

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

Кафедра геофизики

**Литолого-петрофизическая характеристика продуктивных коллекторов
пласта БС12 по данным ГИС
на примере Ново-Пурпейского месторождения**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5курса 531 группы
направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
геологического факультета
Седова Александра Александровича

Научный руководитель
к.г.-м.н., доцент _____

Б.А. Головин

подпись, дата

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент _____

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2021

Введение. В нефтяной и газовой промышленности бурение скважин производят как для поисков и разведки месторождений углеводородного сырья, так и для их разработки. В целях изучения геологического разреза скважин, их технического состояния и контроля за режимом разработки месторождений в них проводятся геофизические исследования скважин (ГИС). Изучение геологического разреза скважины по геофизическим данным заключается в определении последовательности и глубины залегания пластов горных пород, их литолого-петрографических и коллекторских свойств, содержания в них полезных ископаемых и оценке степени их насыщения нефтью, газом или водой.

По данным комплекса ГИС определяются параметры, необходимые для подсчета запасов нефти и газа: эффективная мощность коллектора; положение водонефтяного (ВНК) и газожидкостного (ГЖК) контактов; коэффициент пористости продуктивных пластов; коэффициент нефтегазонасыщения коллекторов; коэффициент вытеснения нефти и др.

Поэтому ГИС в настоящее время являются неотъемлемой частью работ, проводимых при разведке и разработке нефтегазовых месторождений.

В скважине Ново-Пурпейского месторождения геофизические исследования проводились обязательным комплексом методов, утвержденным на основе типовых комплексов с учетом специфики бурения разведочных и эксплуатационных скважин.

Цель данной работы – дать литолого-петрофизическую характеристику продуктивных пород, а именно коллекторов пласта БС12, по данным ГИС.

Данная цель потребовала решение следующих задач:

- изучить геологическое строение месторождения;
- изучить методику проведения промысловых работ в скважинах;
- подобрать комплекс ГИС для эффективного применения на Ново-Пурпейском месторождении;
- освоить методику интерпретации данных ГИС;
- определить коэффициенты пористости, глинистости,

нефтенасыщенности коллекторов.

Бакалаврская работа состоит из введения, заключения, списка использованной литературы и 4 разделов: раздел 1 – «Геолого-геофизическая характеристика района работ»; раздел 2 – «Методика исследований»; раздел 3 – «Методика интерпретации данных ГИС»; раздел 4 – «Результаты исследований».

Основное содержание работы

Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика района работ».

Ново-Пурпейское газонефтяное месторождение Расположено в 485 км к Юго-Востоку от г. Салехард и приурочено к одноимённому и Восточно-Янгтинскому локальным поднятиям Нурминско-Александровского нефтегазоносного пояса. Коллектором служат песчаники с линзовидными прослоями глин. Месторождение относится к классу средних.

В геологическом строении Ново-Пурпейского месторождения принимает участие комплекс осадочных пород мезозойско-кайнозойского возраста, слагающий платформенный чехол восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы. Комплекс пород мезокайнозоя залегает на промежуточном структурном этаже поздне триасового возраста. Складчатый гетерогенный фундамент состоит из пород докембрия и палеозоя, прорываемых интрузиями гранитов и сиенитов. На изучаемой площади отложения промежуточного структурного этажа и фундамента бурением не вскрыты. На близлежащей площади породы промежуточного структурного этажа полого складчаты и сравнительно слабо метаморфизованы, они представлены разнообразными осадочными и вулканогенными формациями: терригенными, терригенно-карбонатными, рифогенными, угленосными, красноцветными вулканогенно-осадочными и эффузивными..

В пределах Ново-Пурпейского месторождения выделяется два структурных этажа: складчатый фундамент и платформенные образования, представленные мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом.

Структурные планы поверхностей отражающих горизонтов,

отождествляемых с отложениями различных стратиграфических подразделений верхнего структурно-тектонического этажа, характеризуются прямой унаследованностью от фундамента. Промышленная нефтеносность Ново-Пурпейского месторождения связана пластами нижнемеловой системы.

Раздел 2 «Методика исследований». Основными факторами, определяющими выбор комплекса стандартных методов ГИС, являются степень сложности изучаемого разреза, особенности технологии бурения, включая горнотехнические условия в скважине.

Выполняемый комплекс ГИС обеспечивает в условиях открытого ствола решение типовых геологических задач:

- литологическое расчленение разреза с последующей корреляцией;
- выделение коллекторов;
- оценка фильтрационно-ёмкостных свойств пластов (пористости, глинистости, проницаемости);
- оценка характера насыщения коллекторов;
- определение водонефтяного, газонефтяного, газоводяного контактов.

Задача литологического расчленения разреза решается при условии дифференциации пород, слагающих разрез, по физическим свойствам. К таковым можно отнести удельное электрическое сопротивление (УЭС), поляризационные свойства, плотностные свойства, акустические свойства, радиоактивность пород и другие.

Основными дифференцирующими признаками для литологического расчленения разреза и выделения коллекторов являются: сужение ствола скважины против пласта коллектора вследствие образования глинистой корки, которая фиксируется на кавернограмме и профилеграмме; наличие радиального градиента сопротивления, устанавливаемого по данным электрических методов с различной глубиной исследования (БКЗ); образование отрицательной аномалии ПС; сравнительно высокая естественная радиоактивность глин и низкая песчаников.

Вышеперечисленные методы могут применяться для большинства

поставленных задач. В дополнении к ним для определения характера насыщения коллектора водонефтяного, газонефтяного и газоводяного контактов применяют высокочастотное индукционное зондирование (ВИКИЗ), плотностной гамма-каротаж (ГГП), нейтронный каротаж (НКТ).

Электрический каротаж является переработкой полевых электроразведочных работ применительно к стеснённым условиям в скважине. В общих чертах работа сводится к пропусканию тока через два или более электродов с последующим измерением каких-либо электрических параметров: силы тока, разности потенциалов, частоты, диэлектрической проницаемости и т. п. Каротаж сопротивления обычными зондами неэффективен в случае тонкослоистого разреза со значительной дифференциацией пластов с низким и высоким сопротивлениями и скважины, заполненной высокоминерализованным глинистым раствором. Из-за утечки тока в пласты с низким сопротивлением в первом случае и из-за утечки тока по скважине во втором случае регистрируют кажущиеся сопротивления пород, намного отличающиеся от истинных. Основное отличие бокового каротажа (метода экранированных зондов) от каротажа сопротивления с обычными зондами состоит в том, что в рассматриваемом методе осуществляется фокусировка тока, выходящего из центрального электрода, вследствие чего влияние скважины и вмещающих пород сказывается на результатах измерений значительно меньше.

Метод высокочастотных индукционных каротажных изопараметрических зондирований предназначен для исследования пространственного распределения удельного электрического сопротивления пород, вскрытых скважинами, бурящимися на нефть и газ. Использование метода ВИКИЗ позволяет решать следующие задачи ГИС:

- расчленение разреза, в том числе тонкослоистого, с высоким пространственным разрешением;
- оценка положения водонефтяных и газоводяных контактов;
- определение удельного электрического сопротивления неизменной

части пласта, зоны проникновения фильтрата бурового раствора с оценкой глубины вытеснения пластовых флюидов;

- выделение и оценка параметров радиальных неоднородностей в области проникновения, в том числе скоплений соленой пластовой воды («окаймляющие зоны»), как прямого качественного признака присутствия подвижных углеводородов в коллекторах.

Результаты интерпретации диаграмм ВИКИЗ в комплексе с данными других методов ГИС и петрофизической информацией позволяют определять коэффициент нефтегазонасыщения, литологию терригенного разреза, оценивать неоднородность коллекторских свойств на интервалах пористо-проницаемых пластов, выделять интервалы уплотненных песчаников с карбонатным или силикатным цементом.

Методы радиоактивного каротажа оперируют наличием у пород природной радиоактивности, которая и измеряется в ходе каротажных работ. В том случае, если изначально порода имеет крайне низкий фон или не является радиоактивной вовсе, применяют её предварительное облучение с последующим измерением образовавшегося фона. По измеренным показаниям становится возможным определить целый ряд физических свойств породы: содержание водорода, глинистость, плотность и др.

Гамма-гамма метод (ГГК) основан на измерении интенсивности $J_{\gamma\gamma}$ гамма-излучения, рассеянного породой при ее облучении потоком гамма-квантов.

Для исследований используют установку, включающую детектор и источник гамма-квантов с расположенным между ними экраном (фильтром) из стали и свинца, предохраняющим детектор от прямого гамма-излучения источника. Расстояние между источником и центром детектора называется размером зонда и в зависимости от целей исследований изменяется в пределах 30-40 см.

Интенсивность излучения, регистрируемого при ГГК, зависит от плотности и вещественного состава горных пород и в основном определяется процессами комптоновского рассеяния и фотоэлектрического поглощения

гамма-квантов породой. Относительная роль процессов комптоновского рассеяния и фотоэффекта, кроме перечисленных факторов, зависит от начальной энергии гамма-квантов. В соответствии с этим применяют два варианта ГГК: плотностной и селективный.

В варианте ГГК-П породы облучаются потоком жестких гамма-квантов с энергией 0,5-2 МэВ; мягкие гамма-кванты с энергией менее 0,2 МэВ поглощаются с помощью фильтра. Величина измеряемого в этом случае рассеянного гамма-излучения с энергией более 0,2 МэВ будет определяться количеством электронов в единице объема среды.

Показания ГГК-П будут зависеть лишь от плотности среды: чем больше плотность окружающей среды, тем меньше показания ГГК-П, и наоборот. Длина зонда ГГК-П 20-40 см. Плотностной вариант ГГК - один из основных методов, применяемых для оценки пористости горных пород.

На диаграммах ННКТ водородсодержащие пласты выделяются низкими значениями, малопористые пласты - более высокими значениями. Однако на показания ННКТ значительное влияние оказывают элементы, обладающие большим сечением захвата тепловых нейтронов, поэтому ННКТ весьма чувствителен к содержанию хлора и получаемые результаты сильно зависят от минерализации промывочной жидкости и пластовой воды.

Показания ННКНт практически не зависят от содержания в окружающей среде элементов с большим сечением захвата тепловых нейтронов, в том числе хлора. Они определяются главным образом замедляющими свойствами среды – водородосодержанием. Следовательно, показания ННКНт более тесно связаны с содержанием водорода в породе, чем показания НГК и ННКТ. Однако для ННКНт характерна малая глубинность исследования, которая изменяется в зависимости от свойств пород и их водородосодержания от 20 до 40 см, уменьшаясь с ростом водородосодержания.

По данным НК через содержание водорода определяется общая пористость пород. При этом учитывается ряд геологических и технических факторов.

За условную единицу измерения при нейтронном каротаже приняты значения $I_{\text{усл.ед}}$, измеренные в баке с пресной водой. При использовании в качестве эталонной жидкости дизельного топлива в измерения необходимо вводить поправки за счет разницы в водородосодержании нефти и воды. При калибровке приборов НК выполняются измерения потока гамма-излучения или нейтронов на имитаторах пористых пластов (ИПП). Полученные данные используются для построения зависимости $I_{\text{усл.ед}} = f(k_p)$. Погрешность приведенных измерений не должна превышать $\pm 1\%$ в рабочем (линейном) диапазоне изменения пористости от 3 до 20-30%.

Гамма-каротаж основан на измерении естественной гамма-активности горных пород. Гамма-излучение представляет собой высокочастотное коротковолновое электромагнитное излучение, граничащее с жестким рентгеновским излучением. Интенсивность гамма-излучения приблизительно пропорциональна гамма-активности пород. Средняя глубина проникновения γ -лучей в осадочных породах около 30 см, что соответствует радиусу сферы исследования, из которой поступает 90% регистрируемого излучения (γ -лучи полностью поглощаются лишь слоем толщиной около 1 м).

При прохождении γ -лучей через слой вещества интенсивность излучения снижается. Интенсивность поглощения оценивается толщиной слоя вещества, в котором поток γ -квантов уменьшается в 2 раза.

Интенсивность радиоактивного излучения пород в скважине измеряют с помощью индикатора гамма-излучения. В качестве индикатора используют сцинтилляционные счетчики.

Погрешность измерений тем больше, чем меньше импульсов, выпускаемых в единицу времени (скорость счета). Уменьшить погрешность можно путем усреднения наблюдений за некоторый интервал времени.

Акустическим каротажем называют методы определения упругих свойств горных пород, слагающих разрезы скважин, по наблюдениям за распространением в них упругих волн. При акустическом каротаже определяют интервальную или пластовую скорость для маломощных пластов (от 0,5 м и

более) с использованием частот порядка 5-100 кГц.

Кавернометрия – это измерение при помощи специального прибора – каверномера – среднего диаметра скважины. В результате проведенных измерений прибором формируется так называемая кавернограмма – кривая зависимости диаметра скважины от ее глубины. Каверны – это своеобразные пустоты в породах, которые могут образоваться в скважине. Причина их появления в карбонатных коллекторах – это выщелачивание осадочных пород. Каверномеры бывают механические и ультразвуковые. Первые позволяют приводить исследования механическим путем, вторые – работают на основе приема и передачи ультразвуковых колебаний. Диаметр пробуренной скважины не всегда равен диаметру долота, которым она бурилась. Причина этого – простые геологические и технические факторы.

Инклинометрия – это методика, позволяющая определить уровень отклонения оси скважины и азимута ее искривления в отношении к устью. Угол отклонения оси скважины формируется в результате пересечения оси скважины с абсолютной вертикалью. Инклинометрия производится при помощи специального прибора – инклинометра – и другого оборудования каротажной станции. Инклинометры бывают электрические и гироскопические. Первые используются при обследовании необсаженных скважин, вторые – для исследования обсаженных металлическими трубами скважин. На определенном уровне ось скважины может сильно отклоняться от вертикали, но, несмотря на это, точность измерения углов инклинометром составляет около 0,3 градусов. Особенно актуальным произведением инклинометрии является для изучения скважин наклонного бурения и при бурении на очень большие глубины.

Раздел 3 «Методика интерпретации данных ГИС». Количественная интерпретация выполнена по известным алгоритмам, приведенным в разделе 3. Для расчета двойного разностного параметра ГК в качестве опорного пласта с минимальной гамма-активностью выбран пласт чистого песчаника, а в качестве пласта с максимальной гамма-активностью выбран пласт глин.

Все выделенные пласты-коллекторы гранулярного типа, литологически

представлены кварцево-полевошпатовыми песчаниками.

Раздел 4 «Результаты исследований». В результате интерпретации данных инклинометрии установлено, что максимальный зенитный угол составил 60,45 град. на глубине 2995,80 м. Максимальная интенсивность искривления 4.10 град./10 м на глубине 2260,00 м. В результате измерений построен профиль исследуемой скважины. Электрические параметры пласта рассчитаны по методу ВИКИЗ. Средневзвешенный параметр коэффициента нефтенасыщенности рассчитан с учетом коэффициента пористости.

Помимо определения количественных характеристик пластов-коллекторов выполнена корреляция отложений по трем соседним скважинам. В результате установлена изменчивость коллекторских свойств пласта по латерали. Так, в одной из скважин пласт содержит 4 коллектора, характер насыщения которых оценивается как нефтяной, в другой таких коллекторов 3, причем два верхних отделяются от третьего нижнего плотным пропластком, тогда как в соседней скважине этот плотный пропласток расположен ниже подошвы третьего коллектора.

Закключение. Приведенный в работе комплекс методов ГИС позволяет в геологических условиях Ново-Пурпейского месторождения решать следующие прикладные задачи:

- выполнять литологическое расчленение разреза с определением глубин залегания отложений;
- выделять породы-коллекторы;
- определять коэффициенты пористости и характер насыщения выделенных пород-коллекторов с указанием количественного значения коэффициента нефтегазонасыщенности.

Помимо этого, установлены некоторые пространственные закономерности изменчивости мощности исследуемого пласта по латерали.