

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Нечаевой Ольги Александровны на диссертацию Будовской Маргариты Евгеньевны на тему: «Обоснование и разработка углеводородной системы заканчивания скважин в условиях низких забойных температур (на примере Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин

### 1. Структура и объем работы

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 116 наименований. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков, 25 таблиц, список сокращений и условных обозначений, 3 приложения.

*Во введении* изложена актуальность и степень проработанности темы, приведены объект и предмет исследования, сформулированы цель, идея работы и задачи исследования, изложена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, описана методология и методы исследований, сформулированы положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности результатов исследования и описан личный вклад автора.

*В первой главе* проведен анализ геологических условий и технологических решений для бурения и освоения скважин в условиях низких забойных температур, в результате которого по петрофизическим свойствам решено разделить продуктивные горизонты на два рассматриваемых объекта (высокопроницаемый ботоубинский горизонт и среднепроницаемые хамакинский с талахским горизонты (объединенные в один)) с целью корректного их исследования. Приведен анализ свойств буровых растворов на углеводородной основе для первичного вскрытия продуктивных интервалов. Показан анализ существующих методик подбора кольматантов в составе буровых растворов с целью выбора наиболее перспективной для дальнейшего рассмотрения и использования. Выбран метод Викерса, как наиболее эффективный для применения в рассматриваемых геологических условиях. Приведены результаты исследований призабойной зоны пласта и выявлены основные причины ухудшения проницаемости продуктивных коллекторов при использовании буровых растворов на углеводородной основе. Выполнен анализ существующих жидкостей заканчивания. На основе проведенных теоретических исследований выбран оптимальный тип промывочной жидкости для бурения скважин в условиях низких забойных температур – буровой раствор на основе производных жирных кислот и определен компонентный состав системы заканчивания

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-236 от 03.06.22  
АУ УС

скважин, представленный смесью неполярных растворителей, для эффективного использования на Чайядинском нефтегазоконденсатном месторождении.

*Во второй главе* описаны методы и методологии исследований свойств бурового раствора на углеводородной основе и системы заканчивания скважин. Приведены материалы, химические реагенты и оборудование фирм FANN и OFITE для оценки эффективности применения бурового раствора на основе смеси жирных кислот и их природных эфиров, а также разработанной углеводородной системы заканчивания скважин «WC-1», состоящей из смеси природного и нефтяного растворителей, в условиях низких забойных температур. Показано планирование экспериментов по изучению влияния фракционного состава твердой фазы в составе РУО на изменение глубины проникновения фильтрата в поровое пространство пород-коллекторов с учетом петрофизических свойств продуктивных горизонтов, которое осуществляется на основе полного факторного эксперимента с обработкой результатов в ПК «STATISTICA 13.05.01.».

*В третьей главе* представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств бурового раствора на основе смеси жирных кислот и их природных эфиров и его совместимости с минерализованной водой, которые показали, что с увеличением содержания соли – пластическая и динамическая вязкость возрастают линейно. Установлено, что в условиях диапазона температур от 8 до 12 °С происходит увеличение пластической вязкости используемого бурового раствора, приводящее к изменению структуры промывочной жидкости, что способствует ухудшению проницаемости призабойной зоны пласта, образуя плотный кольматационный экран в порах породы-коллектора. Приведены результаты исследования углеводородной системы заканчивания скважин и ее взаимодействие с рассматриваемым буровым раствором. В результате установлен механизм химического растворения фильтрационной корки бурового раствора, образовавшейся из затвердевших эфиров жирных кислот под воздействием низких забойных температур. Приведены результаты работ по исследованию технологических свойств углеводородной системы заканчивания скважин «WC-1», обуславливающие его эффективную работу в условиях изменения температуры и минерализации пластов. Показаны результаты фильтрационных экспериментов по влиянию бурового раствора на основе производных жирных кислот и разработанной «WC-1» на фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов Чайядинского нефтегазоконденсатного месторождения. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния дисперсности твердой фазы в составе бурового раствора на основе производных жирных кислот на восстановление фильтрационно-емкостных свойств пластов с учетом проницаемости ботобинского, хамакинского и талахского продуктивных горизонтов, по данным которых выведены математические

зависимости, которые позволили определить, что использование кольматирующего материала разной дисперсности в составе исследуемого бурового раствора не оказывает значительного влияния на изменение глубины проникновения фильтрата, составляя разницу в показателях двух объектов исследований – не более 15 %. Восстановление фильтрационно-емкостных свойств, соответственно, составило для ботоубинского горизонта – 58 %, а для хамакинского с талахским – 67 %. Полученные данные подтверждены микротомографическими исследованиями, в результате которых установлено, что изменение зоны фильтрации бурового раствора на основе производных жирных кислот в пласт обуславливается низкой температурой, под воздействием которой, происходит повышение пластической вязкости дисперсионной среды бурового раствора, приводя тем самым к снижению проницаемости породы-коллектора газового пласта.

*В четвертой главе* представлены результаты опытно-промышленных испытаний разработанной углеводородной системы заканчивания скважин «WC-1» на скважинах Чайядинского нефтегазоконденсатного месторождения. Для проведения мероприятия представлена технология ГНКТ, которая позволяет в течение 6 часов произвести качественную очистку продуктивного пласта от органической составляющей бурового раствора на основе жирных кислот и их природных эфиров в условиях низких забойных температур. По результатам данной операции выявлено увеличение работающих интервалов на 20 м, скин-фактор снизился с +4,9 до +2,55.

#### **Актуальность темы диссертационной работы**

Диссертационная работа Будовской Маргариты Евгеньевны посвящена проблеме повышения эффективности бурения и освоения газовых и газоконденсатных скважин. Бурение и освоение скважин на месторождениях Восточной Сибири является важной стратегической задачей в настоящее время. Однако, при эксплуатации скважин в данном регионе отмечен недостаточно высокий коэффициент газоизвлечения, что связано с воздействием тех или иных буровых растворов и технологических жидкостей в процессе первичного вскрытия или освоения геологически неоднородных нефтегазовых пластов. Рассматриваемое в работе Чайядинское нефтегазоконденсатное месторождение является сложнопостроенным геологическим объектом, характеризующимся неоднородностью фильтрационно-емкостных свойств пластов и поровой жидкостью, имеющей минерализацию от 320 до 360 г/дм<sup>3</sup>. На сегодняшний день бурение скважин в интервале вскрытия продуктивных пластов осуществляется с использованием инвертно-эмульсионного бурового раствора на основе растительного масла. В его состав входят смеси жирных кислот и их этиловые/метилловые эфиры в сочетании с утяжелителем и эмульгатором. Данный раствор превосходит по многим

пунктам существующие аналоги. Однако, по промысловым данным геофизических исследований скважин выявлено, что часть фильтрационной корки данного бурового раствора на стенках скважины после обработки продуктивных пластов существующими системами заканчивания – не подвержена полному разрушению. Известно, что некачественная очистка приводит к дополнительному увеличению вязкости и сложности механического и химического удаления из порового пространства, что ведет к снижению проницаемости продуктивного пласта и снижению дебита скважины. С учетом изложенного разработка углеводородной системы заканчивания скважин в условиях низких забойных температур Чайнинского нефтегазоконденсатного месторождения является актуальной темой диссертационного исследования. Комплексный подход, отраженный в диссертации автора, представляет новые решения актуальной проблемы.

## **2. Научная новизна и практическая ценность работы**

Результаты исследований, представленные в диссертационной работе Будовской Маргариты Евгеньевны, обладают научной новизной и практической значимостью.

Разработанная углеводородная система заканчивания скважин «WC-1» на основе неполярных растворителей – уайт-спирита и сульфатного скипидара в концентрациях по массе 75 % и 25 % позволит очистить скважину от органической составляющей углеводородного бурового раствора, представленного смесью жирных кислот и их природных эфиров более, чем на 80-85 % в диапазоне температур 8-12 °С.

К основным результатам диссертационной работы можно отнести:

Установлено, что глубина проникновения фильтрата в пласт в условиях низких забойных температур Чайнинского нефтегазоконденсатного месторождения определяется пластической вязкостью бурового раствора на основе производных жирных кислот и не зависит от дисперсности кольматанта в условиях неоднородности фильтрационно-емкостных свойств продуктивных интервалов. Выявлено, что зона фильтрации зависит от скорости фильтрации, времени воздействия на пласт, пористости коллектора, а также одним из ключевых факторов является вязкость фильтрата бурового раствора.

Научно обоснован механизм растворения фильтрационной корки бурового раствора углеводородной системой заканчивания скважин за счет реакции сольватации жирных кислот неполярными растворителями (уайт-спирит и сульфатный скипидар), представленными легкими алканами и терпенами, что приводит к снижению температуры кристаллизации всей смеси и препятствует их повторному затвердеванию в диапазоне температур от 8 до 12 °С.

Доказана работоспособность предлагаемой технологии очистки скважин с применением разработанной углеводородной системы заканчивания скважин «WC-1» от

частиц органической составляющей бурового раствора, представленной затвердевшими эфирами жирных кислот под воздействием низких забойных температур.

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

Обоснованность научных положений, выносимых на защиту, а также выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждена обширными аналитическими исследованиями работ отечественных, зарубежных ученых и сервисных компаний, в совокупности позволяющих оценить степень проработанности темы исследования. Источники, используемые в диссертации, имеют все необходимые ссылки. В процессе работы над диссертацией были выполнены лабораторные, виртуальные и натурные исследования и испытания, что, несомненно, позволяет сделать вывод о том, что результаты работы имеют обоснованную достоверность и возможность воспроизводимости.

Первое защищаемое положение, заключающееся в дифференциации продуктивных горизонтов Чайнинского месторождения на два объекта вскрытия – высокопроницаемый ботобинский ( $3 \cdot 10^{-12}$ – $7 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ ) и среднепроницаемые хамакинский с талахским ( $0,02 \cdot 10^{-12}$ – $0,15 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ ) горизонты, позволяющей оценить влияние фракционного состава утяжелителя и физико-механических свойств РУО на формирование кольматационного экрана в призабойной зоне низкотемпературного газового пласта. Установлено, что понижение температуры менее  $12 \text{ }^\circ\text{C}$  приводит к повышению пластической вязкости дисперсионной среды РУО и снижению влияния фракционного состава твердой фазы на глубину проникновения фильтрата в поры коллектора отражено в первой и третьей главе на основе теоретических и лабораторных исследований. Математическая обработка результатов выполнена в ПК «STATISTICA 13.01.05».

Второе защищаемое положение подтверждено в третьей и четвертой главе, на основе экспериментальных исследований. Проведены опытно-промысловые испытания разработанной «WC-1» на скважинах Чайнинского нефтегазоконденсатного месторождения.

### **Замечания по диссертационной работе**

Диссертационная работа Будовской Маргариты Евгеньевны имеет достаточно высокий уровень и актуальность, но стоит отметить некоторые незначительные замечания:

1. Распределение пластовых температур на площади Чайнинского нефтегазоконденсатного месторождения составляет от  $5$  до  $17 \text{ }^\circ\text{C}$ . Чем обоснован выбор температурного диапазона –  $8 - 12 \text{ }^\circ\text{C}$  для проведения исследований?

Характерны ли описанные в работе механизмы при температурах, отличных от указанных?

2. Чем обоснован выбор РУО для скважин Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения. К коллекторам какого типа относятся рассматриваемые в работе интервалы продуктивных пластов?
3. Как известно, одними из определяемых экспериментально параметров, характеризующих изменение проницаемости, являются коэффициент восстановления и коэффициент потери проницаемости. Автор, приводя результаты фильтрационных исследований при моделировании процесса первичного вскрытия с использованием бурового раствора и раствора-деструктора «WC-1» использует коэффициент относительного изменения проницаемости (стр. 75 диссертационной работы). Каков физический смысл данного показателя? Как следует интерпретировать его значения?
4. Была ли определена автором зависимость между полученными результатами фильтрационных исследований по влиянию бурового раствора и разработанного раствора-деструктора (табл. 3.3.3. стр. 77) и результатами экспериментальных исследований по изучению коэффициента восстановления ФЕС (табл. 3.4.3. стр. 81 и табл. 3.4.4. стр. 85). Прослеживается ли здесь какая-либо общая закономерность и должна ли она быть?
5. Какие ограничения по применимости разработанной системы заканчивания «WC-1» определены автором? Будет ли работать раствор-деструктор в других горно-геологических условиях, пластовых температурах ниже 8 °С и выше 12 °С и др.? Какова его универсальность и рекомендуемые критерии применимости?

Приведенные замечания не снижают научной значимости и ценности работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Диссертация написана грамотным техническим языком с использованием современной научной терминологии, имеет четко выстроенную структуру. В работе содержится достаточное количество ссылок на отечественные и международные актуальные литературные источники.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»**

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 6 печатных работах, в том числе в 2 статьях - 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 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science; получено 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

Материалы диссертационной работы были апробированы на Всероссийских и Международных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации и располагает полной информацией о проведенных исследованиях и полученных результатах.

Диссертация «Обоснование и разработка углеводородной системы заканчивания скважин в условиях низких забойных температур (на примере Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения)», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Будовская Маргарита Евгеньевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин.

Официальный оппонент,

Доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский

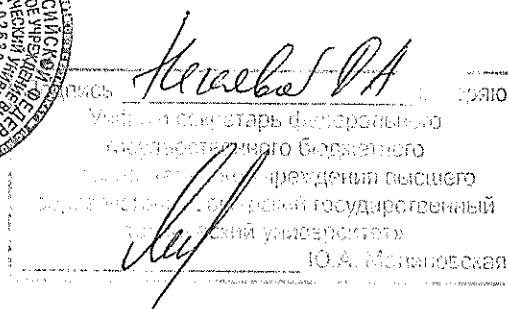
государственный технический университет

кандидат технических наук, доцент

Контактный телефон: 8-987-984-20-77

e-mail: Nechaevaoa@gmail.com

Нечаева Ольга Александровна



Дата

23.05.2022

Подпись Нечаевой Ольги Александровны заверяю

443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет».