

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Аксёновой Натальи Александровны на диссертацию Алхаззаа Мохаммад на тему: «Обоснование и разработка тампонажных растворов для крепления скважин в условиях высоких температур», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2 – Технология бурения и освоения скважин**

### **1. Актуальность темы диссертации**

Актуальность темы диссертационной работы заключается в росте мирового спроса на энергоресурсы, требующего увеличения объемов глубокого бурения и необходимости освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и газа. С глубиной в скважинах, как известно, увеличивается температура и давление. Глубокие и сверхглубокие скважины вскрывают пласты в температурном диапазоне от 100 °С и более.

Известно, что цементный камень при этих условиях со временем теряет свои характеристики, увеличивается его проницаемость, снижается прочность. В результате, возникают межпластовые перетоки, межколонные давления, образуются техногенные залежи. Проявление деструкционных явлений в цементном камне вызвано в основном межфазовыми и внутрифазовыми преобразованиями, образующихся на ранней стадии твердения цементного раствора гидратных соединений. Эти процессы сопровождаются объемными изменениями, в конечном итоге приводящими к разрушению камня. Решение изложенной проблемы возможно путем регулирования фазового состава цементного камня на ранних стадиях его формирования введением кремнеземсодержащих добавок.

В связи с этим диссертационная работа Алхаззаа Мохаммад является актуальной и позволяет решить проблему качественного крепления скважин в интервалах высоких температур, путем улучшения физико-механических свойств и модификаций применяемых тампонажных составов введением наноглины и волокон минеральной ваты, насыщенных углеродными нанотрубками.

### **2. Научная новизна диссертации**

По сравнению с известными работами в области крепления скважин в условиях повышенных температур, в диссертационной работе Алхаззаа Мохаммад новыми в научном плане является установленный механизм формирования микроструктуры цементного камня, основанный на гидратации частиц мелкодисперсной глины или минерального волокна с включением углеродных нанотрубок жидкостью затворения, обеспечивающий плотную упаковку кристаллов. Так же научную новизну имеет разработанная соискателем математическая модель, позволяющая рассчитать устойчивость цементного камня к разрушению в зависимости от температуры и глубины скважины с учётом физико-механических свойств окружающих горных пород и изменения прочностных характеристик цементного камня во времени.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Основные положения диссертационной работы Алхаззаа Мохаммад, выводы и рекомендации обоснованы теоретически и подтверждены результатами лабораторных экспериментальных исследований, проведенных на современном сертифицированном оборудовании в соответствии с требованиями стандартов ISO 10426-2:2003, API (RP 10B 2), а также вычислительных экспериментов.

Выводы, сделанные соискателем, не противоречат научным результатам исследований, выполненных в смежных областях другими исследователями.

Достоверность данных, не обработанных методами статистики, подтверждается всесторонним объективным анализом, верификацией и экспериментально:

**ОТЗЫВ**

ВХ. № 9-234 от 16.09.21  
АУ УС

- Соискатель изучил полученные результаты экспериментов и сравнил их с показателями апробированного методического аппарата.

- Для проверки достоверности автор провел 432 эксперимента идентичного характера на ряде выбранных объектов.

- Степень достоверности подтверждается совместимостью теоретических и практических итогов.

Таким образом, объективность и достоверность научных положений и выводов не вызывает сомнений, в частности:

- обоснованность первого научного положения подтверждается, проведенным автором литературным анализом и сделанном на основании него теоретическом обосновании необходимости создания высокопрочного непроницаемого устойчивого к воздействию высоких температур цементного камня;

- обоснованность и достоверность защищаемых научных положений так же подтверждены большим объемом проведенных лабораторных исследований по определению физико-механических свойств цементного камня, сформированного из разработанного тампонажного состава и вычислительных экспериментов по определению напряжения сдвига тампонажного камня согласно разработанного математического алгоритма и модели.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что использование нанодобавок в оптимальных концентрациях значительно улучшает свойства вяжущих материалов, а именно: снижает проницаемость, увеличивает прочность цементного камня на сжатие и растяжение и улучшает адгезионные свойства.

Определена оптимальная концентрация минеральной ваты с углеродными нанотрубками, наноглины и кварцевой муки, снижение или превышение которой приводит к ухудшению рабочих качеств цементного камня. Пояснен механизм положительного влияния нанодобавок за счет образования стабильных продуктов гидратации и эффекта армирования в результате заполнения пустотного пространства твердеющего цементного камня углеродными нанотрубками. Установлено, что причиной снижения прочности при превышении оптимальной концентрации нанодобавок, является агломерацией наночастиц, что приводит к образованию слабых зон и препятствует равномерному формированию гидратов. Доказан синергетический эффект влияния нанодобавок на существенное увеличение прочностных свойств твердеющего тампонажного материала.

Разработан алгоритм и модель, подтверждающие использования разработанных тампонажных композиций при пластовых температурах до 310°C с учётом прочностных свойств окружающих горных пород и изменения прочностных характеристик цементного камня во времени.

Доказанное положительное влияние исследуемых соискателем нанодобавок открывает перспективы их применения при креплении скважин в условиях высоких температур.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в семи печатных работах, в том числе в одной статье - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в трех статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получено три патента».

#### **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

1. Разработан алгоритм исследования способности тампонажного камня выдерживать нагрузки в диапазоне температур до 300 °С, на основе которого научно обоснованы и разработаны составы тампонажных растворов.

2. Разработаны тампонажные растворы, устойчивые к высоким температурам (патенты на изобретения №№ 2808959, 2810354, 2833994).

3. Разработана математическая модель, позволяющая рассчитать прочность цементного камня в кольцевом пространстве при сдвиговых деформациях горных пород.

4. Доказана эффективность крепления высокотемпературных скважин с использованием разработанных составов. Результаты диссертационного исследования внедрены в производство в рамках инновационной деятельности компании ООО «Гранула» (акт внедрения от 26.12.2024 г.).

Результаты исследований, представленные в диссертационной работе Алхазза М. имеют научную и практическую ценность в области крепления скважин и разобщения продуктивных пластов в сложных геотермальных условиях. Выполнение предложенных мероприятий по повышению надежности крепи позволит увеличить срок безаварийной работы скважины, а также позволит сохранить экологическую обстановку при бурении скважин с аномальными термобарическими условиями.

#### **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Разработанные Алхазза Мохаммад тампонажные композиции с добавлением нанодобавок: минеральной ваты с углеродными нанотрубками, наноглины и кварцевой муки, формирующие прочный, малопроницаемый цементный камень с высокими адгезионными свойствами в условиях высоких температур позволяет рекомендовать их для крепления глубоких скважин (более 3000 м) на месторождениях, разбуриваемых в ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», ПАО «Сургутнефтегаз», ООО «Иркутская нефтяная компания»

Работа имеет международный уровень, поскольку рассматриваемая соискателем проблематика крепления высокотемпературных скважин охватывает не только Россию, но и Ирак, Катар, Норвегию, Иран и другие страны.

В качестве перспективных направлений дальнейших исследований может быть усовершенствование рецептур разработанных тампонажных составов, а также углублённое изучение их долгосрочной эффективности в различных эксплуатационных условиях, в том числе при строительстве наклонно направленных скважин.

#### **7. Замечания и вопросы по работе**

Несмотря на общий достаточно высокий уровень диссертационной работы Алхазза М., необходимо отметить следующие замечания:

1 Соискатель приводит большое количество цитат, и некоторые из ссылок на список литературы не соответствуют указанным. Так например цитата:

«В работе [38] подробно исследуется проблема обеспечения надёжного крепления стенок горизонтальных и наклонно направленных скважин. Авторы подчёркивают, что при цементировании горизонтальных участков применяются тампонажные растворы с высокой седиментационной устойчивостью, что позволяет предотвратить осаждение твёрдой фазы на нижней стенке скважинного ствола и исключить формирование водяных каналов в верхней его части. Указанные тампонажные составы разрабатываются с использованием полимерных реагентов, таких как Сульфацил С, Rhodopol 23p, Tylose ЕНМ, а также добавки Креп-1, применяемой в модифицированных формулах на основе Сульфацил С. К числу существенных недостатков реагентов Rhodopol 23p и Tylose ЕНМ можно отнести их ограниченную доступность на рынке и значительную стоимость. Помимо этого, растворы на основе Rhodopol 23p характеризуются повышенной водоотдачей, достигающей 425 см<sup>3</sup> за 30 минут при водоцементном отношении В/Ц = 0,5» [38].

Ссылка 38 на литературный источник не соответствует списку литературы. Эта цитата на работу Табатабаи Моради Сейед Шахаб (ссылка 35 по списку диссертации), а Табатабаи М.С.Ш. ссылается в своей диссертации «Обоснование и разработка составов технологических жидкостей для крепления наклонно-направленных скважин в условиях высоких давлений и температур» на работу Рябоконь С.А. [Седиментационно-устойчивые

тампонажные составы для цементирования горизонтальных и пологих скважин / С.А. Рябokonь, М.О. Ашрафьян, Ю.В. Гринько // Нефтяное хозяйство. – 2003. – №4. – С. 98-101.]

Статья, на которую ссылается в списке литературы соискатель под номером «38» Цветков, П.Н. Нанотехнологии в повышении качества цементирования скважин / П.Н. Цветков, А.С. Иванов // Нефтегазовое дело. — 2019. — № 1. — С. 47-52. Отсутствует в журнале или возможно мной не найдена. Как и статьи под номерами 36, 37 в списке литературы.

Соискателю бы следовало внимательнее относиться к первоисточникам при цитировании и не цитировать столь большие отрывки статей (три абзаца). Текст цитаты должен приводиться в той грамматической форме, в какой он дан в источнике, с сохранением авторского написания.

2 В работе, в пункте 1.2.1 приведена классификация цемента. Чья эта классификация? Зачем она приведена если в ней не представлен цемент типа G и его состав, который соискатель использует далее в своих экспериментальных исследованиях

3 Известно, что группа по производству нанокремнезема, называемая группой по производству наножидкостей АЕ, производит нанокремнезем в виде наножидкости. Что это за группа АЕ (стр. 25) соискатель не раскрывает.

4 К замечаниям можно отнести некоторые грамматические ошибки и нарушение синтаксических норм при построении предложений. так на стр. 24, 35, 37, 59, 68, 72-73, 56 имеются нарушения согласования словосочетаний.

5 В первой главе недостаточно проведен анализ проблем, которые возникают при креплении высокотемпературных интервалов: нет анализа промышленного материала по качеству крепи скважин в термобарических условиях и недостаточно описан химизм реакций гидратаций и твердения цементного камня в условиях высоких температур.

6 Не удалось найти информацию об углеродных нанотрубках CAS №308068-56-6, поставляемых ОСЧ из Москвы (стр. 27).

7 непонятно что автор имеет ввиду под механическим поведением (стр. 31)?

8 Пункты 2.4., 2.5, 2.6, 2.7 перегружены информацией по методике измерения прочности на сжатие, растяжение, проницаемости и сцепления: «Настройка машины для тестирования на сжатие», «Проведение испытания», «Запись данных», «Анализ результатов».

9 Считаю, что было бы нагляднее представить результаты экспериментов в виде контурных диаграмм и диаграмм поверхности или к примеру тернарные поверхности и контуры.

10 В работе, соискатель недостаточно внимания уделил химизму процесса образования низкосоосновных гидросиликатов при гидратации минералов портландцемента с добавлением наноматериалов, что стало бы еще одним из доказательств эффективности предлагаемого автором состава.

11 Автор для обработки экспериментальных данных возможно не использовал или не показал методы планирования эксперимента и обработки его результатов, разработанные на основе теории вероятностей и математической статистики.

12 Не совсем понятно, в некоторых случаях, обозначение экспериментальных составов смесей. Некоторые обозначения приведены в разделе 2.2, некоторые отсутствуют (например S35NC0, S35NC3).

13 Отсутствуют результаты оценки других технологических и физико-механических свойств исследуемых тампонажных материалов (плотность, растекаемость, сроки схватывания и загустевания, водоотдача). Было бы интересным посмотреть как влияют на свойства раствора (камня) наноглины и минеральная вата с углеродными нанотрубками.

Указанные замечания не снижают научной значимости и практической ценности работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Диссертация написана грамотным техническим языком с использованием современной научной терминологии, имеет логичную структуру. По тексту имеются необходимые ссылки на используемые

источники информации. Приведено достаточное количество отечественных и зарубежных источников.

## 8. Заключение по диссертации

Диссертация Алхаззаа Мохаммад «Обоснование и разработка тампонажных растворов для крепления скважин в условиях высоких температур», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2 – Технология бурения и освоения скважин полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Алхаззаа Мохаммад заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2 – Технология бурения и освоения скважин.

Официальный оппонент

Доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»

федерального

государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования

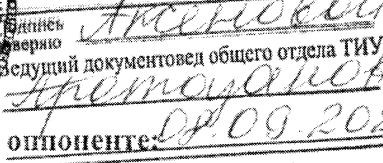
«Тюменский индустриальный университет»

кандидат технических наук, доцент

Аксёнова Наталья Александровна

Подпись \_\_\_\_\_

М.П. \_\_\_\_\_



Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

Официальный адрес организации – 625000, Уральский федеральный округ, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Официальный сайт в сети Интернет: [www.tyuiu.ru](http://www.tyuiu.ru)

эл. почта: [aksenovana@tyuiu.ru](mailto:aksenovana@tyuiu.ru) телефон: +79222666643