

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе 8D07210 – Нефтегазовое дело

ЖАЙЛИЕВА АБАТ ОРАЗУЛЫ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Актуальность темы. Месторождение Морское, включая блок Огайское, характеризуется сложным строением, обусловленным особенностями осадконакопления, разнообразием литотипов и их взаимным расположением. Керн, полученный при бурении, дает возможность изучить литологический состав и физико-механические свойства пород – такие как пористость и проницаемость, что напрямую влияет на оценку продуктивности и экономической целесообразности разработки. Лабораторные исследования керна, включая определение пористости, проницаемости и минералогического состава, позволяют уточнить геологическую модель и повысить точность оценки ресурсной базы. Комплексное изучение физико-литологических характеристик пород месторождения Морское и блока Огайское способствует разработке оптимальных технологических решений и снижению рисков, связанных с освоением залежей.

Таким образом, исследование физико-литологической структуры пород в пределах месторождения Морское, включая блок Огайское, на основе лабораторного анализа керна, является неотъемлемой частью системного подхода к его освоению. Это позволяет максимально эффективно использовать ресурсный потенциал месторождения при минимизации экологических последствий.

Важную роль в изучении региона сыграли отечественные и зарубежные ученые и производственники: Сатпаев К.И., Губкин И.М., Алиев А.А., Гулиев А.К., Велиев Ф.Р., Ахмедсафин У.М., Махамбетов К.М., Ержанов Е.Е., Абдуллин А.А., Жолтаев Г.Ж., Абетов А.Е., Кадиров Ф.А., Гурбанов В.Ш., Юлдашева М.Г., Абдуллаев, Богданов, Князев, Узиков, Тогаев И.С., Маслов В.В., Горюнова Л.Ф., Гибшман Н.Б., Калменов М.Д., Бабаджанов Т.Л., Абидов Н., Акрамходжаев А.М., Авазходжаев Х.Х., Лабутина Л.И., Толстов С.П., Галкин Л.Л., Самашев З.С. и другие. Их работы позволили значительно продвинуться в понимании нефтегазового потенциала месторождения Морское, однако для окончательного обоснования перспективных зон требуется дальнейшее изучение глубинных структур, разработка новых методик геолого-геофизического анализа и применение передовых технологий разведочного бурения.

Современное развитие нефтегазодобычи связано с вовлечением трудноизвлекаемых запасов и освоением участков с высокой геолого-технической сложностью, к которым относится месторождение Морское и блок Огайское. Для таких объектов характерны неустойчивые породы, повышенные градиенты пластового давления, наличие водо- и глинистых интервалов, склонных к набуханию и обрушениям, что существенно усложняет процесс бурения.

В этих условиях возрастают требования к качеству и стабильности бурового раствора, обеспечивающего удержание стенок скважины, вынос шлама и регулирование пластового давления. Отклонения его плотности способствуют поглощениям, прихватам и обвалам. Между тем на большинстве буровых площадок контроль плотности осуществляется периодически и вручную, что не позволяет оперативно реагировать на изменения в стволе скважины.

Это обуславливает необходимость перехода к непрерывному автоматизированному мониторингу плотности с возможностью оперативного анализа данных. Разработка и внедрение системы измерения в реальном времени соответствует задачам цифровизации

бурения, повышает безопасность, снижает аварийность и обеспечивает адаптивное управление технологическим процессом. Внедрение такой системы на месторождении Морское и блоке Огайское является технически и экономически целесообразным решением для повышения эффективности и надежности буровых работ.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является повышение эффективности бурения и освоения скважин в сложных геологических условиях за счет внедрения системы для автоматического измерения плотности бурового раствора в реальном времени, обеспечивающей:

- своевременный и точный контроль плотности бурового раствора;
- оперативное принятие решений по корректировке рецептуры и технологии обработки бурового раствора;
- снижение риска осложнений и нештатных ситуаций в процессе бурения;
- сокращение времени на бурение и освоение скважин;
- обеспечение безопасности производственных процессов и устойчивости ствола скважины.

Задачи исследования:

1. Провести анализ геолого-физических и литологических характеристик продуктивного разреза на основе изучения керна и интерпретации геофизических данных для определения особенностей, влияющих на выбор и параметры бурового раствора.

2. Изучить современные методы контроля плотности бурового раствора, выявить их ограничения при работе в условиях нестабильных пород и определить целесообразность внедрения автоматизированных систем мониторинга плотности.

3. Исследовать влияние плотности бурового раствора на устойчивость стенок скважины и технические параметры бурения в условиях геолого-технических осложнений.

4. Разработать структурно-функциональную модель системы автоматического измерения плотности бурового раствора, адаптированную к условиям рассматриваемого месторождения.

5. Провести лабораторные и опытно-промышленные исследования работы системы, определить точность, стабильность и надежность ее функционирования при различных режимах бурения.

6. Оценить технико-экономическую эффективность применения автоматизированной системы по сравнению с традиционными методами контроля в условиях конкретного месторождения.

7. Разработать методические рекомендации по внедрению системы автоматического мониторинга плотности бурового раствора на аналогичных по геолого-техническим характеристикам объектах.

Объект исследования – являются процессы бурения и освоения скважин на месторождении Морское, включая блок Огайское, и функционирование циркуляционной системы бурового раствора, в условиях сложных геолого-технических факторов.

Предмет исследования – плотность бурового раствора, методы ее измерения и мониторинга в реальном времени, а также ее влияние на устойчивость ствола скважины и общую эффективность бурения.

Методы исследования - в работе применен комплекс методов, направленных на повышение эффективности бурения в сложных геологических условиях за счет внедрения автоматизированной системы контроля плотности бурового раствора в реальном времени.

Геолого-аналитические исследования включали анализ керна, данных ГИС и структурно-литологических характеристик продуктивных отложений с использованием петрографического анализа и интерпретации каротажных материалов для оценки пористости, проницаемости и глинистости пород. Лабораторные исследования бурового раствора охватывали определение его плотности, вязкости, pH и других физико-

химических параметров по стандартам ГОСТ и API, с сопоставлением ручных и автоматизированных измерений.

Для оценки влияния плотности на устойчивость ствола скважины применялись методы математического моделирования, включая модели механики разрушения пород и гидравлические расчеты. Комплексный подход позволил получить обоснованные результаты и разработать эффективную систему мониторинга свойств бурового раствора в реальном времени.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Фильтрационные свойства пород месторождения Морское и блока Огайское зависят литолого-фациального строения и степени развития трещиноватости и вторичной пористости, при которой отдельные интервалы характеризуются повышенной проницаемостью при умеренной пористости, что обуславливает высокую чувствительность разреза к изменению гидростатического давления и, как следствие, требует непрерывного оперативного мониторинга плотности промывочной жидкости для обеспечения устойчивости ствола и безаварийного бурения.

2. Изменение положения магнитного сердечника, обусловленное изменением плотности промывочной жидкости, приводит к монотонному увеличению индуктивности катушки при росте плотности, вследствие увеличения эффективной магнитной проницаемости магнитного контура.

3. При гидростатическом взаимодействии магнитного сердечника с промывочной жидкостью его положение в измерительной катушке однозначно определяется плотностью среды, что формирует физическую основу использования магнитного поля для измерения плотности промывочных жидкостей.

Научная новизна работы:

1. Разработана комплексная модель индуктивного измерения плотности, объединяющая электромагнитное моделирование катушки и гидродинамическое описание реального течения буровых растворов в измерительном канале.

2. Получены расчетные зависимости изменения индуктивности от плотности жидкости при типичных параметрах буровых растворов, что демонстрирует применимость индуктивного принципа для прямых полевых измерений плотности

3. Выполнен расчет гидравлических режимов неньютоновских буровых растворов с оценкой их влияния на пространственное распределение скорости в измерительном канале и корректность преобразования сигнала индуктивным датчиком

Обоснование новизны и важности полученных результатов: Новизна и важность полученных результатов подтверждается патентом на изобретение Республики Казахстан на систему для автоматического измерения плотности бурового раствора, позволяющее оперативно измерять плотность бурового раствора без непосредственного участия оператора.

Практическая ценность работы: Результаты работы могут быть применены в деятельности государственных и частных организаций, занимающихся бурением скважин, а также научных и проектных организаций, занимающихся вопросами бурения и освоения скважин. Реализация автоматизированного контроля плотности бурового раствора позволяет снизить аварийность, минимизировать осложнения при бурении (прихваты, поглощения, обвалы), а также сократить время простоя и общую продолжительность строительства скважины.

Связь с программными научными исследованиями: Диссертационная работа выполнялась в тесной связи с программными научными исследованиями, реализуемыми в рамках государственных и отраслевых программ развития нефтегазовой отрасли, направленных на цифровизацию и повышение эффективности технологических процессов бурения.

Разработка автоматизированной системы мониторинга плотности бурового раствора соответствует приоритетным направлениям государственной научно-технической

политики в области внедрения цифровых технологий и автоматизации производственных процессов, что отражено в таких программах, как: Программа цифровой трансформации нефтегазовой отрасли (например, «Цифровая нефть и газ 2030»); Государственная программа развития науки и технологий в сфере геологоразведки и добычи углеводородов; Отраслевые проекты по повышению безопасности и экологической устойчивости буровых работ.

В рамках данных программ особое внимание уделяется созданию интеллектуальных систем управления технологическими процессами, включая непрерывный мониторинг и анализ плотности бурового раствора, что обеспечивает повышение надежности и безопасности бурения.

Результаты работы интегрируются с существующими цифровыми платформами и системами управления производством, что обеспечивает их практическую применимость и соответствие современным тенденциям научно-технического развития в отрасли.

Таким образом, диссертация вносит вклад в реализацию ключевых задач программных научных исследований, направленных на цифровую модернизацию нефтегазового комплекса и повышение его конкурентоспособности.

Личный вклад автора:

Автор поставил цель и задачи исследования, разработал научную концепцию работы, основанную на анализе физико-литологических особенностей месторождения и современных методов контроля бурового раствора.

Лично разработал структурно-функциональную модель автоматизированной системы измерения плотности бурового раствора в реальном времени, включая выбор и обоснование состава датчиков, архитектуры аппаратно-программного комплекса и алгоритмов обработки данных.

Автор провел все основные экспериментальные исследования, включая лабораторные испытания и опытно-промышленные испытания системы на буровых площадках, анализировал полученные данные и оценивал эффективность разработанной системы.

Автор самостоятельно выполнил анализ результатов внедрения системы и подготовил все основные разделы диссертации, включая теоретическую и практическую части, а также оформил публикации по теме исследования.

Таким образом, вся ключевая научно-исследовательская и экспериментальная работа, представленная в диссертации, выполнена лично автором.

Достоверность полученных материалов: Достоверность результатов диссертации обеспечена применением современных методов исследований, сертифицированного оборудования и высокоточного измерительного инструментария. Лабораторные и опытно-промышленные испытания выполнялись в соответствии с действующими стандартами в области бурения и исследования буровых растворов, а полученные данные многократно воспроизводились в различных условиях, что минимизирует вероятность случайных и системных погрешностей.

Обработка результатов осуществлялась с использованием современных математических и статистических методов, обеспечивающих объективность выводов. Научная новизна и практическая значимость подтверждены экспертными отзывами и внедрением разработанной системы в производственную практику.

Таким образом, представленные материалы и выводы диссертации являются достоверными и могут быть использованы для дальнейших исследований и практического применения в области бурения скважин.

Апробация результатов работ и публикации:

В период с 28 апреля по 28 мая 2025 года пройдена научная стажировка в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова (г. Ташкент, Республика Узбекистан).

Основные результаты работы были доложены на расширенном заседании кафедры «Геология и нефтехимический инжиниринг».

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 8 научных трудах, в том числе: 2 статьи - в журналах, входящих в базы данных Scopus и Clarivate Analytics; 3 статьи - в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования (КОКНВО); 1 статья - в другом международном научном журнале; 2 статьи - в материалах международных научно-практических конференций.

В рамках выполнения задач диссертационной работы получен патент на изобретение «Система для автоматического измерения плотности бурового раствора», выданный Национальным институтом интеллектуальной собственности Республики Казахстан.

Объем и структура работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Общий объем работы составляет 143 страниц машинописного текста (уточняется по факту оформления), включая 40 рисунков, 20 таблиц и 11 приложений. Список использованных источников содержит 93 наименований.

Фактографическая база. Фактографическая база диссертационного исследования основана на материалах авторских исследований, опубликованных статьях и монографиях в отечественных и зарубежных изданиях, а также на фондовых отчетах, связанных с темой диссертации.

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Геология и нефтехимический инжиниринг» Каспийского университета технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова.