

**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА**

*На правах рукописи*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУР БУРОВЫХ  
РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ РЕАГЕНТОВ БАКТЕРИЦИД-  
ИНГИБИТОРОВ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

Специальность 2523.01 – «Технология бурения скважин»

Отрасль науки: Технические науки

**Азизова Айшан Эльчин кызы**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии

**Баку – 2021**

Диссертационная работа выполнена в Научно-Исследовательском и Проектном Институте «Нефтегаз» ГНКАР.

**Научный руководитель:** доктор технических наук  
**Э.А. Кязимов**

**Официальные оппоненты:** член-корр. НАНА,  
доктор технических наук,  
профессор **Г.М. Эфендиев**  
кандидат технических наук,  
доцент **С.А. Рза-заде**  
доктор философии по технике  
**Э.Т. Сулейманов**

Диссертационный совет ED 2.03 Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики, действующего на базе Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Председатель диссертационного совета:



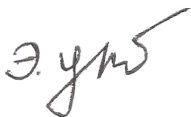
доктор технических наук, профессор  
**Т.Ш. Салаватов**

Ученый секретарь диссертационного совета:



доктор философии по технике, доцент  
**Е.Е. Шмончева**

Председатель научного семинара:



доктор технических наук, профессор  
**Э.М. Сулейманов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы и степень разработки.** В процессе строительства глубоких нефтегазовых скважин проблема борьбы с биологической деструкцией имеет важное значение. Попытки сохранить компонентный состав буровых растворов от биологических повреждений приводят к уменьшению материальных затрат и экономических вложений. Однако развитие микроорганизмов в среде буровых растворов является причиной существенного ухудшения их коллоидно-химических и реологических показателей. Это, в свою очередь, способствует избыточному расходу реагентов, коррозии металла, нарушению технологического цикла бурения и росту стоимости 1 метра проходки.

Химические реагенты на основе полимерных соединений, такие как карбоксилметилцеллюлоза и другие полисахариды особенно подвержены биодеструкционным процессам, в результате чего буровой раствор теряет свои стабилизирующие свойства. В связи с этим возникает необходимость защиты данных полимеров от биодеструкции.

Проведение работ по изучению микробного разложения буровых растворов, применяющихся в процессе бурения, а также разработке средств их защиты с применением новых наноструктурированных бактерицид–ингибиторов от биодеструкции является актуальным направлением исследований и имеет важное значение в процессе химической обработки буровых растворов.

Степень разработки диссертационной работы отражает в себе решение актуальной проблемы, имеющее важное народнохозяйственное значение, которое позволит повысить технические, технологические и экономические показатели строительства нефтяных и газовых скважин.

**Цель и задачи исследований** – совершенствование рецептур буровых растворов на основе реагентов бактерицид–ингибиторов в процессе бурения скважин.

Решены следующие задачи:

- изучение влияния бактерицидных реагентов на структурно-механические и коллоидно-химические свойства буровых растворов;

- разработка бактерицидного реагента для подавления биодеструкционных процессов в буровых растворах;

- исследование влияния наноструктурированных бактерицид–ингибиторов на ингибирующие свойства буровых растворов;

- разработка бактерицидно–полимерного бурового раствора для бурения скважин в осложненных условиях;

- разработка антикоррозионного состава для буровых растворов.

#### **Методы исследований**

Поставленные задачи решались проведением комплекса научных исследований и аналитических методов с применением современных лабораторных оборудований.

#### **Защищаемые положения**

- влияние бактерицид-ингибиторов на реологические и фильтрационные свойства буровых растворов, применяемых в процессе бурения скважин;

- состав наноструктурированного бактерицидного реагента для регулирования свойств буровых растворов;

- рецептура бактерицидно–полимерного бурового раствора для бурения скважин в осложненных условиях;

- состав антикоррозионного реагента для буровых растворов.

#### **Научная новизна исследований**

- разработаны наноструктурированные бактерицидные составы для повышения эффективности действия полимерных реагентов;

- разработана рецептура бактерицид–полимерного бурового раствора с регулируемыми показателями для применения в бурении скважин в осложненных условиях;

- предложен бактерицид–ингибитор для повышения антикоррозионных свойств буровых растворов.

#### **Теоретическая и практическая значимости**

Разработанные составы бактерицид–ингибиторов испытаны на примерах буровых растворов ряда скважин месторождений нашей Республики. В частности, по результатам расчета эффективности испытаний по скв. № 1820 площади «Саадан», скв. № 670 площади «Дарвин Банкасы», скв. № 1887 площади «Нефт Дашлары» и скв. № 341 площади «Гюнешли», экономический эффект составил 38163,13 манат. Рецептатура бактерицид-полимерного бурового раствора без аварий и осложнений была внедрена на скв. № 1241 и 1255 пл. “Пираллахи”.

### **Апробация и внедрение**

Материалы, составляющие основное содержание диссертации докладывались и обсуждались на:

- IV Международном молодежном научно-техническом семинаре "Актуальные вопросы разработки нефтяных оторочек на газовых и газоконденсатных месторождениях", посвященному 66-летию со дня основания ООО "Газпром ВНИИГАЗ", Москва, 4 июня 2014 г.;

- X International Conference «Global Science and Innovation», Chicago, USA, March 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, 2017;

- научно–практической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 84-ой годовщине со дня рождения Общенационального Лидера Азербайджана Г.А.Алиева, Баку, Азербайджанский Технический Университет, 4-5 мая 2017 г.;

- международной научно-практической конференции «ТАТНЕФТЬ» им. В.Д. Шашина, Казань, 2-3 сентября 2017 г.

Рецептура бактерицид-полимерного бурового раствора без аварий и осложнений была внедрена на скв. № 1241 и 1255 пл. “Пираллахи”.

### **Публикации**

Основные положения диссертационной работы отражены в 11 научных трудах, в том числе в 1 монографии, 5 статьях, 4 тезисах и на 1 Патенте Азербайджанской Республики.

Название организации выполняемой диссертационной работы – НИПИ «Нефтегаз» SOCAR.

## **Общий объем структуры диссертационной работы с учетом символов по содержанию**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы, включающего 125 наименований и 4 приложений. Работа изложена на 160 страницах, содержит 11 таблицы и 20 рисунков.

Общий объем диссертационной работы составляет 187437 символов, в том числе: титульный лист 567; оглавление 2459; список сокращений 765; введение 5362; I глава 80779; II глава 48554; III глава 22740; IV глава 24396; выводы 1815 символов.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, основные задачи и указана ее практическая ценность.

**В первой главе** диссертационной работы приведен анализ работ, посвященных разработке и внедрению новых типов буровых растворов, применяющихся в строительстве глубоких нефтегазовых скважин. Представлены материалы, отражающие современное состояние технологии приготовления, а также регулирования структурно-механических и коллоидно-химических свойств буровых растворов с учетом бактерицид-ингибиторной защиты. Изложены методологические принципы решения задач в области бактерицидной защиты буровых растворов.

**Вторая глава** посвящена разработке и исследованию новых реагентов бактерицид-ингибиторов для обработки буровых растворов. Указано, что буровые растворы являются многокомпонентными коллоидными системами и различные реагенты, входящие в состав буровых растворов являются потенциальными источниками развития бактериального фона. Кроме этого, при контакте бурового раствора с породами, пластовыми водами происходит интенсивное обогащение коллоидной системы микробиологическими, химическими и

сульфатовосстанавливающими бактериями (СВБ). Несмотря на то, что на сегодняшний день известны различные ингибиторы для подавления бактерий в буровых растворах их многокомпонентность, неэкономичность, а самое главное, отрицательное влияние на окружающую среду, требуют их пересмотра.

С целью сохранения устойчивости полимерсодержащих буровых растворов была разработана новая рецептура бактерицид–ингибиторного реагента и бурового раствора на его основе для использования в процессе бурения продуктивных пластов, доведения скважины до проектной глубины без аварий и осложнений. Предложенный буровой раствор включает в состав глину, полимер, понизитель вязкости, регулятор щелочности, ПАВ – бактерицид-ингибитор (А–G–2014), утяжелитель и воду, где в качестве А–G–2014 вступает композиция Лапрола марки 3003 с наночастицами меди, размеры которых составляют 40-60 нм с удельной поверхностью 12,0 м<sup>2</sup>/г.

Реагент А–G–2014 представляет собой прозрачную жидкость, которая имеет следующие технические характеристики:

- плотность, кг/м <sup>3</sup>	1035 – 1040
- гидроксильное число, мг КОН/г	41,0 – 46,0
- кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05
- рН	6,0 – 6,5
- кинематическая вязкость при 25° С, м <sup>2</sup> /с	155
- массовая доля воды, %, не более	0,10
- йодное число, г йода/100 г, не более	1,50
- массовая доля калия, мг/кг, не более	3,5

Для приготовления раствора в объем соленой или пресной воды добавляется определенное количество глины для получения однородной коллоидной массы. С целью снижения водоотдачи в суспензию добавляется полимер, вследствие чего обеспечивается стабильность и увеличение вязкости раствора. Реологические показатели, такие как пластическая и

эффективная вязкость, динамическое напряжение сдвига, регулируются после добавления водно-щелочного раствора понизителя вязкости. Затем осуществляется утяжеление бурового раствора и обработка всего бурового раствора с бактерицид-ингибитором. Приготовленный буровой раствор характеризуется регулируемыми структурно-механическими, коллоидно-химическими и триботехнологическими показателями. Преимуществом данного бурового раствора является его обладание бактерицидными свойствами, что продлевает активность раствора по сравнению с аналогами. В данном буровом растворе происходит уничтожение микроорганизмов, а также ограничение процесса деструкции компонентов, в первую очередь, полимера.

Бактерицидные свойства бурового раствора оценены по общему количеству микробов, т.е. по количеству микробов, входящих в 1 мл или 1 гр. бурового раствора. Сущность этой оценки заключается в определении количества бактерий (микробов) в составе первичного бурового раствора. С добавлением бактерицидов на протяжении суток измеряется динамика изменения количества бактерий, и в итоге становится возможной оценка эффективности бактерицида. За данный промежуток времени производится инкубация бурового раствора. Сущность условий инкубации заключается в том, что при температурах  $+30^{\circ}\text{C}$  и  $+70^{\circ}\text{C}$  возможна оценка жизнедеятельности сульфатредуцирующих и термостойких органотрофных бактерий соответственно. С использованием люминометра измеряется показатель люминесценции. Общее количество бактерий в первичном буровом растворе составило  $8,5 \cdot 10^8$ . После добавления бактерицида -прототипа данное число уменьшилось до  $3,1 \cdot 10^5$ . В течение следующей сутки данное число оставалось постоянным, а на протяжении третьей сутки было замечено постепенное его повышение до  $5,1 \cdot 10^5$ . А начиная с четвертой сутки наблюдается повышение данного показателя. В результате восстановления бактерицидной среды происходит повышение водоотдачи бурового раствора. После введения в состав предложенной новой бактерицидной добавки



существующая бактериальная среда практически «затухает», уничтожение бактерий составляет 75,4- 89,1 %. Под действием прототипа же уничтожение бактерий низкое, составляет 50,7 %. Приведено сравнение свойств предложенного бурового раствора с прототипом и выявлено, что в отличие от прототипа, структурно-механические, коллоидно-химические, триботехнологические показатели предложенного бурового раствора характеризуются минимальной водоотдачей, статическим и динамическим напряжениями сдвига, минимальной условной и пластической вязкостью, а также глинистой корке данного бурового раствора свойственны минимальное трение и максимальное ингибирование (90,1-96,5%).

В процессе разрушения горной породы буровой раствор выполняет различные функции. Качество строительства скважин связано с правильным выбором типа бурового раствора и управлением его свойствами. В сложных горно-геологических условиях благодаря правильному подбору рецептуры бурового раствора можно снизить риск возникновения аварий и осложнений. Однако в процессе бурения используемый буровой раствор подвергается воздействию различных факторов. К числу таких факторов относится повышение температуры и давления по стволу скважины. Во избежание этих факторов по сегодняшний день разрабатываются и внедряются многочисленные химические реагенты и материалы. Отметим, что разбуиваемые пласты по химической природе разнообразны, и поэтому процесс разрушения горной породы справедливо считать физико-химическим процессом. Солевые породы вследствие легкой растворимости вызывают коагуляцию буровых растворов. Под действием минерализованной пластовой воды буровые растворы также коагулируют, их структурно-механические и фильтрационные свойства ухудшаются. Также установлено отрицательное воздействие микроорганизмов на свойства буровых растворов. При бурении жизнедеятельность целлюлозаразлагающих и других видов бактерий приводят к быстрому ухудшению технологических

свойств бурового раствора, которое выражается, в частности, в изменении реологических свойств и в повышении показателя фильтрации. Широкое применение в качестве бактерицидной добавки к буровым растворам нашли различные ингибиторы, к числу которых можно отнести реагенты Формальдегид, Гликоаль, ЛПЭ-11, Катамин, СНПХ-1004 и ряд других.

Представлял интерес исследование влияния нового бактерицид–ингибитора на реологические свойства водных суспензий и буровых растворов, отобранных из бурящихся скважин морских месторождений Азербайджана. В частности, исследовались влияния полимеров и композиций полимеров с бактерицидом на стабилизирующие свойства 15 %-ной водной суспензии гидрослюдистой глины, приготовленной на морской воде. Исследуемая суспензия, которая имела водоотдачу  $13,5 \text{ см}^3$  при значениях пластической вязкости  $18,0 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ , стабилизировалась, в одном случае с добавлением 0,75 % КМЦ-350, а в другом с КМЦ-600. После добавок полимеров значение водоотдачи снизилось, соответственно до  $6,0 \text{ см}^3$  и  $3,0 \text{ см}^3$ , а за счет композиций до  $5,8$  и  $2,4 \text{ см}^3$ . В течение 30 дней была изучена "память", а именно, сохранение стабилизирующего эффекта в растворе. При температуре  $50^0 \text{ C}$  через каждые сутки определялась водоотдача с использованием фильтр–пресса OFITE НТНР. В течение первых 6-ти дней исследуемый показатель водоотдачи менялся с небольшим отклонением  $\pm 0,5$  от первоначального значения, соответствующего стабилизированному показателю с помощью КМЦ-350. После этого было установлено, что в результате деструкции полимера произошло увеличение водоотдачи суспензии.

Аналогичные опыты проводились с композицией, состав которой состоял из полимера с 0,5 % бактерицидом. Процесс сохранения стабилизирующего эффекта наблюдался в течение 15-ти суток, после чего было замечено небольшое увеличение водоотдачи с отклонением от исходного значения. В опытах, проведенных с КМЦ-600, были получены результаты, из которых видно, что после 19 суток происходила деструкция полимера, которая соответствовала увеличению водоотдачи

суспензии. А в стабилизированной суспензии с композицией КМЦ-600 и бактерицида сохранение значения водоотдачи носил стабильный характер в процессе всего периода исследований. Таким образом, введение нового бактерицида обеспечивает поддержание стабилизирующих свойств полимерного реагента в буровом растворе. Это тесным образом связано, в первую очередь, подавлением целлюлозаразлагающих бактерий в исследуемой среде.

Известно, что на величину и скорость набухания глин оказывает влияние ряд факторов. В отличие от других горных пород глинистые породы при набухании способны к самопроизвольному диспергированию. Чем выше степень дисперсности, тем больше скорость и величина набухания. Представлял интерес исследование ингибирующей способности композиции полимера с разработанным бактерицид-ингибитором в буровом растворе. В качестве композиции были исследованы КМЦ-350 с 0,5 % бактерицидом и КМЦ-600 с той же концентрацией бактерицида, а также полимерные реагенты без бактерицида. Опыты показали, что наибольшее снижение набухания имеет место при концентрациях полимеров до 0,45–0,5 %. С ростом концентрации выше указанных, эти изменения менее значительны. Выявлен синергизм действия полимера с бактерицидом, механизм которого можно объяснить тем, что присутствие бактерицида в коллоидном растворе способствует усилению физико-химического взаимодействия полимера с поверхностью частиц глинистых минералов. Адсорбируясь на глине бактерицидно-полимерный комплекс, модифицирует ее поверхность и предотвращает процесс набухания. Таким образом, установлено, что наряду с управлением структурно-механическими, фильтрационными свойствами глинистых суспензий и буровых растворов, предложенный бактерицид выполняет функцию активного ингибитора в процессе набухания глин.

В работах отечественных и зарубежных специалистов, занимающихся разработкой и внедрением новых буровых работ показаны, что на месторождениях с углеводородными запасами,

и особенно, в пластовых флюидах содержатся огромное количество сульфатных бактерий. Эти бактерии наносят огромный ущерб используемым буровым растворам. Заражение буровых растворов совокупностью микроорганизмов, как аэробных, так и анаэробных ухудшает их реологические свойства, приводит к коагуляции, к расслоению. С целью нейтрализации этих бактерий в буровые растворы вводят специальные антисептики для защиты реагентов от микробиологической деструкции. Несмотря на широкий ассортимент бактерицидных реагентов, их использование сопровождается определенными ограничениями. Это в первую очередь связано с гигиеническими и экологическими запретами на применение этих реагентов. С целью исследования бактерицидных свойств предложенного реагента были проведены лабораторные анализы, начальной стадией служила подготовка к отбору проб. Количество СВБ было определено методом предельных разведений путем высева, отобранного бурового раствора из бурящийся скважины №341, на среду Постгейта. Скорость коррозии определяли гравиметрическим методом с учетом потери веса образца, ее площади поверхности и времени испытаний. Защитное действие бактерицид-ингибитора рассчитывали, учитывая скорости коррозии до и после введения реагента в концентрациях 0,1-0,8%. Для каждой концентрации были проведены три параллельных испытаний, результаты которых сравнивались с контрольной пробой. На основе проведенных исследований было установлено, что наибольшее подавление СВБ наблюдались при концентрации реагента 0,5%. Далее было рассмотрено влияние бактерицидного реагента на свойства полимерлигносульфонатного бурового раствора с различным содержанием твердой фазы. Были исследованы реологические свойства буровых растворов, приготовленных на морской воде. Содержание твердой фазы в исследуемых средах составляло 8–22%-ов. Исследовалось влияние добавок бактерицида на приготовленные растворы в концентрациях 0,1-0,8%. Выявлено, что с добавлением разработанного реагента наблюдается

интенсивное снижение значения динамического напряжения сдвига буровых растворов. Эта тенденция особенно заметна при увеличении концентрации реагента до 0,5%. Исследовано изменение коэффициента трения фильтрационной корки от содержания бактерицид-ингибитора в буровом растворе. Установлено, что реагент А-G-2014 придает раствору дополнительные смазывающие свойства, что очень важно в процессе работы долота и бурильной колонны.

Изучено изменение водоотдачи коллоидной суспензии, содержащей 18% натриевой бентонитовой глины, стабилизированной с полимером СМС (США) и композицией полимера с бактерицидом. При исходной водоотдачи 21,0 см<sup>3</sup> за 30 мин. после добавки реагентов исследуемый показатель резко падает. В течении трех недель этот показатель повторно замерялся в лабораторных условиях в стабилизированных суспензиях и наблюдалось повышение водоотдачи. Однако, применяемый бактерицид несколько усиливал стабилизирующее действие исследуемого полимера.

Стендовые испытания бурового раствора, обработанного разработанным бактерицидом в оптимальной концентрации 0,5 % проводились в лабораторных условиях на трубных сталях марок Ст-3 и Е при температуре 80<sup>0</sup> С. Исследовались бактерицидные и ингибирующие свойства бурового раствора. Выявлено, что новый бактерицид-ингибитор подавляет развитие сульфатвосстанавливающих бактерий в обработанном различными химическими реагентами утяжеленном буровом растворе, замедляет скорость коррозии на 80,1-91,4 % при подавлении роста и развития СВБ.

Также проведены экспериментальные исследования бактерицидного воздействия реагентов на цементно-бентонитовую смесь, стабилизированного Крахмалом, который широко применяется в России и США, а также управление реологическими и технологическими свойствами данного состава. Сначала, в качестве бактерицидного реагента в экспериментах был использован бактерицид многофункционального назначения «АТREN-Био» марки А.

Ранее проведенными исследованиями выявлено, что при воздействии плесневых грибов наблюдается микробиологическая коррозия буровых труб и бурового оборудования. Данный бактерицид предназначен для подавления роста СВБ, которые вызывают коррозионные процессы буровых оборудований, а также ухудшение свойств бурового раствора. Был проведен анализ самого широко распространенного плесневого гриба вида *Aspergillusniger* из рода *Aspergillus*. В анализе, было выявлено воздействие бактерицида «АТREN-Био» на плесневые микроорганизмы на молекулярном уровне.

Посев *Aspergillusniger* осуществлялся на среде Сабуро. Посев колоний на стерилизованной среде осуществлялся с использованием Дригальски шпателя. Цементные образцы наносились на среду толщиной, равной толщине среды (4 мм). Для проведения анализа использовались следующие образцы:

- портландцемент марки «G» + бентонит + вода (контрольный образец);
- портландцемент марки «G» + бентонит + бактерицид АТREN-Био+ вода (обработанный образец).

В термостате наблюдалась инкубация чашек Петри при температуре 25° С. На десятые сутки с образцов под слоем цементного–бентонитовой смеси с применением бактериальной петли снимался материал со среды обитания и осуществлялся ее посев на среду Сабуро. На двадцатые сутки на материале, взятом под слоем контрольного образца, было выявлено образование белого слоя колонии грибов, а на тридцатые сутки уже были обнаружены характерные черно–пигментированные колонии. При этом на материале, который был взят из-под слоя цементного–бентонитовой смеси, обогащенный бактерицидом «АТREN-Био» не было обнаружено образование колоний на среде Сабуро. Следует отметить, что данный бактерицид может быть использован для обработки буровых растворов, приготовленных на морской воде при концентрациях 0,15-0,25 %. Также были проведены опыты по влиянию бактерицидов на глинистую суспензию, стабилизированного 0,5 % крахмальным

реагентом. Исследуемая суспензия имела условную вязкость 42 сек, с водоотдачей  $22,5 \text{ см}^3$  за 30 минут.

Дальше образец суспензии выдерживали при температуре  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  для развития микрофлоры. Аналогичные опыты были проведены с этой же суспензией, обработанным как крахмальным реагентом 0,5 %, так и бактерицидом «ATREN-Био». После введения бактерицида условная вязкость суспензии понизилось до значения 54 сек, а показатель фильтрации – до значения  $14,5 \text{ см}^3$  за 30 минут. Применяв метод на биолуминометре, определялся показатель люминесценции, который расценил степень токсичности по сравнению со стандартным образцом. 10-ти недельные анализы исследуемых параметров позволили заключить нижеследующий вывод: если в исходной суспензии, стабилизированном крахмалом, без бактерицида общее микробное число при показателе люминесценции 78,3 %, в 1 мл раствора составляет  $12,3 \times 10^8$ , то в среде с бактерицидом наблюдается полное подавление сульфатовосстанавливающих бактерий и снижение показателя люминесценции до 70 %.

Сравнительные анализы бактерицидных свойств также были проведены такими бактерицидами, как MICIDE и Гликосаль. После введения в исходную суспензию MICIDE общее микробное число понизилось до  $5,1 \times 10^6$ , а под действием Гликосаля – до значения  $2,4 \times 10^5$ . Таким образом, активность бактерицидов можно представить в следующей последовательности по эффективности их действия:

ATREN-Био > Гликосаль > MICIDE

Таким образом, проведенные опыты основательно подтверждают целесообразность применения бактерицидных реагентов в процессе приготовления буровых и глинисто-цементных растворов. Установлено, что бактерицидные ингибиторы в течение длительного времени поддерживают исходные реологические показатели суспензии.

**Третья глава** диссертационной работы посвящена исследованию влияния типов буровых растворов на антикоррозионные свойства бурового оборудования. На

сегодняшний день известны различные технологические подходы, направленные на защиту металла при строительстве скважин. Классифицируя те или иные технологии можно выявить факторы, которые требуют пересмотра уже имеющихся представлений в решении данной проблемы. Особенно необходимо учитывать экологические и экономические факторы в решении этих проблем. Главная сложность, возникающая при этом заключается в научно–обоснованном подборе антикоррозионного реагента или композиции. В целом, процесс активации коррозии наиболее интенсивно происходит в среде тионовых бактерий. Эти бактерии в основном размножаются в среде микроорганизмов. Разновидности тионовых бактерий, а именно *T. Thioparus*, *T. Dentrificuns*, *T. Thiooxidans*, *T. Ferrooxidans*, *T. Novellus* являются характерными разновидностями этих бактерий. Анаэробная коррозия в среде буровых растворов происходит за счет сульфатредукционных бактерий (СРБ). Данные бактерии активизируются за счет минералогического состава воды. Также СРБ могут входит в состав пластовой воды, которая при попадании в состав бурового раствора изменяет его свойства. Следует отметить, что на развитие СРБ серьезное влияние оказывают как температура, так и рН среды. Так, при температуре 2-85 °С и при рН 5,0-10,0 наблюдается развитие СРБ. От жизнедеятельности СРБ образуется  $H_2S$ , который является главным источником процесса коррозии бурового оборудования. В связи с этим, весьма актуально подавление развития бактерий в коллоидном растворе.

Анализ выполненных работ указывает на целесообразность проведения новых экспериментальных исследований с учетом типов буровых растворов, применяющихся при бурении. Была поставлена задача по изучению влияния разработанных новых бактерицидных композиций на буровые растворы, в связи, с чем была предложена методика оценки коррозионных свойств буровых растворов. В процессе бурения глубоких скважин циркулирующий буровой раствор находится в тесном контакте с



различными породами. Соли, содержащиеся в этих породах, как и весь шлам коренным образом меняет структурно-механические и коллоидно-химические свойства бурового раствора, на восстановление которого требуется большое количество реагентов и материалов. А если учесть, что процесс регенерации бурового раствора является энергоемкой технологией, то весь цикл очистки и обработки бурового раствора может привести, как к энергетическим, так материальным расходам. С целью оперативной оценки агрессивности среды был использован лабораторный прибор Монитор-2М, являющимся индикатором скорости коррозии стального металла в среде бурового раствора. Данный прибор используется с датчиком, имеющий два электрода. Значения скорости коррозии электродов датчика измеряются в мм/год и охватывает широкий диапазон измерений от 0,001 до 10,0 с погрешностью измерений не более пяти процентов. С интервалом 65 сек можно получить достоверную информацию об исследуемом показателе.

В качестве исходного раствора была использована глинистая суспензия бентонитовой глины, приготовленная на морской воде. Содержание бентонита в растворе составляло 22%-ов. Для стабилизации водной суспензии использовали КМЦ 350, а в качестве понизителя вязкости ФХЛС. Составы обрабатывались бактерицид-ингибиторами, затем оценивался показатель коррозии. В качестве бактерицид-ингибитора был предложен новый состав (А-Г 2016), состоящий из полипропиленгликоля (ППГ) с металлическими наночастицами меди, размеры, которых составляли 40-60 нм. Используемый металл наночастиц характеризовался насыпной плотностью 5000 кг/м<sup>3</sup>, молярной массой 150– 4500 г/моль, плотностью 1002– 1020 кг/м<sup>3</sup>.

Было выявлено, что бактерицид-ингибиторы существенно снижают коррозионную активность исследуемого бурового раствора. Исследования показали, что полимерные растворы и растворы на нефтяной основе также подвержены деструкционным процессам за счет бактерий, в связи с чем

теряют свою стабильность, имеют ограничения для повторного использования, а их дальнейшее восстановление требует больших затрат времени и материальных ресурсов. В частности, водная фаза бурового раствора обуславливает электрохимический характер коррозии бурового оборудования. С увеличением этой фазы повышается скорость коррозионного поражения металла. Вследствие электрохимического гетерогенного взаимодействия соледержащих компонентов бурового раствора с металлом, коррозия приводит к самопроизвольной деструкции поверхности последнего.

С целью изучения коррозионной активности различных буровых растворов были проведены серии экспериментальных исследований с применением стали марки Ст.3. В качестве буровых растворов были использованы высокоминерализованные коллоидные суспензии, обработанные буровые растворы и безглинистые соляные растворы бромида кальция. Отметим, что соляной раствор бромида кальция является активным источником коррозии металла. Однако, благодаря водному раствору бромида кальция можно получить растворы с высокой плотностью, которые в свою очередь, могут заменить буровые растворы с высокой плотностью, применяемых в качестве перфорационных жидкостей при освоении продуктивных горизонтов с аномально высокими пластовыми давлениями.

Опыты осуществлялись согласно методике для получения оценки скорости коррозии металла. Исследования проводились при 90° Сс использованием пластинок стали размерами 1,5x1,5x1,5 см, которые предварительно были отшлифованы, помещены на 2 часа в эксикатор с дальнейшим взвешиванием с точностью 0,00001 г. Образцы на специальных держателях из фторопласта были помещены в стаканы, вставленные в обойму, которая была закреплена на мешалке. Обойма вращалась с частотой 200 мин<sup>-1</sup> и была помещена в термостат, нагретый до заданной температуры. Пластинки после опыта отмывались водой, выдерживались в эксикаторе и взвешивались, а затем скорость коррозии была рассчитана по формуле. Были

исследованы коррозионные свойства хлоркалиевого, хлоркальциевого, полимерлигносульфонатного, полимерэмульсионного буровых растворов, а также перфорационной жидкости бромида кальция ( $\text{CaBr}_2$ ). Средняя скорость коррозии определялась по результатам замеров, осуществляемых в течение шести часов. Данный метод основан на определении изменения массы образца после воздействия буровым раствором. В этом случае при воздействии агрессивной среды – бурового раствора, взвешивают исследуемый образец и определяют потерю массы металла.

В первом случае было исследование влияние хлоркалиевого бурового раствора на металл Ст3. Для данной среды средняя скорость коррозии составила  $0,35 \text{ г/м}^2\cdot\text{ч}$ , для хлоркальциевого бурового раствора  $0,54 \text{ г/м}^2\cdot\text{ч}$ . Также были исследованы полимерлигносульфонатный и полимерэмульсионный растворы, для которых характерно значение скорости коррозии  $0,72$  и  $0,18 \text{ г/м}^2\cdot\text{ч}$  соответственно. Выявлено, что полимерлигносульфонатный буровой раствор является наиболее агрессивной средой для исследуемого металла, однако, насыщенный раствор бромида кальция практически не уступает по агрессивным свойствам полимерлигносульфонатному буровому раствору.

**Четвертая глава** посвящена испытанию, а затем внедрению разработанных технологий в применяемых буровых растворах на месторождениях Азербайджана. С этой целью, из бурящихся скважин месторождений суши и моря Республики, были отобраны пробы, циркулирующих буровых растворов скважин. В качестве объектов исследований были представлены буровые растворы месторождений «Саадан», «Дарвин Банкасы», «Нефт Дашлары» и «Гюнешли». К примеру, буровой раствор скв. № 1820 площади «Саадан» характеризовался неуправляемыми структурно-механическими и коллоидно-химическими свойствами, имел плотность  $1374 \text{ кг/м}^3$ , нетекучую вязкость. Значения статического напряжения сдвига  $\text{CHC}_{1-10}$  за 1 и 10 минут были очень высокими, а водоотдача составляла  $5,5 \text{ см}^3$  за 30 мин, с толщиной фильтрационной корки

3,0 мм, рН=8,2. Реологические показатели бурового раствора также были высокими, пластическая и эффективная вязкость составляли 46,0 мПа·с и 23,8 мПа·с соответственно, а динамическое напряжение сдвига 210,6 дПа. Также был исследован коэффициент трения фильтрационной корки, значение которого составляло 0,1228. Учитывая неуправляемость циркулирующего бурового раствора, было принято решение об использовании понизителя вязкости ФХЛС в комбинации с бактерицид-ингибитором А-Г 2016 и предложена композиция, состоящая из 10 % ФХЛС с бактерицид-ингибитором А-Г 2016. Из 10 %-ого ФХЛС в буровой раствор добавлялось 5 %, а также 1 % бактерицидный реагент. В результате условная вязкость из не текучего состояния снизилась до 100 сек, СНС<sub>1-10</sub> составило 57-128 дПа, водоотдача снизилась до значения 5,0 см<sup>3</sup> в течении 30 мин. Снижение водоотдачи произошло за счет А-Г 2016, и данный бактерицид-ингибитор усилил действие реагента ФХЛС за счет синергетического эффекта. Была замерена толщина фильтрационной корки и значение ее трения. Было выявлено, что толщина фильтрационной корки практически мало изменилась (2,9 мм), а коэффициент трения достаточно уменьшился и составил 0,0875. Также были исследованы реологические показатели и наблюдалось понижение значений пластической вязкости до 24,0 мПа·с, эффективной вязкости до 13,6 мПа·с, а динамического напряжения сдвига до 127,2 дПа. Комбинация бактерицид-ингибитора А-Г 2016 с ФХЛС привела к положительным результатам на примере бурящейся скважины.

Буровой раствор скважины № 670 площади «Дарвин Банкасы» характеризовался плотностью ( $\rho$ ) = 1395 кг/м<sup>3</sup>, условной вязкостью 100 сек, СНС<sub>1-10</sub> 135-141 дПа, значением водоотдача 9,1 см<sup>3</sup>/30 мин, толщиной фильтрационной корки 2,5 мм и значением рН = 8,8. Пластическая вязкость составила 16,0 мПа·с, эффективная вязкость 17,3 мПа·с, динамическое напряжение сдвига 206 дПа, а коэффициент трения фильтрационной корки 0,1051. Из 10 %-ого ФХЛС в объеме 5 % было добавлено в раствор с 1 %-ым А-Г 2016. В результате чего

условная вязкость резко снизилась до 36 сек, СНС<sub>1-10</sub> снизился до 63-81 дПа. Было наблюдаено снижение водоотдачи до 8,6 см<sup>3</sup> за 30 мин, тем самым уменьшение толщины фильтрационной корки до 2,0 мм. При этом коэффициент трения фильтрационной корки также понизился до значения 0,0875. Пластическая и эффективная вязкость, а также динамическое напряжение сдвига полностью были отрегулированы и составили 12 мПа·с, 10 мПа·с и 113 дПа соответственно. Предложенная рецептура дала положительные результаты и на примерах буровых растворов скв. № 1887 площади «Нефт Дашлары» и скв. № 341 площади «Гюнешли».

Рецептура бурового раствора на основе бактерицидного реагента была внедрена на бурящейся скв. № 1241 площади «Пираллахи», который бурилась с эксплуатационной целью продуктивного горизонта и характеризовалась сложными литолого-стратиграфическими особенностями. Состав бурового раствора состоял из бентонитовой глины, полимера, лигносульфоната, каустической соды, смазывающей композиции, бактерицидного реагента. На приготовление 1 м<sup>3</sup> бактерицид полимерного бурового раствора было потрачено 60 кг бентонитовой глины, 5,5 кг полимера, 50 кг понизителя вязкости, 5 кг каустической соды, 2 литра наноструктурированного бактерицидного реагента, а также воды. В дальнейших этапах бурения, добавлением до 2,5%-ов нефти с графитом, улучшались смазывающие свойства бурового раствора по сравнению с исходным.

Во время проведения мероприятия было достигнуто поддержание плотности бурового раствора в пределах 1190-1200 кг/м<sup>3</sup> с соблюдением коллоидно-химических и структурно-механических показателей. В частности, водоотдача бурового раствора не превышала 3,0 см<sup>3</sup>/30 мин., условная вязкость 50 с, СНС<sub>1-10</sub> 15-30 дПа, а рН находился в значении 9,0. При этом коэффициент тиксотропии находился в пределах 1,52-1,74, позволяющий удовлетворительный вынос выбуренных пород на поверхность скважины. Аварии и осложнения не произошли в

процессе проведения мероприятия. Таким же успехом внедрение было осуществлено и на скв. 1255 пл. “Пираллахи”.

С использованием регрессионного анализа и обработкой промысловых данных получено уравнение, из которого выявлено, что такие параметры бурового раствора, как водоотдача, коэффициент тиксотропии и пластическая вязкость наиболее существенно повлияли на механическую скорость бурения во время проведения внедрения, чем плотность бактерицид-полимерного бурового раствора.

Так же с использованием критерия Тейла были оценены адекватности модели Шведова-Бингама, Оствальда и Гершеля-Балкли, которые составили соответственно 0,029426, 0,055176 и 0,032699. Расчеты показали, что модели Шведова-Бингама и Гершеля-Балкли наилучшим образом описывают природу исследуемого бурового раствора, чем модель Оствальда.

## **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Разработаны новые наноструктурированные бактерицид-ингибиторы, позволяющие наряду с регулированием структурно-механических и коллоидно-химических свойств буровых растворов, обеспечить защиты полимерных реагентов от биологической деструкции и металла от коррозии.

2. Установлено, что предложенные бактерицид-ингибиторы в синергизме с полисахаридными полимерами адсорбируясь на глине, модифицируют ее поверхность и предотвращают процесс набухания, тем самым проявляя высокие ингибирующие способности.

3. Разработан новый состав бактерицид-полимерного бурового раствора с регулируемым показателем для бурения потенциально неустойчивых глинистых отложений и вскрытия продуктивных пластов.

4. Проведены сравнительные анализы бактерицид-ингибиторов в среде различных типов буровых растворов и выявлена их активность. Установлено, что исследуемые

бактерицид-ингибиторы можно представить в следующей последовательности по эффективности их действия:

АТREN-Био>Гликосаль >MICIDE

5 Проведены исследования по влиянию бактерицид-ингибиторов на свойства растворов на нефтяной и полимерной основах, с целью изучения их активностей. Установлено, что хлоркалийевые, хлоркальциевые, полимерлигносульфонатные, полимерэмульсионные буровые растворы и перфорационная жидкость бромида кальция являются потенциальными источниками коррозии металла марки Ст-3, а за счет введения в состав наноструктурированных бактерицид-ингибиторов можно существенно понизить указанный отрицательный фактор.

6. Предложенные бактерицид-ингибиторы испытаны на примерах буровых растворов скв. № 1820 пл. «Саадан», скв. № 670 пл. «Дарвин Банкасы», скв. № 1887 пл. «Нефт Дашлары» и скв. № 341 пл. «Гюнешли». Рецептатура бактерицид-полимерного бурового раствора без аварий и осложнений была внедрена на скв. № 1241 и 1255 пл. «Пираллахи». Экономический эффект составил 38163,13 манат.

### **Основные положения диссертации опубликованы в следующих печатных работах:**

1. Искендерзаде, А.Э. Разработка и исследование нового бактерицида для управления свойствами буровых растворов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, - 2014. №6, - с. 17-20;

2. Искендерзаде, А.Э. Новые возможности бактерицидной защиты в нефтегазовом деле / 4-ый Международный молодежный научно-технический семинар «Актуальные вопросы разработки нефтяных оторочек на газовых и газоконденсатных месторождениях» Москва, - 4 июня 2014 г;

3. Искендерзаде, А.Э. О некоторых факторах, влияющих на стабильность буровых растворов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, - 2014. №8, - с. 40-42;

4. Искендерзаде, А.Э. Разработка и исследование полимер-эмульсионного бурового раствора // Строительство

нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2015. №1, - с. 33-36;

5. Искендерзаде, А.Э. Разработка эффективных подходов для улучшения антикоррозионных свойств буровых растворов // Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Texniki Universiteti, “Elmi əsərlər”. – Bakı. - 2016, №4, - s. 34-37;

6. Isgandarzada, A.E. Biological degradation process research in drilling fluids environment / X International Conference «Global Science and Innovation», Chicago, USA, March 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup>, - 2017;

7. Искендерзаде, А.Э. Наноструктурированные бактерицид-ингибиторы для подавления биодеструкций в бурении / Azərbaycan xalqının Ümummillî Lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda respublika elmi-texniki konfransının materialları. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Texniki Universiteti. 2017. - s. 394-395;

8. Искендерзаде, А.Э. Опыт испытаний бактерицид-ингибитора на примере буровых растворов Азербайджана // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Gəncə bölməsi “Xəbərler məcmuəsi”. - Gəncə: Elm. - 2017. №3 (69), - s.67-71;

9. Искендерзаде, А.Э. Испытание наноструктурированного бактерицид-ингибитора на буровых растворах Азербайджана // Аппарат Президента Республики Татарстан, Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан ФГБУ Российская академия наук, ГНБУ «Академия Наук Республики Татарстан», ПАО «ТАТНЕФТЬ» им. В.Д. Шашина, ЗАО «НЕФТЕКОНСОРЦИУМ», Казанский Филиал ФБУ «ГКЗ», ОАО «Казанская Ярмарка» “Горизонтальные скважины и ГРП в повышении эффективности разработки нефтяных месторождений”, 6-7 сентября 2017. - с. 187-188.

10. Kazımov, E.A., İskəndərzadə, A.E. Patent. İxtira İ 2019 0045. Qazma məhlulu. İddia sənədinin nömrəsi a 2014 0052. İlkinlik tarixi: 20.05.2014. Dövlət reyestrində qeyd olunub: 06.09.2019.



11. Азизова, А.Э. Совершенствование рецептур буровых растворов на основе реагентов бактерицид – ингибиторов в процессе бурения скважин. Международный Издательский Дом «Вектор». Баку, 2021. 180с.

Личный вклад, внесенный соискателем:

- работы (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11) - выполнены самостоятельно;
- работа (10) – проведение экспериментальных исследований, обработка полученных результатов.

Защита диссертации состоится « 30 » июня 2021 года в 11<sup>00</sup> на заседании Диссертационного совета ЕД 2.03, действующего на базе Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Адрес: AZ 1010, Баку, ул. Д. Алиевой, 227.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Электронная версия диссертации и автореферата размещена на официальном сайте Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Автореферат разослан по соответствующим адресам

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 года.  
(день) (месяц) (год)

Подписано в печать: 21 мая 2021 г.

Формат бумаги: А5

Объем: 38122 знаков

Тираж: 70 экземпляров