

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

Кафедра геофизики

**Выделение и оперативная оценка характера насыщения пород-
коллекторов по данным ГТИ-ГИС при бурении горизонтальных стволов
скважин**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 геология
профиль «Геофизика при поисках
нефтегазовых месторождений»
геологического ф-та
Масловой Виктории Андреевны

Научный руководитель

К.г.-м.н., доцент

К.Б. Головин

подпись, дата

Зав. кафедрой

К.г.-м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2024

Введение. Геохимические и геофизические методы исследования скважин имеют ряд характерных особенностей, способствующих комплексированию. При объединении методов в единый комплекс возникает возможность достичь двух целей: уменьшить неоднозначность интерпретации и, по возможности, решить все задачи, возникающие на стадии работ. Для этого в комплекс включают ряд методов, подобранных по следующим принципам: каждый метод решает одну из задач, и некоторая задача решается лишь сочетанием ряда методов, и задача решается несколькими методами, но каждым из них недостаточно уверенно, а в результате применения нескольких методов обеспечивается необходимая надежность ее решения. Геохимические методы, в дополнение к геофизическим исследованиям, позволяют прогнозировать нефтегазоносность осадочного разреза не только на геолого-тектонической основе, но и осуществлять количественную и качественную оценку углеводородного потенциала недр.

Актуальность работы состоит в том, что совместный комплекс геофизических и геолого-геохимических исследований, проводимых непосредственно в процессе бурения скважины, позволяет решать геологические и технологические задачи, направленные на оперативное выделение в разрезе бурящейся скважины перспективных на нефть и газ пластов-коллекторов, изучение их фильтрационно-емкостных свойств и характера насыщения, обеспечение оптимальной траектории ствола скважины в наиболее нефтегазонасыщенных интервалах.

Научной значимостью работы, является применение совместной интерпретации данных ГТИ-ГИС, позволяет более точно и достоверно выделять пласты-коллекторы, а также оперативно оценивать характер насыщения пород-коллекторов. В тех случаях, когда интерпретация отдельных методов ГИС не позволяет оценить коллекторские свойства пород, интерпретация проводится только по данным ГТИ.

Целью работы является выделение и оперативная оценка характера насыщения пород-коллекторов с помощью геолого-технологических и геолого-геофизических исследований при бурении горизонтальных стволов скважин.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

- изучение и сбор геолого-геофизического материала на территории работ в пределах Безымянного месторождения;
- рассмотрение методик геолого-технологических и геолого-геофизических исследований ствола скважины;
- изучение аппаратуры и оборудования, описание характеристик;
- выполнение интерпретации данных, полученных в процессе бурения;
- выделение пластов-коллекторов и оценка их насыщения;
- закрепление теоретических знаний ГТИ.

Основное содержание работы. Безымянное месторождение располагается в Ханты-Мансийском автономном округе, на границе Сургутского и Нефтеюганского районов. Ближайшие города к данному месторождению – это Сургут, Нефтеюганск, Пыть-Ях, а также такие поселки как Каркатеево, Пойковский, Усть-Юган и Чеускино. Месторождение входит в состав Сургутского нефтегазового района, Среднеобской нефтегазовой области. Она в свою очередь относится к крупной Западно - Сибирской нефтегазоносной провинции.

Западная Сибирь имеет достаточно суровый, континентальный климат. Большая протяженность ее с севера на юг обуславливает отчетливо выраженную зональность климата и значительные различия климатических условий северных и южных частей Западной Сибири, связанные с изменением количества солнечной радиации и характером циркуляции воздушных масс, особенно потоков западного переноса. Южные провинции страны, расположенные в глубине материка, на большом расстоянии от океанов, характеризуются, кроме того, большей континентальностью климата. В весенне-летний период большая часть территории затопляется паводковыми

водами. Климат района резко-континентальный. Минимальная температура воздуха -55°C , снежный покров лежит около 200 дней в году. Летом температура выше $+20^{\circ}\text{C}$ держится около 30 дней. За летний период осадков выпадает около половины годового количества. Леса - смешанные с преобладанием ольхи, пихты, лиственницы, кедра.

Рельеф местности представляет сильно заболоченную равнину. На западе и востоке площади встречаются болота преимущественно торфяного типа. Территорию месторождения пересекают реки Обь и Юганская Обь. Абсолютные отметки рельефа меняются незначительно от 26 до 44 метров, причём минимальные отметки приурочены к берегам рек, а максимальные – к лесным массивам.

В геологическом строении Безымянного месторождения принимают участие породы складчатого палеозойского фундамента и терригенные песчано-глинистые отложения платформенного мезозойско-кайнозойского чехла.

Фундамент Западно-Сибирской плиты представляет собой сложное сочетание гетерогенных структурных ярусов, которые отделяются региональным несогласием от мезозойско-кайнозойских отложений типичного платформенного чехла. В состав фундамента входят геосинклинальные формации и разнообразные параплатформенные комплексы.

Традиционно в региональном плане по мезо-кайнозойскому платформенному чехлу выделяют 3 крупнейших надпорядковых тектонических элемента - внешний тектонический пояс, центральная и северная тектонические области.

Центральная тектоническая область примыкает с запада, юга и востока к внешнему тектоническому поясу; на севере граничит с северной тектонической областью. Область характеризуется широким развитием на ее территории крупных положительных структур I порядка. Они преобладают в центральных, южных и восточных районах; в западных доминируют

отрицательные тектонические элементы. Типичными являются сводовые поднятия (Красноленинский, Сургутский, Нижневартовский, Каймысовский, Парабельский своды и мегавалы), осложненные куполовидными структурами III порядка.

В тектоническом отношении Безымянное месторождение приурочено к Сургутскому своду – положительной структуре первого порядка, которая осложнена рядом структур второго порядка, такими как Янгурское, Чернореченское куполовидные поднятия, Пойкинский, Пимский валы и др. Усть-Балыкская и Солкинская структура (третьего порядка) расположены в юго-восточной части Пимского вала.

Западная Сибирь является крупнейшим нефтеносным и нефтедобывающим регионом России и включает территориально земли Тюменской, Томской, Новосибирской и Омской областей, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов, а также прилегающий шельф Карского моря. Добыча нефти ведется с 1964 года, с почти одновременного введения в разработку Трехозерного, Мегионского и Усть-Балыкское месторождений. Пик добычи нефти в Западной Сибири (408,6 млн. тонн) достигнут в 1988 году. Важнейшая особенность сырьевой базы углеводородов Западной Сибири заключается в исключительно благоприятной структуре разведанных запасов. Главный фактор - высокая концентрация запасов в крупных и крупнейших месторождениях (Самотлорском, Федоровском и мн. др.). Другие благоприятные факторы - приуроченность основных запасов к средне и высокопроницаемым коллекторам, высокая продуктивность месторождений, преобладание малосернистых и бессернистых нефтей.

На Безымянном (горизонт БС₁₀) месторождении согласно проекту разработки (1986г.) утвержден проектный фонд в количестве 1587 скважин, в том числе 1017 добывающих, 460 нагнетательных, 80 резервных и 30 контрольных. Объект разбурен. Эксплуатационный метраж составил 3656 тыс.

м при средней глубине одной скважины 2614м. Выделено два объекта разработки: горизонт БС₁₀, пласты БС₁₆₋₂₀ ачимовской пачки.

Методика исследования. Геолого-технологические исследования являются составной частью геофизических исследований нефтяных и газовых скважин и предназначены для осуществления контроля за состоянием скважины на всех этапах её строительства и ввода в эксплуатацию с целью изучения геологического разреза, достижения высоких технико-экономических показателей, а также обеспечения выполнения природоохранных требований.

ГТИ проводятся непосредственно в процессе бурения скважины, без простоя в работе буровой бригады и бурового оборудования; решают комплекс геологических и технологических задач, направленных на оперативное выделение в разрезе бурящейся скважины перспективных на нефть и газ пластов-коллекторов, изучение их фильтрационно-емкостных свойств и характера насыщения, оптимизацию отбора керна, экспрессное опробование и изучение методами ГИС выделенных объектов, обеспечение безаварийной проводки скважин и оптимизацию режима бурения. Газовый каротаж входит в комплекс ГТИ и составляет его существенную часть [1].

За последние годы значительно возросла роль геолого-технологических исследований (ГТИ). ГТИ стали необходимыми при проводке всех категорий скважин, в том числе эксплуатационных и специального назначения. Исследованиями ГТИ охвачены все этапы строительства скважины – проводка, крепление, освоение, капитальный ремонт.

Основная задача службы ГТИ - обеспечение безаварийности проводки скважины. Своевременные рекомендации операторов ГТИ позволили предотвратить несчетное количество аварий, осложнений процесса проводки скважин, найти выход из сложных предаварийных ситуаций. В реальном времени осуществляется расчет поровых давлений и гидродинамических параметров бурения, выдаются рекомендации для корректировки плотности промывочной жидкости.

Именно опираясь на результаты ГТИ, проводится анализ нештатных ситуаций, выбор параметров промывочной жидкости, грамотное проектирование бурения последующих скважин, разведки, освоения и эксплуатации месторождения, и т.д. Результаты ГТИ учитываются при количественной интерпретации ГИС и подсчете запасов УВ, являются важным компонентом для оценки продуктивности в сложных геологических условиях. При отсутствии ГИС (отказ либо непрохождение приборов, недостаточный комплекс) количественная интерпретация проводится только по данным ГТИ.

В работе рассмотрена методика выделения и оперативной оценки характера насыщения пород-коллекторов с помощью геолого-технологических и геолого-геофизических исследований.

Газоанализаторы циклического действия СНГС-04М предназначены для измерения объемной доли метана, этана, пропана, бутана, пентана и водорода в дегазируемой из бурового раствора газовоздушной смеси. Газоанализаторы могут быть использованы в составе станций геолого-технологических исследований для проведения газового каротажа.

Главным преимуществом газоанализаторов циклического действия СНГС-04М является пневматическая схема с обратной продувкой разделительных колонок, благодаря которой исключается влияние присутствующих в газовоздушной смеси тяжелых (тяжелее C₅) углеводородных компонентов на последующие циклы измерения, а также значительно продлевается срок службы разделительных колонок и термокatalитических датчиков (ТКД) прибора. Наличие обратной продувки особенно важно при анализе газовоздушной смеси с высоким содержанием тяжелых углеводородных компонентов. Другим важным преимуществом является то, что для газоанализаторов СНГС-04М перекрестное влияние измеряемых компонентов полностью входит в основную погрешность измерений, благодаря чему обеспечивается возможность проведения измерений при любом соотношении измеряемых компонентов.

Дегазатор бурового раствора активного типа ДЦЭ-05 с

перемешивающим устройством в соответствии с международным стандартом QGM во взрывозащищенном исполнении, с видом взрывозащиты 1ExdeПВТ4 предназначен для извлечения и передачи по газозащитной линии содержащихся в буровом растворе газов для их последующего анализа суммарным и покомпонентным газоанализатором с целью проведения газового каротажа.

Геофизические методы исследования скважин (ГИС) служат для получения геологической документации разрезов скважин, выявления и промышленной оценки полезных ископаемых, осуществления контроля за разработкой нефтяных и газовых месторождений, изучения технического состояния скважин и т. д. С этой целью по данным ГИС изучают в скважинных условиях физические свойства горных пород. Методы ГИС подразделяются на электрические, радиоактивные, акустические, магнитные, термические и т. п. Геофизические методы позволяют представить разрезы скважин комплексом физических характеристик, таких как удельное электрическое сопротивление, радиоактивность, теплопроводность изучаемых сред, скорость распространения упругих волн в них и т. п.

Электрический каротаж основывается на замерах электрического поля, которое специально создается для проведения исследования или возникает самопроизвольно. Метод позволяет определить литографический состав пород разреза, а также выявить наличие и определить параметры залежей руды и водонасыщенных пластов.

Геофизические методы изучения геологического разреза скважин, основанные на измерении характеристик полей ионизирующих излучений (естественных и искусственно вызванных), происходящих в ядрах атомов элементов, называют радиоактивным каротажом (РК). Наиболее широкое распространение получили следующие виды радиоактивного каротажа: гамма-каротаж, предназначенный для изучения естественного γ -излучения горных пород; гамма-гамма-каротаж и нейтронный каротаж, основанный на эффекте взаимодействия с горной породой источников γ -излучения и

нейтронов.

Кавернометрия (профилеметрия) – это метод ГИС, который обеспечивает непрерывное измерение диаметра и формы ствола скважины по глубине. Полученные при данном измерении кривые называются кавернограммы, а используемый в данном методе геофизический прибор называется каверномер.

LWD (logging while drilling) – каротаж во время бурения. LWD системы служат для обеспечения проводки скважины по проектной траектории, осуществляя контроль искривления, литологии, насыщения и оперативного управления бурением. Очень важно обеспечить контроль текущего положения забоя бурящейся горизонтальной скважины, угла наклона и азимута ее ствола. Определение этих параметров приходится проводить при кустовом бурении на суше, бурении в заболоченных местах с специально отсыпаемых для размещения буровой установки площадок, морском бурении с платформы и в других ситуациях.

Результаты работ. В результате комплексного использования данных технологических и геолого-геохимических исследований оценены коллекторские свойства и характер насыщения пород вскрытого разреза.

В процессе бурения скважины №1 с использованием комплекса геофизических исследований был выполнен каротаж. По результатам интерпретации каротажа в комплексе с ГТИ (шламограмма, газовый каротаж, ЛБА) в интервале 3003-3541м по стволу был вскрыт продуктивный пласт БС10. Для пласта-коллектора БС10 по данным ГК был рассчитан коэффициент глинистости, равный 5,4%, вышележащим отложениям усть-балыкской свиты коэффициент глинистости соответствует 73,8%.

По комплексу характерных признаков выделить пласты сортымской свиты, насыщенные нефтью в интервалах: 3047,53 - 3058,79м; 3068,53 - 3084,35м; 3100,53 - 3122,16м; 3134 - 3147м; 3203,6 - 3287,07м; 3302,94 - 3349м; 3362,69 - 3382,45м; 3410,37 – 3433,65м. Аномалии приурочены к вскрытию терригенных коллекторов сортымской свиты, нефтенасыщенных.

Результатами комплексной интерпретации ГТИ-ГИС стало выделение пластов-коллекторов пласта БС-10, насыщенных нефтью в интервалах 3046,92 - 3054,76м, 3073,28 - 3078,84м, 3105,56 - 3116,24м, 3142,17 - 3146,67м, 3220,13 - 3232,72м, 3245,53 - 3248,33м, 3273,32 - 3278,76м, 3303,1 - 3309,06м, 3313,03 - 3317,52м, 3341,33 - 3347,16м, 3363,56 - 3369,26м, 3415,68 - 3421,24м.

Анализируя данные ГИС и ГТИ можно сделать вывод, что пластам-коллекторам, насыщенным нефтью, соответствуют более высокие оценки ЛБА и рост газопоказаний, а также более высокие значения каротажа сопротивлений, по данным гамма-каротажа отмечаются низкие показания гамма-активности пород.

Вышеперечисленные факты свидетельствуют о возможности выделения пластов коллекторов и определении их характера насыщения при помощи комплексного анализа данных ГИС и данных ГТИ в сложных геологических условиях при бурении горизонтальных стволов скважин.

Заключение. В результате работы был собран геолого-геофизический материал на территории работ в пределах Безымянного месторождения, по которому была рассмотрена методика проводки ствола скважины в продуктивном горизонте с помощью геолого-технологических и геолого-геофизических исследований, а также выделение и оперативная оценка характера насыщения пород-коллекторов по данным ГТИ-ГИС при бурении горизонтальных стволов скважин.

После проведения интерпретации полученных данных и анализируя данные ГИС в комплексе с контролем и анализом данных ГТИ, в процессе проводки ствола скважины в продуктивном горизонте, удалось обеспечить оптимальную траекторию ствола скважины без отклонения и выхода из продуктивного пласта. В результате комплексного использования данных технологических и геолого-геохимических исследований оценены коллекторские свойства и характер насыщения пород вскрытого разреза.

Полученные данные говорят о весьма хорошей эффективности применения ГТИ для оперативного выделения в разрезе бурящейся скважины

продуктивных интервалов, приуроченных к пластам коллекторам различной литологии. Выполненное литологическое расчленение и оценка характера насыщения отложений подтверждены проведенными промыслово-геофизическими исследованиями.