

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.10
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.09.2025 №9

О присуждении Алхаззаа Мохаммад, гражданину Сирийской Арабской Республики, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обоснование и разработка тампонажных растворов для крепления скважин в условиях высоких температур» по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин принята к защите 08.07.2025 г., протокол заседания № 7, диссертационным советом ГУ.10 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 20.04.2023 № 600 адм, с изменениями от 11.07.2023 № 1079 адм; от 25.04.2024 № 633 адм; от 29.07.2024 № 1207 адм; от 11.09.2024 № 1331 адм.

Соискатель, Алхаззаа Мохаммад, 01 января 1994 года рождения, в 2021 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» по направлению подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело

С 26 октября 2021 г. по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры бурения скважин в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре бурения скважин в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент **Нуцкова Мария Владимировна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», заместитель проректора по образовательной деятельности.

Официальные оппоненты:

Чернышов Сергей Евгеньевич – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра «Нефтегазовые технологии», заведующий кафедрой;

Аксёнова Наталья Александровна – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин», доцент кафедры;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»**, г. Самара, в своем положительном отзыве, подписанном Нечаевой Ольгой Александровной, директором института нефтегазовых технологий, Ковалем Максимом Евгеньевичем, и.о. заведующего кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин», Камаевым Данилом Романовичем, ассистентом той же кафедры, секретарем заседания, и утвержденном Ереминым Антоном Владимировичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что основные выводы и результаты заключаются в повышении качества крепления нефтяных и газовых скважин в условиях высоких температур за счет включения нанодобавок, обеспечивающих формирование цементного камня с низкой проницаемостью и высокими прочностными и адгезионными характеристиками.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 1 статье – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статье – в издании, входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получены 3 свидетельства о государственной регистрации патента на изобретение.

Общий объем – 6,6 печатных листов, в том числе 3,7 печатных листов – соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени кандидата наук:

1. Нуцкова, М.В. Обзор проблем крепления скважин и применяемых тампонажных материалов / М.В. Нуцкова, М. Алхаззаа // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2023. – № 11(143). – С. 90-95. (№ 1045 Перечня ВАК ред. 24.10.2023)

Соискателем проведен анализ наиболее важных проблем в процессе цементирования скважин, проведено сравнение новейших решений из отечественной и мировой практики, отмечены направления исследований, имеющих перспективное развитие, в том числе: поиск оптимальных экономически эффективных и экологически безопасных рецептур для конкретных горно-геологических условий, особенно осложненных различными факторами, в том числе высокими термобарическими условиями.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

2. Нуцкова, М.В. Разработка тампонажных растворов с добавками частиц наноглины для строительства нефтяных скважин в условиях повышенных температур / М.В. Нуцкова, М. Алхаззаа // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 8. – С. 7-17. – DOI: 10.18799/24131830/2024/8/4244 (№674 Перечня ВАК-МБД (Georef, Scopus, WoS (ESCI) ред. 31.12.2023)

Соискателем приготовлены образцы цементного раствора с разным содержанием наноглины, из них были сформированы образцы цементного камня и испытаны через 7 и 28 суток твердения в диапазоне температур от 25 до 300 °С, оценены проницаемость полученных образцов и их прочность на сжатие и растяжение. Полученные данные показали, что разрушение цемента при экстремально высоких температурах можно избежать за счет использования наноглины (до 3 % от массы цемента). Микроструктура цементной матрицы существенно пострадала из-за агрегации наночастиц при добавлении более 3 % наноглины. Все реологические характеристики цементного раствора были улучшены за счет добавления частиц наноглины.

3. Nutskova, M.V., **Alhazzaa, M.**, & Alhazzaa, A. Effect of Mineral Wool Impregnated with Carbon Nanotubes on Properties of Cement at High Temperatures // International Journal of Engineering, TRANSACTIONS A: Basics. - 2025. - Vol. 38, Issue 1. - pp. 147-155. DOI: 10.5829/ije.2025.38.01a.14

Нуцкова М.В., Алхаззаа М., Алхаззаа А. Влияние минеральной ваты, пропитанной углеродными нанотрубками, на свойства цемента при высоких

температурах // International Journal of Engineering, TRANSACTIONS A: Basics. - 2025. – 38 (1). - 147-155. DOI: 10.5829/ije.2025.38.01a.14

*Соискателем проведено теоретическое исследование, обзор научной литературы по теме исследования, обоснован выбор материалов для проведения эксперимента, осуществлены планирование и контроль проведения эксперимента, проведена обработка и интерпретация полученных данных. Результаты, полученные через 28 дней, показывают высокие значения прочности на сжатие, превышающие 50 МПа, что на 5-23 % выше, чем у цемента без добавок при 25 °С и в 5,7-6,2 раза выше при 300 °С. Кроме того, значения прочности на растяжение выше: они в 1,4 раза выше, чем у цемента без добавок при 25 °С, и в 3,7-3,9 раза выше при 300 °С. Более того, были достигнуты низкие значения проницаемости цементного материала, при этом проницаемость составляла от 2 до 3 МКМ²*10⁻³ для концентраций минеральной ваты от 0,05 до 0,15 %, что представляет собой снижение в 2-2,5 раза по сравнению с критическими значениями, тем самым обеспечивая хорошую межколонную изоляцию.*

4. Nutskova, M.V. Alhazzaa, M. Optimizing Cement properties in High-temperature Oil Wells with Hybrid Additives: CND-infused Mineral Wool and Nanoclay // International Journal of Engineering, TRANSACTIONS B: Applications. - 2025. - Vol. 38, Issue 5. - pp. 1056-1066. DOI: 10.5829/ije.2025.38.05b.09

Нуцкова М.В., Алхаззаа М. Оптимизация свойств цемента в высокотемпературных нефтяных скважинах с использованием гибридных добавок: минеральной ваты с добавлением УНТ и наноглины // International Journal of Engineering, TRANSACTIONS B: Applications. - 2025. – 38 (5). - 1056-1066. DOI: 10.5829/ije.2025.38.05b.09

Соискателем проведены эксперименты (приготовлены образцы цементного раствора с разным содержанием наноглины и минеральной ваты, из них были сформированы и испытаны цементные камни через 7 и 28 суток твердения в диапазоне температур от 25 до 300 °С, оценены проницаемость полученных образцов и их прочность на сжатие и растяжение, а также адгезия на границе цемент-металл). Установлено, что добавление 0,1–0,15 % минеральной ваты, содержащей 25 % УНТ, значительно повышает прочность на сжатие и растяжение, одновременно снижая проницаемость. Оптимальная концентрация УНТ дала значения прочности на сжатие, превышающие 50 МПа, на 5–23 % выше, чем у цемента без добавок при 25 °С, и в 5,7–6,2 раза выше при 300 °С. Значения прочности на растяжение улучшились в 1,4 раза при 25°С и в 3,7–3,9 раза при 300°С. Проницаемость снизилась в 2–2,5 раза. Кроме того, включение до

3 % наноглины улучшило реологические характеристики и прочность на сжатие цементного раствора при высоких температурах (оптимальные показатели при содержании наноглины 3 %). За пределами этой концентрации агрегация наночастиц отрицательно повлияла на микроструктуру и механические свойства.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

5. Патент на изобретение № 2808959 Российская Федерация, СПК С09К 8/467 (2023.08); E21В 33/138 (2023.08); С04В 28/02 (2023.08); С04В 14/06 (2023.08); С04В 24/24 (2023.08); С04В 2111/20 (2023.08); С04В 2103/32 (2023.08). Тампонажный состав. Заявка № 2023123861: заявл. 15.09.2023: опубл. 05.12.2023 / М.В. Нуцкова, М. Алхаззаа, А.В. Учитель; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 11 с.

Соискателем разработан тампонажный состав, позволяющий повысить эффективность крепления скважин в условиях высоких температур за счет повышения растекаемости раствора, прочности и проницаемости цементного камня, с использованием кварцевой муки и наноглины. Наилучшие результаты получены при использовании 17,64-17,90 и 0-1,01 мас.%.

6. Патент на изобретение № 2810354 Российская Федерация, СПК С09К 8/467 (2006.01), СПК С04В 28/04 (2023.08). Тампонажный состав. Заявка № 2023115512: заявл. 14.06.2023: опубл. 27.12.2023 / М.В. Нуцкова, М. Алхаззаа; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 9 с.

Соискателем разработан тампонажный состав, позволяющий повысить эффективность крепления скважин в условиях высоких температур за счет повышения прочности цементного камня с использованием смеси нанодобавок, содержащих Графеноксид «GLC-GO»; + Углеродные нанотрубки CAS в количестве 0,3-0,5 мас.%. Тампонажный состав отличается тем, что нанокремнезем, углеродные нанотрубки и оксид графена присутствуют в массовом соотношении примерно 1:1, в результате чего через 7 дней прочность на сжатие составляет от 43 до 47,8 МПа при повышенных температурах.

7. Патент на изобретение № 2833994 Российская Федерация, СПК С09К 8/467 (2024.08). Тампонажный состав. Заявка № 2024108970: заявл. 04.04.2024: опубл. 03.02.2025 / М.В. Нуцкова, М. Алхаззаа; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 9 с.

Соискателем разработан тампонажный состав, позволяющий повысить эффективность крепления скважин в условиях высоких температур за счет повышения прочности цементного камня на сжатие, прочности цементного камня на растяжение и проницаемости цементного камня при нормальных температурах. Тампонажный состав представлен Саудовским цементом класса G, водой, пластификатором, дополнительно содержит минеральную вату, пропитанную углеродными нанотрубками в концентрации 25 % 18,65-19,01 мас.%.

Апробация диссертационной работы проведена на научных конференциях международного и всероссийского уровня:

– Всероссийская научно-практическая конференция «Ашировские чтения» (13 декабря 2022 г., г. Самара);

– Вузовская конференция «Полезные ископаемые России и их освоение» (28 апреля 2023г., г. Санкт-Петербург);

– XIX Международный Форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (22-27 мая 2023 г., г. Санкт-Петербург);

– III Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (22-24 мая 2024 г., г. Санкт-Петербург).

В диссертации Алхаззаа Мохаммад отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: генерального директора ООО «НОРД-СЕРВИС», эксперта Российского газового общества, к.т.н. **Р.Р. Тойба**; эксперта Центра компетенций по технологиям строительства и ремонта скважин ООО «Газпромнефть НТЦ» **И.В. Денисова** и ведущего эксперта Центра, к.т.н. **В.Г. Конесева**; начальника Управления технологии строительства скважин ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», к.т.н. **М.М. Фаттахова**; координатора проекта, подразделение цементирования ООО «БурСервис», к.т.н. **М.И. Садыкова**; специалиста по буровым и внутрискважинным работам ООО «Альфа Горизонт», к.т.н. **А.А. Куншина**; генерального директора ООО НПП«БУРИНТЕХ», д.т.н., профессора

Г.Г. Ишбаева и начальника службы по разработке буровых и тампонажных растворов, к.х.н. **С.С. Ложкина**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний:

1. Следовало бы более детально описать влияние добавок на реологические свойства тампонажных растворов, что важно для их практического применения. В автореферате недостаточно освещены вопросы долгосрочной стабильности модифицированных цементных систем при циклических термобарических нагрузках. Следовало бы более детально описать влияние добавок на реологические свойства тампонажных растворов, что важно для их практического применения. Желательно расширить экономический анализ, включив сравнение с зарубежными аналогами. (**к.т.н. Р.Р. Тойб**);

2. В работе не представлены испытания по водоотдаче цементных растворов и их седиментационная устойчивость, необходимые к определению по методологии, указанной в ИСО 10426-2. Для цементных составов с высокой долей твердых фракций часто возникают проблемы с седиментационной устойчивостью и, как следствие, может потребоваться ввод дополнительных химических добавок для ее предотвращения. Для дальнейшего изучения, рекомендуется провести лабораторные исследования предлагаемых композиций с учетом ввода в цементные составы замедлителя времени загустевания цементных растворов, понизителей водоотдачи, пеногасителей с целью выявления возможного их влияния на конечные характеристики тампонажного камня. Для оценки возможности тиражирования данной технологии, рекомендуется в работе представить обзор производственных мощностей отечественной промышленности по возможности предоставления необходимого количества, как минеральной ваты с углеродными нанотрубками, так и наногинны. (**И.В. Денисов** и **к.т.н. В.Г. Конесев**);

3. В исследовании не указана процент усадки цементного камня, полученного с использованием добавок, что необходимо учитывать при цементировании скважин. Рекомендуется учитывать угол наклона скважины при разработке математической модели. Рекомендуется исследовать консистенцию разработанной цементной смеси. Необходимо уточнить, на каком типе обсадных колонн исследовались воздействие разработанной смеси. Рекомендовано выяснить влияние используемых добавок на реологические свойства цементной смеси. Рассматривалось ли исследование совместимости типа цемента и используемых добавок с российской

промышленностью, а также возможность их производства на заводах Российской Федерации? (к.т.н. А.А. Куншин);

4. Отсутствуют исследования времени загустевания и водоотдачи предлагаемых составов, что может в значительной мере исказить результаты экспериментальных исследований прочности и температурной регрессии. Прочность сцепления цементного камня определялась по методике, разработанной в Санкт-Петербургском горном университете, однако данная методика не учитывает наличие пленки бурового раствора на поверхности обсадной колонны, что может значительно изменять результаты тестирования на прочность сцепления цементного камня с металлом. Желательно расширить анализ существующих решений для увеличения базы сравнения результатов тестирования предлагаемых тампонажных смесей, т.к. в диссертационной работе не приводится сравнение с существующими на рынке решениями для высоких температур: «Thermatek», «Термолайт» и т.д. (к.т.н. М.И. Садыков);

5. В пятой главе автореферата в качестве критерия оценки экономической эффективности приведено соотношение «цена-качество» при добавлении наночастиц, при этом не указано удорожание 1 м³ раствора. Разработанная математическая модель адекватно описывает напряженное состояние цементного камня, при этом в автореферате не указаны программные комплексы или вычислительные методы, использованные для его оценки, что могло бы быть полезным для специалистов, интересующихся данным направлением исследований. В качестве дальнейшего развития исследований в данном направлении возможны исследования разработок автора с помощью рентгенофазового метода с оценкой влияния нанодобавок на свойства формируемого цементного камня. (к.т.н. М.М. Фаттахов);

6. В автореферате приводится эффективность использования 0,5-2,5% нанотрубок и 1-4% наноглины, обеспечивающих повышение прочности тампонажного камня на сжатие, растяжение, увеличение адгезионных свойств, снижение проницаемости цементного камня при температуре 300°C через 7 и 28 дней. Однако все результаты сравниваются с базовым составом – Саудовским цементом класса G с добавкой пластификатора С-3, который обладает невысокой термостабильностью. Наиболее применяемые термостойкие цементы - цементно-песчаные смеси. В автореферате есть результаты с добавлением в базовый состав 35% кварцевой муки, но данные результаты не применялись для сравнения с результатами использования нанотрубок и наноглины. По этой причине, заявленные в автореферате увеличения прочности цементного камня, проницаемости и адгезии будут уже не так велики по сравнению с термостойким базовым цементом (с добавлением кварцевой муки). Вследствие чего возникает вопрос экономической целесообразности применения нанотрубок и наноглины. (д.т.н. Г.Г. Ишбаев и к.х.н. С.С. Ложкин).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме

диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан состав тампонажного раствора, формирующего цементный камень с низкой проницаемостью и высокими прочностными и адгезионными характеристиками в условиях высоких температур за счет введения наномодифицированных добавок;

предложен алгоритм расчета напряжения сдвига цементного камня в зависимости от температуры и глубины скважины, с учётом физико-механических свойств окружающих горных пород и изменения прочностных характеристик во времени;

доказана эффективность использования тампонажных систем с наноглиной и минеральной ватой, пропитанной углеродными нанотрубками, для цементирования скважин при пластовых температурах до 310°C;

введен механизм формирования микроструктуры цементного камня, основанный на гидратации частиц мелкодисперсной глины или минерального волокна с включением углеродных нанотрубок, обеспечивающий плотную упаковку кристаллов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано синергетическое влияние наномодифицированных добавок на улучшение механических и фильтрационных свойств цементного камня при высокотемпературном воздействии;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** современные лабораторные методы, соответствующие международным стандартам (ASTM, ISO) и специально разработанным методикам;

изложены ограничения по применению традиционных цементных составов в высокотемпературных условиях, на основе которых определены критические температурные и глубинные режимы эксплуатации;

раскрыты методы испытаний, моделирующие воздействие высоких температур и давлений на цементный камень;

изучено влияние концентрации наноглины и минеральной ваты с углеродными нанотрубками на прочностные и адгезионные характеристики цементного камня;

проведена модернизация экспериментальной базы для исследования свойств тампонажных материалов в условиях высоких температур.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в 2024 году в деятельность компании ООО «Гранула» (акт внедрения от 26.12.2024 г.) составы тампонажных растворов, устойчивых к высоким температурам;

определены негативные факторы, влияющие на качество крепи в высокотемпературных скважинах, среди которых наиболее значимым является снижение прочности и адгезии цементного камня при температурах выше 110°C;

создан алгоритм оценки устойчивости цементного камня к сдвиговым напряжениям в зависимости от температуры и глубины скважины, позволивший обосновать составы тампонажных растворов, удовлетворяющие условиям их применения;

представлены предложения по использованию результатов исследования нефтегазовыми компаниями при проектировании и цементировании высокотемпературных скважин.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на современных исследованиях в области тампонажных материалов, включая концепции применения наномодифицированных добавок;

идея базируется на разработке тампонажных систем, обеспечивающих надежность крепи скважины для условий высоких пластовых температур, за счет введения в их состав наноглины или углеродных нанотрубок;

использованы общенаучные и частно-научные методы, проведены лабораторные испытания в соответствии с международными и национальными стандартами;

установлено соответствие полученных результатов поставленной цели исследования и отсутствие противоречий выводам и рекомендациям соискателя;

использованы современные методы сбора, обработки и анализа экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и формулировке задач диссертационного исследования; концептуализации научной идеи; анализе зарубежной и отечественной литературы по теме исследования; выборе методов и инструментов исследования; обосновании необходимости совершенствования составов тампонажных растворов; выполнении экспериментальных исследований по определению прочностных и фильтрационных характеристик цементного камня; разработке математической модели для оценки сдвиговых напряжений; предложении методики оценки способности цементного камня сопротивляться нагрузкам в условиях высоких температур.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

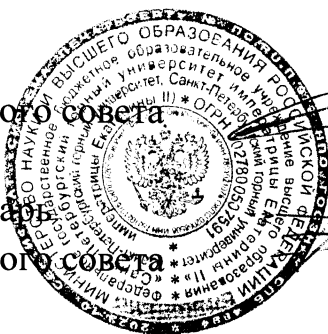
Соискатель Алхаззаа Мохаммад ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 26 сентября 2025 года диссертационный совет принял решение присудить **Алхаззаа Мохаммад** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи повышения качества крепления скважин в условиях высоких температур с использованием разработанных тампонажных составов, имеющей существенное значение для развития нефтегазовой отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Двойников
Михаил Владимирович

Блинов
Павел Александрович

26.09.2025 г.