

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет

императрицы Екатерины II»

доктор экономических наук, профессор

_____ Н.В. Пашкевич

«17» апреля 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» на диссертационную работу Каменских Сергея Владиславовича на тему: «Буровые технологические жидкости для строительства скважин в условиях сероводородной агрессии на месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин.

Актуальность темы диссертации

В диссертационной работе Каменских С.В. рассматриваются актуальные вопросы, касающиеся решения сложной научно-технической проблемы повышения качества строительства скважин в высокопроницаемых пластах, содержащих сероводород. Основной проблемой при бурении и креплении скважин в подобных горно-геологических условиях является возникновение сопутствующих осложнений: поглощений различной интенсивности, дифференциальных прихватов и проявлений флюидов, содержащих сероводород, приводящих к росту затрат времени строительства скважин, увеличению их стоимости и другим негативным последствиям. Для решения этой актуальной проблемы автор в своей диссертационной работе предлагает сформировать комплекс технологических жидкостей (промывочный, буферный и тампонажный растворы), обеспечивающих качественное строительство скважин за счет нейтрализации H_2S повышенной щелочностью соединений $Ca(OH)_2$ и кольятации высокопроницаемых пластов продуктами их взаимодействия; обеспечения герметичности разобщения пластов благодаря качественной подготовке ствола к цементированию и формированию коррозионностойкого

цементного камня; восстановления проницаемости коллекторов с агрессивными флюидами путем кислотной обработки.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения, библиографического списка, включающего 253 наименования научно-технической литературы, и 4 приложений. Диссертация изложена на 327 страницах, включает 124 таблицы, 225 рисунков.

Диссертация изложена грамотным, техническим языком на современном научно-техническом уровне и содержит все необходимые этапы научного исследования.

Во введении диссертации автором обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель, задачи и методы исследований, обоснована научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы.

В первой главе выполнен анализ результатов применения буровых технологических жидкостей в высокопроницаемых пластах, содержащих сероводород, который позволил установить, что они не обеспечивают качественного вскрытия и крепления скважин в условиях сероводородной агрессии и повышенных рисков поглощений и дифференциальных прихватов. Этот факт предопределяет необходимость проведения научных исследований, направленных на разработку комплекса буровых технологических жидкостей, обладающих ферментативной устойчивостью к сероводороду и повышенными кольматирующими свойствами.

Во второй главе выполнен анализ нормативных стандартов и методик, обоснованы методы проведения экспериментальных исследований буровых технологических жидкостей, определены действующие нормативные стандарты и инструкции для качественной и достоверной оценки их свойств и параметров, установлен порядок проведения экспериментов с использованием сертифицированных приборов и оборудования кафедры бурения и центра по исследованию керна ФГБОУ ВО «УГТУ».

В третьей главе представлены результаты исследований по разработке безглинистого высокощелочного бурового раствора с повышенными кольматирующими свойствами для бурения в агрессивных средах (RU №2016126737 А). Буровой раствор обладает структурно-реологическими параметрами, ферментативной устойчивостью к деструкции при воздействии биогенного и природного сероводорода, антикоррозионными и кольматационными свойствами, обеспечивая качественное вскрытие сероводородсодержащих проницаемых сред. Низкая степень токсичности

применяемых реагентов делают буровой раствор экономически и экологически более выгодным, по сравнению с другими промывочными жидкостями. Для усиления изолирующей способности высокощелочного бурового раствора в высокопроницаемых средах автор предлагает трансформировать его в кольматирующую смесь путем увеличения концентрации оксида кальция и совместной обработки биоцидом с газблоком. Безглинистый высокощелочной буровой раствор (RU №2016126737 А) и трансформируемая из него биополимерная кольматирующая смесь (заявка № 2020138560 от 24.11.2020) нейтрализуют сероводород повышенной щелочностью соединений гидроксида кальция и изолируют высокопроницаемые пласты сульфидами кальция, ограничивающими поступление H_2S в ствол скважины, загрязнение пластов фильтратом промывочной жидкости и вероятность возникновения дифференциальных прихватов и поглощений.

В четвертой главе показаны результаты исследований по разработке состава многофункциональной буферной жидкости, обеспечивающей при турбулентном режиме течения в заколонном пространстве смывание и удаление фильтрационных корок с поверхности горных пород; вытеснение бурового раствора и кольматацию проницаемых пластов, содержащих H_2S ; увеличение площади и прочности сцепления цемента с ограничивающими поверхностями, повышая качество подготовки ствола скважины к цементированию в условиях сероводородной агрессии и поглощений.

В пятой главе представлены результаты исследований по разработке облегченной тампонажной смеси (RU № 2741890 С2), включающей сульфатостойкий портландцемент, расширяющую добавку, газблок и гранулированное пеностекло, для цементирования скважин в условиях сероводородной агрессии и поглощений различной интенсивности. Автором установлено, что облегченный тампонажный состав формирует в условиях температур до $100^\circ C$ коррозионностойкий (ККС₃₆-0,97) цементный камень с устойчивым фазовым составом и пониженной проницаемостью (0,81 мД), позволяя использовать ее при цементировании высокопроницаемых пластов, вмещающих сероводород.

В шестой главе на основании проведенных исследований сформирован комплекс технологических жидкостей, включающий безглинистый высокощелочной буровой раствор, многофункциональную буферную жидкость, облегченную тампонажную смесь. Комплекс обеспечивает нейтрализацию H_2S повышенной щелочностью соединений $Ca(OH)_2$, изоляцию проницаемых сред продуктами их взаимодействия (CaS) и герметичность разобщения высокопроницаемых пластов, содержащих

сероводород, повышая качество строительства скважин в условиях сероводородной агрессии и повышенных рисков поглощений и дифференциальных прихватов.

В седьмой главе разработаны регламенты на бурение и крепление скважин и представлены результаты применения комплекса технологических жидкостей в условиях сероводородной агрессии на месторождениях ТПНГП с оценкой технико-экономических показателей. Апробация и внедрение комплекса подтвердили его эффективность при бурении и креплении высокопроницаемых пластов, содержащих сероводород, и обеспечили:

- увеличение площади и прочности сцепления цементного камня с ограничивающими поверхностями на 21-46 и 31 % соответственно от использования многофункциональной буферной жидкости и облегченной тампонажной смеси;

- повышение проектных дебитов на 10-20 % после восстановления проницаемости коллекторов, содержащих агрессивные флюиды.

В заключении представлены научно обоснованные положения и даны рекомендации по использованию комплекса буровых технологических жидкостей в условиях сероводородной агрессии и повышенных рисков поглощений и дифференциальных прихватов.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Все основные результаты, выводы и положения, выносимые на защиту, получены автором лично. Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследований; проведении экспериментальных исследований и анализе научно-технической литературы по теме диссертации; обобщении и обработке полученных результатов испытаний и получении физико-математических зависимостей; апробации и внедрении технологических жидкостей. Это позволяет утверждать, что сформулированные автором научные положения, выводы и рекомендации обоснованы. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций основана на применении современных и широко апробированных методов сбора, обработки и обобщения информации, результатах анализа и обобщения теоретических исследований, высокой степени сходимости результатов аналитических исследований с экспериментальными данными, представительным объемом лабораторных и промысловых экспериментов, а также специально разработанных автором методик, основанных на положениях действующей нормативной документации и государственных стандартов в области исследований буровых технологических жидкостей в коррозионно-активных

и высокопроницаемых средах. В работе использованы известные методы аналитического прогнозирования и классической статистики. Исследования выполнены с использованием современной измерительной техники, лабораторного оборудования и компьютерного обеспечения.

Научная новизна работы заключается в том, что на основании теоретических, лабораторных и промышленных исследований разработан научно обоснованный комплекс технологических жидкостей, повышающий качество строительства скважин в условиях сероводородной агрессии и повышенных рисков поглощений и дифференциальных прихватов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем.

1. Доказано, что ферментативная устойчивость бурового раствора к сероводородной агрессии обеспечивается увеличением водородного показателя до 12,0-12,5 за счет обработки высокощелочными соединениями оксида кальция в количестве 0,2-0,4 %, который повышает время деструкции высокомолекулярных соединений в 3,2 раза (с бактерицидом) и 2,3 раза (без бактерицида) в диапазоне температур 20°-100°С. Установлено, что высокощелочной буровой раствор трансформируется в кольматирующую смесь, обеспечивающую изоляцию высокопроницаемых пластов, вмещающих H_2S , при добавке сшивающего агента (биоцидол 1-3 %), газоблокатора (газблок 0,4-0,6 %) и увеличении концентрации CaO (0,5-0,7 %).

2. Экспериментально установлено, что в условиях сероводородной агрессии и поглощений многофункциональная буферная жидкость, включающая моюще-эрозионную, вытесняюще-кольматирующую и адгезионно-кольматирующую порции, при турбулентном режиме течения в затрубном пространстве повышает качество подготовки ствола к цементированию за счет увеличения прочности сцепления цементного камня с сопрягающими поверхностями более 30 %.

3. Установлено, что в условиях сероводородной агрессии и поглощений различной интенсивности тампонажная смесь, включающая сульфатостойкий цемент ПЦТ I-G СС-1, расширяющую добавку ДР-100 (1 %), газблок (0,5 %) и пеностекло (6 %), имеет пониженную плотность (1670 кг/м³) и формирует при температурах до 100°С коррозионностойкий цементный камень ($KK_{C_{36}}=0,97$) за счет низкой проницаемости (0,81 мД), связывания гидроксида кальция и образования низкоосновных гидросиликатов кальция в зоне контакта между цементной матрицей и микросферами.

4. Доказано, что в условиях сероводородной агрессии и повышенных рисков поглощений и дифференциальных прихватов комплекс

технологических жидкостей повышает качество строительства скважин за счет нейтрализации биогенного и природного сероводорода гидроксидом кальция; кольматации проницаемых пород сульфидами кальция; качественной подготовки ствола скважины к цементированию; формирования коррозионностойкого цементного камня; восстановления проницаемости пластов кислотной обработкой.

Практическая значимость работы заключается в следующем

1. Разработаны составы технологических жидкостей: безглинистый высокощелочной буровой раствор (RU №2016126737 А); биополимерная кольматирующая смесь (заявка на изобретение №2020138560 от 24.11.2020); многофункциональная буферная жидкость; облегченная тампонажная смесь (RU №2741890 С2), которые по технологическим свойствам и физико-механическим параметрам превосходят применяемые в условиях сероводородной агрессии буровые, кольматирующие, буферные и тампонажные растворы.

2. Сформирован комплекс буровых технологических жидкостей, который при апробации и внедрении обеспечил качественную и безаварийную проводку скважин на месторождениях ТПНГП с экономией материальных средств от применения безглинистого высокощелочного бурового раствора и биополимерной кольматирующей смеси; увеличением площади и прочности сцепления цементного камня с ограничивающими поверхностями на 21-46 и 31 % соответственно от использования многофункциональной буферной жидкости и облегченной тампонажной смеси; повышением проектных дебитов на 10-20 % после восстановления проницаемости коллекторов.

3. Изданы две монографии и три учебных пособия, получивших гриф УМО вузов РФ по нефтегазовому образованию, которые обеспечили научное и методическое сопровождение учебного процесса ФГБОУ ВО «УГТУ» и курсов повышения квалификации специалистов ООО «Лукойл-Коми» и ПАО «Газпром».

Публикации и апробация работы

Основное содержание диссертации представлено в 76 научных работах, в т.ч. в 2 патентах РФ, 2 монографиях, 34 статьях, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и рецензируемых в базе SCOPUS. Основные результаты диссертационной работы неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях, апробированы и внедрены при бурении и креплении скважин в условиях

сероводородной агрессии на месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (имени Андрея Алабушина, Верхне-Возейское, Кочмесское, Леккерское и другие месторождения).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать при бурении и креплении скважин в условиях сероводородной агрессии и повышенных рисков поглощений и дифференциальных прихватов при умеренных температурах, пониженных и нормальных давлениях, а также в научно-исследовательских и проектных организациях для разработки проектной документации.

Замечания

1. В работе не подтверждены результаты исследований кольматации проницаемых пород сульфидом кальция в пластовых условиях.
2. Отсутствует описание механизма фильтрации кольматирующей смеси в поглощающий пласт.
3. Не обоснован механизм повышения адгезии цементного камня с обсадной колонной и горной породой.
4. Отсутствует решение вопросов утилизации отработанных технологических жидкостей и возможных обратных реакций при изменении термобарических условий.

Заключение

Диссертационная работа Каменских Сергея Владиславовича на тему: «Буровые технологические жидкости для строительства скважин в условиях сероводородной агрессии на месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения по повышению качества строительства скважин в условиях сероводородной агрессии и повышенных рисков поглощений и дифференциальных прихватов, реализуемые путем разработки комплекса технологических жидкостей, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие нефтегазовой отрасли страны.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор, Каменских Сергей Владиславович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин.

Диссертационная работа и автореферат Каменских Сергея Владиславовича рассмотрены и обсуждены на расширенном заседании кафедры «Бурения скважин» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

На заседании присутствовало 11 человек, в том числе 1 с учёной степенью доктора наук и 10 с учёной степенью кандидата наук. Результаты голосования: «за» – 11 человек; «против» – нет, воздержавшихся – нет.

Протокол № 10 от 17.04.2024 года.

Даем согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Заведующий кафедрой
бурения скважин
доктор технических наук, профессор

Двойников
Михаил Владимирович

Секретарь заседания

Шершакова
Татьяна Федоровна

17.04.2024 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» (199106, РФ, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2).

Телефон: +7 (812) 328-84-78.

Адрес электронной почты: Blinov_PA@pers.spmi.ru

Официальный сайт: <https://spmi.ru>