течение 20 минут; итоговый рассев по фракциям.

При прочтении автореферата диссертации возникли следующие вопросы:

1. В таблице 7 на стр. 15 автореферата представлена сводная таблица стоимости и свойств разработанного пропанта с производственными аналогами. Однако, не указан один из основных производителей – ООО «ФОРЭС». Почему Вы не сравнили Ваш и их пропант по стоимости и технологическим характеристикам?

Отмеченные вопросы не влияют на общее благоприятное мнение о диссертационной работе соискателя.

Считаю, что диссертация *Чумакова Андрея Алексеевича* является научно-квалифицированной работой и содержит новые решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, что отвечает требованиям по п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), а ее автор, *Чумаков Андрей Алексеевич*, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Казьмина Ольга Викторовна, доктор технических наук (05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов), профессор Научно-образовательного центра Н.М. Кижнера инженерной школы новых производственных технологий ФГАОУ ВО «Национально исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, тел: 8 (3822) 70-63-48, e-mail: kazmina@tpu.ru.

Казьмина Ольга Викторовна
9 . октября 2024 г.

Подпись Казьминой О.В. заверяю:
И.о. Ученый секретарь ФГАОУ ВО
«Национально исследовательский
Томский политехнический
университет»



В.Д. Новикова