

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**Применение системы FLAIR на станции ГТИ в условиях Ванкорского
месторождения**
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5-ого курса 531 группы
направление 21.03.01 Нефтегазовое дело
профиль подготовки «Геолого-геофизический сервис»
геологического факультета
Дускалиева Хаиза Андреевича

Научный руководитель
Ассистент кафедры геофизики _____
подпись, дата

В.В. Тимофеев

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент _____
подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов, 2025

Введение. Технология геолого-технологических исследований включает в себя приборы для контроля основных параметров бурения: глубины скважины и долота, скорости проходки и ходов насоса (необходимых для отслеживания перемещения забойных пачек раствора и шлама). Все это можно увидеть в любом блоке каротажа сегодня, наряду с параметрами бурения, такими как нагрузка на крюк, вес на долото, крутящий момент на поверхности, давление циркуляции, расход потока бурового раствора. Таким образом, станция ГТИ является единственным местом на буровой установке, где вся буровая и геологическая информация видна и регистрируется.

Первоначально датчики представляли собой простые аналоговые устройства, такие как датчик высоты блока, который рассчитывал скорость бурения, используя изменения давления от бутылки со спиртом, прикрепленной к талевому блоку. Эти базовые измерения теперь заменены более точными и надежными цифровыми системами.

Инженеры постоянно отслеживают и анализируют данные датчиков. Все операции записываются и отображаются в виде диаграммы и рапорта. Это позволяет персоналу следить за операциями и выявлять изменения в тенденциях, которые могут указывать на проблемы.

По мере роста мониторинга операций это привело к развитию инженеров по данным — опытных буровых каротажников, которые перешли от «мокрой стороны», улавливая, подготавливая и исследуя шлам, к «сухой стороне» буровой установки, где они концентрируются на мониторинге оборудования и операций.

Поскольку они контролируют все операции на буровой установке, от забуривания, бурения, спускоподъемных операций до обсадки, цементированья и испытания скважины, инженеры по данным получают гораздо более широкое понимание операций на буровой установке, чем большинство инженеров сервисных компаний.

В последние годы необходимость сокращения числа людей на буровой площадке, особенно на шельфе, привела к росту удаленных операций. Благодаря использованию высокоскоростных соединений данных инженер по скважинным данным теперь может сидеть в офисе в городе или в удаленном операционном центре, работая в интегрированной команде с другими сервисными компаниями.

Основное содержание работы. Целью моей выпускной квалификационной работы является анализ применения системы анализа флюида в процессе бурения FLAIR на станции ГТИ в условиях Ванкорского месторождения.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

- 1) изучение геологического строения месторождения и продуктивных пластов;
- 2) анализ технологий ГТИ;
- 3) составление проектных мероприятий, повышающих качество проведения ГТИ.

Тема анализа повышения эффективности ГТИ изучена недостаточно, по причине того, что инновации в данной области находятся на стадии моделирования, проектирования и испытания.

Объект исследования – Ванкорское месторождение и технологии ГТИ. Месторождение находится на полуострове Таймыр, имеет опытный базис данных, хорошо применимо для инновационных технологий по причине сложного геологического строения и нестандартных технологий бурения.

Предмет исследования – диаграммы ГТИ, наземное оборудование ГТИ, технологии обработки и передачи информации.

Информационная база исследования - информация о новых разработках в области ГТИ, результаты исследований на скважинах Ванкорского месторождения, литература по скважинной геофизике.

Практическая значимость результатов – повышение уровня работы ГТИ, рост точности информации и скорости обработки данных, предотвращение аварий и инцидентов в процессе бурения.

Ванкорское нефтегазоконденсатное месторождение в административном отношении расположено на территории Туруханского и Дудинского районов Таймырского муниципального района Красноярского края. Районные центры п. Туруханск находится в 300 км к юго-западу от месторождения, г. Дудинка – в 140 км на северо-восток. В этом же направлении в 200 км расположен г. Норильск.

Эксплуатационное бурение на лицензионном участке ведется с 2006 года в соответствии с «Технологической схемой разработки Ванкорского месторождения». В данный момент действующим технологическим документом является «Дополнение к технологической схеме разработки Ванкорского месторождения».

В геологическом строении Ванкорского месторождения принимают участие метаморфические образования архейско-среднепротерозойского возраста, осадочные образования ранне-средне-позднепалеозойского и мезозойско-кайнозойского возраста. Глубоким бурением изучены только отложения мезозойско-кайнозойского возраста.

Сведения о строении более древних отложений носят гипотетический характер (геофизические исследования и аналогии с соседними территориями). Скважинами Ванкорского месторождения вскрыты юрские, меловые и четвертичные отложения. Причем юрские отложения вскрыты не в полном объеме, в самой глубокой скважине забой находится в вымских отложениях средней юры.

Ванкорское нефтегазоконденсатное месторождение приурочено к Большехетскому нефтегазоносному району Пур-Тазовской нефтегазоносной области территории Красноярского края.

Месторождение многопластовое: в отложениях мелового возраста выявлено семь продуктивных пластов, содержащих семь залежей. Из них

залежь Дл-I-III – газовая, залежи в пластах яковлевской свиты (Як-I, Як-II, Як-III-VII) газонефтяные; в средней части разреза установлены две чисто нефтяные залежи в пластах Сд-IX и Нх-I суходудинской и нижнехетской свит соответственно, в низах мелового разреза расположена нефтегазоконденсатная залежь пласта Нх-III-IV нижнехетской свиты.

Залежь пласта Дл-I-III газовая, пластовая сводовая, литологически экранированная. ГВК принят на абсолютной глубине – 976 м. Площадь газоносности составляет 208,7 км², средняя общая толщина пласта 44,5 м. Эффективная газонасыщенная толщина в скважинах варьируется от 3,4 м. до 38,5 м, составляя в среднем 12,2 м.

Скважины, пробуренные в 2011–2012 гг., свидетельствуют об усложнении геологического строения пласта Як-III-VII в северной части месторождения. Наблюдается более высокая расчлененность по сравнению с ожидаемой, и снижаются эффективные нефтенасыщенные толщины за счет появления локальных зон глинизации.

Для северной части месторождения характерно появление в прикровельной части пласта слаборадиоактивной пачки алевроито-глинистых пород. Пачка, по данным исследований керна, представлена переслаиванием аргиллитов и алевролитов, горизонтально слоистых, с тонкими (0,1–0,2 м) прослоями нефтенасыщенного песчаника и имеет пойменное происхождение. Для северной части месторождения ввиду площадного распространения данная пачка может служить репером, отделяющим пласты Як-IV и Як-III. Пласт Як-III на северном куполе месторождения представляет собой изолированную от нижележащих отложений песчаную нефтенасыщенную линзу выше принятого ГНК по пласту Як-III-VII (согласно данным испытаний MDT в скважине № 164, а также в результате испытания скважины № 540 из интервала перфорации а.о. от –1591 до –1596,8 м). Залежь Як-III нефтяная, сводовая, литологически экранированная, площадь залежи составляет 43,3 км²,

высота залежи 12 м, нефтенасыщенные толщины по данным ГИС изменяются от 0,2 м до 10,2 м, средневзвешенная толщина по залежи составляет 3 м.

Геолого-технологические исследования скважин в процессе бурения объединяют три самостоятельных направления: газовый каротаж, экспрессные петрофизические исследования, информационно-измерительные системы для процесса бурения. Эффективность и безопасность бурения скважин во многом определяется геолого-технологическими исследованиями, и за последние годы эти исследования качественно значительно возросли. Неоднократные результаты геолого-технологических исследований, открывающих новые залежи углеводородов в нестандартных ловушках и коллекторах. Отличительная структура геологических исследований в том, что по объектам исследования: керн, буровой шлам и промывочная жидкость, газ, мы получаем прямую геологическую информацию в изучаемом разрезе, что имеет особую инновационность и метод выбора технологии бурения. В зависимости от того, насколько точно получены и обработаны данные геолого-технологических исследований, зависит порядок вскрытия продуктивных пластов. Это, в свою очередь, влияет на эффективность и безаварийность бурения, а также на всю дальнейшую добычу месторождения. Геолого-технологические исследования в процессе бурения позволяют получать информацию более оперативно, чем классические геофизические методы.

Газовый каротаж в процессе бурения представляет собой совокупность трех ранее существовавших отдельных видов исследований – газового каротажа, экспресс-петрофизического анализа и измерений в процессе бурения. Эффективность и безопасность бурения во многом определяются качеством проведения газового каротажа, которое в последние годы играет все более важную роль. Во многих случаях

результаты газового каротажа помогли открыть новые залежи углеводородов в нетрадиционных коллекторах.

Новые технологии датчиков прокладывают путь к улучшению производительности бурения и повышению ценности данных, извлекаемых из бурового раствора.

Технология ГТИ, о которой пойдет речь, сосредоточена на двух основных областях: оценка пласта и поддержка бурения.

Услуги по оценке пласта теперь выходят за рамки анализа пород и флюидов для определения литологии и потенциальных продуктивных зон. Для предоставления передовых методов отбора проб бурового газа и хроматографии компания Schlumberger разработала услугу регистрации и анализа флюида FLAI2 для оценки геологических условий на скважине. Услуги поддержки бурения обеспечивают уровень анализа данных о поверхности, выходящий за рамки базовых услуг мониторинга давления, для повышения безопасности и оптимизации буровых работ.

Услуга PreVue Real-Time Geopressure ServiGe предназначена для снижения рисков осложнений ствола скважины, потерь бурового раствора и других проблем со скважиной. А услуга поддержки и анализа буровых работ Thema обеспечивает актуальный анализ механики бурения, состояния скважины и производительности буровой установки.

Расширенный газовый каротаж бурового раствора FLAIR — за последние 10 лет достижения в технологии газового каротажа значительно улучшили качество и полезность данных оценки пласта на буровой площадке. Сегодня газовая хроматография высокого разрешения и масс-спектрометрия предоставляют данные и возможности интерпретации, которые позволяют проводить количественную оценку ключевых параметров пласта. Каротаж и анализ флюида FLAIR в режиме реального времени дает раннюю информацию, касающуюся состава флюида пласта. Интеграция данных FLAIR с данными, полученными с

помощью других методов оценки пласта, позволяет проводить более точную качественную и количественную оценку углеводородов пласта.

Система FLAIR анализирует углеводороды, извлеченные из бурового раствора в постоянных термодинамических условиях. Эти углеводороды непрерывно анализируются для получения количественной оценки легких газов C1–C5, а также для получения качественной информации о более тяжелых компонентах C6–C8, включая метилциклогексан и легкие ароматические соединения бензол и толуол. Также можно контролировать другие неуглеводородные компоненты, такие как гелий, водород, углекислый газ и сероводород. [11]

Специализированное оборудование для извлечения газа из бурового раствора является ключевым компонентом системы FLAIR. Экстрактор бурового раствора FLEX непрерывно отбирает пробы бурового раствора из обратного желоба по мере возврата бурового раствора из скважины. Экстрактор FLEX нагревает образцы бурового раствора до постоянной температуры при постоянном давлении и объеме.

Этот метод обеспечивает постоянное соотношение воздуха и бурового раствора внутри экстракционной камеры, создавая чрезвычайно эффективный и повторяемый процесс. Возможность нагрева образца может быть особенно важна в глубоководных условиях, где температура возврата бурового раствора может варьироваться от 10°C до 15°C [от 50°F до 59°F]. При низких температурах в системе недостаточно собственной энергии для эффективного высвобождения более тяжелых газовых компонентов из бурового раствора. Традиционные экстракторы газа, которые не нагревают образец, могут давать неточные данные, поскольку больше газа остается в буровом растворе в процессе экстракции.

При использовании процесса извлечения FLEX система газового каротажа бурового раствора FLAIR работает в постоянных термодинамических условиях, что позволяет калибровать эффективность

извлечения для компонентов C_1 – C_5 . Более тяжелые углеводороды, C_6 – C_8 , не так легко извлекаются, но их присутствие можно качественно обнаружить. Калибровка сопряжена с коррекцией, которая учитывает любой газ, который мог быть рециркулирован через систему бурового раствора. Это достигается путем размещения второго блока FLEX в линии всасывания насоса, точке, в которой буровой раствор закачивается обратно в скважину (выше).

Таким образом, можно количественно измерить долю углеводородов, рециркулированных с буровым раствором и закачанных обратно в скважину. Коррекция для рециркулированного газа возможна, поскольку условия извлечения одинаковы для обоих блоков FLEX. Извлеченные углеводороды подаются в усовершенствованный анализатор газового хроматографа-масс-спектрометра (ГХМС), который обнаруживает и анализирует газы на уровне частей на миллион (или микрограммов на грамм).

Масс-спектрометр позволяет анализатору FLAIR обнаруживать и различать коэлюирующие пики, созданные различными ионными токами, которые характеризуют компоненты, извлеченные из бурового раствора. Это приводит к очень короткому времени анализа — 85 с для анализа до C_8 , включая дифференциацию нескольких изомеров.

Сравнения между анализом давления-объема-температуры (PVT) фактических скважинных жидкостей с результатами, полученными с помощью анализа FLAIR компонентов C_1 – C_5 , показывают близкое соответствие. Эта возможность была продемонстрирована в ходе сотрудничества Shell и Geoservices, в ходе которого данные PVT и FLAIR из скважин Мексиканского залива оказались сопоставимыми, тогда как традиционная система газового каротажа бурового раствора постоянно недооценивала концентрации газовых видов C_{2+} .

Среди других возможностей служба FLAIR может помочь геологам различать различные типы флюидов. По мере того, как долото проникает

в породе пласта-коллектора, увеличение плотности газа, измеренное на поверхности, может указывать на переход от газовой шапки к нефтяной опоре. Это увеличение плотности вызвано пропорциональным увеличением более тяжелых газов (C_{3+}) по сравнению с более легкими компонентами C_1 и C_2 . Измерения тяжелых компонентов и их относительных пропорций к легкой фракции используются для расчета баланса углеводородов (Bh) и соотношений влажности (Wh), которые помогают геологам различать нефть и газ.

Служба FLAIR была запущена на оценочной скважине в оффшорной зоне Великобритании, пробуренной для Hess Corporation и партнеров Chevron, DONG Energy и OMV.

Для условий Ванкорского месторождения крайне полезно будет систему анализа флюида в процессе бурения FLAIR. По причине сложного геологического строения месторождения блок непрерывного анализа бурового раствора позволит отслеживать газонасыщенные и нефтенасыщенные пласты без непосредственного участия геолога и исключив человеческий фактор при обработке БР со стороны сервиса по буровым растворам. Также по причине сложного строения гамма-каротаж имеет определенную погрешность. Контроль не по породе-коллектору, а по литолого-фациальному анализу принесет гораздо больший эффект.

Заключение. Таким образом достигнута цель ВКР, а именно выполнен анализ применения системы анализа флюида в процессе бурения FLAIR на станции ГТИ в условиях Ванкорского месторождения.

Были выполнены поставленные задачи, а именно изучено геологическое строение месторождения и продуктивных пластов, проведен анализ технологий ГТИ, составлены проектные мероприятий, повышающих качество проведения ГТИ.