

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

Кафедра геофизики

**«Литолого-петрофизическая характеристика терригенных коллекторов
верхневого девона (на примере Дальнего Саратовского Заволжья)»»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы

направление 21.03.01 Нефтегазовое дело

Профиль «Геолого-геофизический сервис нефтегазовых скважин»

геологического ф-та

Акчурина Рамиля Фаридовича

Научный руководитель

Доцент

подпись, дата

Б.А.Головин

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2022

Введение. Геофизические методы исследования скважин (ГИС) с момента становления прикладной скважинной геофизики в 40-х годах прошлого века и по настоящее время являются важнейшим источником информации о горных породах в целом и, в том числе, о породах коллекторах, являющихсяместилищем скоплений нефти и газа.

Несмотря на известные ограничения, связанные с косвенным характером получаемых характеристик и соответствующим неоднозначным решением обратной задачи истолкования регистрируемых параметров, при наличии кондиционного петрофизического обеспечения данные ГИС показывают хорошую сходимость с данными керна. А, учитывая гораздо более широкий объем проведения исследований, результаты комплексной интерпретации материалов ГИС по своей ценности не уступают источникам прямой информации о вскрываемом бурением разрезе.

В связи с вышеизложенным целью выпускной квалификационной работы является проведение оперативной интерпретации данных ГИС, что весьма актуально. Объектом исследований послужили девонские терригенные отложения одной из скважин Саратовской области.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- изучение геологических условий района работ;
- восстановление в памяти полученных во время обучения в СГУ знаний и дополнительное изучение физических основ, методик проведения и интерпретации ГИС;
- применение полученных квалификаций для достижения поставленной цели.

Бакалаврская работа состоит из введения, заключения, списка использованных источников и 3 разделов: раздел 1 – «Геолого-геофизическая характеристика»; раздел 2 – «Методика работ»; раздел 3 – «Результаты работ».

Основное содержание работы. Новая площадь расположена на территории Перелюбского района Саратовской области.

В Саратовской части Бузулукской впадины нефтепоисковые работы проводились с 60-х годов.

На втором этапе поисковых работ, в 80-90-е годы, сейсмические работы были продолжены более современными модификациями МОГТ, силами Ленинградской экспедиции территория покрывается аэромагнитной съемкой. Выполнена детальная площадная гравиразведка и геохимическая съемка. В комплексе с сейсморазведкой СГЭ проведены электроразведочные работы.

Итогом второго этапа поисковых работ явилась подготовка к бурению ряда структур и первыми же поисковыми скважинами в 1989-1991 гг. были открыты многопластовые месторождения углеводородов, в том числе Новое.

При стратиграфическом расчленении вскрытых отложений в пределах района работ использовались данные, полученные при бурении скважин Новой площади, а также результаты по скважинам, пробуренным на сопредельных территориях.

Бурением вскрыты отложения от архейских до четвертичных. Мощность осадочного чехла 3500-4000 м.

Нефтегазоносность приурочена к отложениям терригенного девона. Залежи нефти пластовые сводовые, тектонически экранированные.

Из большого числа разнообразных зондовых устройств для изучения электрических удельных сопротивлений рп пород, рзп (рпп) зоны проникновения фильтрата глинистого раствора в практике исследования скважин наиболее часто применяют:

- а) потенциал- и градиент-зонды прямого и взаимного питания;
- б) микропотенциал- и микроградиент-зонды;
- в) экранированные (фокусированные) зонды в трех-, семи-, восьми- и девятиэлектродных вариантах;
- г) микроэкранированные (микрофокусированные) зонды в двух-, четырех- и пятиэлектродных вариантах;
- д) индукционные зонды с различным числом генераторных, приемных и

фокусирующих катушек.

Электрическое удельное сопротивление – свойство горных пород, на изучении которого основаны способы документации геологических разрезов скважин методами кажущегося и эффективного сопротивлений, сопротивления заземления, регистрации тока и индукции. Его величина определяется электрическими удельными сопротивлениями и объемными содержаниями минералов, составляющих породу, и её структурой.

Электропроводность минералов, составляющих твердую фазу горных пород, различается по природе и величине. По характеру электропроводности минералы относятся к группам проводников, полупроводников и диэлектриков. Преобладающее большинство породообразующих минералов – полупроводники и диэлектрики с электронной и ионной электропроводностями. Электронная электропроводность преобладает у минералов-полупроводников (сульфиды и их аналоги, некоторые окислы и др.), ионная электропроводность – у минералов-диэлектриков. Роль ионной электропроводности существенна у глинистых растворов.

Каротаж сопротивления (КС) предназначен для изучения удельного электрического сопротивления (УЭС) горных пород, пройденных скважиной. Для замера сопротивления пород пересеченных скважиной, применяется 4-х электродная установка АМNB – каротажный зонд. Зонд КС состоит из нескольких свинцовых электродов закрепленных на отрезке шлангового каротажного кабеля. Три электрода (N,М,А) или (М,А,В) присоединяются к концам кабеля и пускаются в скважину, четвертый электрод В или N устанавливается на поверхности, вблизи устья скважины. Через электроды А и В, называемые токовыми пропускают ток I, создающий электрическое поле в породе.

Электроды зонда, включенные в одну цепь, токовую или измерительную называются парными, а третий электрод, включенный в одну цепь с электродом не входящим в состав зонда (находящимся на поверхности) – непарным.

Боковой каротаж является одной из разновидностей электрического каротажа по методу сопротивлений. Боковой каротаж применяется для исследования скважин, разрез которых представлен породами высокого сопротивления, с частым чередованием тонких пластов низкого и высокого сопротивления, а также скважин заполненных минерализованной промывочной жидкостью. В методе бокового каротажа применяют зонды с дополнительными, так называемыми экранными электродами. Экранированные зонды бокового каротажа используются в вариантах трех-, семи- и девяти электродных. Через экранные электроды пропускается ток том же направлении, что и через основной токовый электрод зонда. Это препятствует растеканию тока основного (центрального) электрода по скважине и вмещающим породам и направляет токовые линии непосредственно в исследуемый пласт, в направлении перпендикулярном оси скважины. Экранные электроды позволяют также изменять форму токового пучка центрального электрода, что дает возможность изменять глубинность исследования в радиальном направлении. Таким образом, управление полем зонда с помощью экранных электродов называется фокусировкой, а каротаж сопротивления зондами с экранными электродами и фокусировкой тока – боковым каротажем (БК).

Индукционный каротаж (ИК) – основан на изучении распределения электромагнитного поля в пространстве, окружающем зонд, в зависимости от удельной электропроводности горных пород. В отличие от других методов электрического каротажа ИК является бесконтактным, то есть отсутствует непосредственный контакт электродов измерительной установки с промывочной жидкостью. Поэтому с помощью ИК можно исследовать сухие скважины и скважины заполненные глинистым раствором на нефтяной основе. Наилучшие результаты ИК дает в песчано-глинистых разрезах с небольшим удельным сопротивлением пластов.

Для регистрации данных ИК в скважину опускается глубинный прибор. Наиболее простой зонд ИК состоит из 2-х катушек индикаторной и

измерительной, укрепленных на немагнитном стержне, на расстоянии равном длине зонда. Индукционные зонды, используемые в настоящее время в практике, являются много катушечными. В зонд, кроме генераторной и приемной катушек, введены также дополнительные катушки, служащие для компенсации первичного поля или фокусировки измеряемого сигнала. Они могут быть как приемными, так и измерительными. Индукционный зонд обозначается шифром, к примеру: 6Ф1 или 4Ф0.75, здесь первая цифра соответствует числу катушек, буква означает, что зонд с фокусировкой тока, третья цифра обозначает длину зонда в метрах.

Гамма-каротаж основан на измерении естественной гамма-активности горных пород. Регистрируемое при этом естественное гамма-излучение определяется содержанием в породах природных радиоактивных элементов – радионуклидов, среди которых основную роль играют уран (^{238}U , ^{235}U), торий (^{232}Th) и продукты их распада, а также радиоактивный изотоп калия (^{40}K). У магматических пород, в целом отличающихся повышенной естественной радиоактивностью, она закономерно уменьшается от кислых разностей к ультраосновным. Среди осадочных пород максимальной естественной радиоактивностью, как правило, обладают глины, минимальной – чистые (не глинистые) разности песков, песчаников, известняков. Исключение составляют некоторые разновидности полимиктовых песчаников, чья повышенная естественная радиоактивность может быть обусловлена присутствием в них калиевого полевого шпата, битуминозные породы, фосфаты и некоторые другие породы. Можно считать, что радиоактивность большинства осадочных пород находится в прямой зависимости от их глинистости.

Нейтронные методы исследования разрезов скважин основаны на способности горных пород в зависимости от их вещественного состава с различной интенсивностью замедлять быстрые нейтроны, рассеивать их и поглощать.

Нейтроны, излучаемые источниками при исследовании скважин,

обладают энергиями, достигающими 14 МэВ (нейтронный генератор). Проходя через среду, окружающую источник, нейтроны в процессе взаимодействия с ядрами элементов замедляются и теряют энергию до энергии теплового движения молекул. В тепловом состоянии нейтроны диффундируют и за промежуток времени, исчисляемый долями миллисекунды, захватываются одним из ядер элементов, составляющих породу.

Показания при нейтронном каротаже обусловлены эффектами взаимодействия потока нейтронов с ядрами элементов горных пород. Исследования ведутся при помощи глубинного прибора, содержащего источник и индикатор нейтронов. Нейтроны не имеют электрического заряда, не ионизируют среду и, следовательно, не теряют энергии при взаимодействии с электрическими зарядами электронов и ядер. Этим объясняется высокая проникающая способность нейтрона. Масса нейтрона близка к массе протона ($1,66 \cdot 10^{-24}$ г), нейтрон - частица с массовым числом равным единице, и с зарядом, равным нулю.

Единственным фактором, влияющим на движение нейтронов, является их столкновение с ядрами атомов, которое проявляется в виде рассеяния нейтронов и захвата их ядрами атомов. В результате рассеяния происходит уменьшение энергии нейтрона и изменение направления его движения.

При энергии нейтронов от 1 МэВ до 1эВ преобладает упругое рассеяние, играющее основную роль в процессе замедления нейтронов. Упругое рассеяние вызывает перераспределение кинетической энергии между нейтроном и ядром (часть энергии нейтрона передается ядру), отклонение движения нейтрона от первоначального направления и снижение его энергии. Величина потери энергии при упругом рассеянии определяется массой ядра: чем меньше масса ядра, тем больше потеря энергии. Наибольшая потеря энергии бывает при столкновении нейтрона с ядром атома водорода, масса которого почти равна массе нейтрона.

В результате рассеяния быстрых нейтронов, испускаемых источником,

происходит их замедление и превращение в надтепловые $E_n = 1$ МэВ (Нейтронный метод по надтепловым нейтронам) и тепловые $E_n = 0.0025$ эВ (Нейтронный метод по тепловым нейтронам), т.е. в конечном счете энергия нейтронов становится равной кинетической энергии теплового движения молекул. В горной породе замедляющая способность нейтрона определяется содержанием водорода в единице объема (водородосодержанием). Нейтроны, достигшие теплового состояния, продолжают двигаться (диффундировать) из областей большей плотности в области пониженной плотности, испытывая столкновения с ядрами элементов, в конечном результате происходит поглощение (захват) нейтрона ядром атома. Захват медленного нейтрона сопровождается испусканием гамма-квантов (радиационный захват), являющимся основной причиной вторичного гамма-излучения. Энергия гамма-лучей захвата колеблется в больших пределах и достигает 10 МэВ. При захвате нейтронов в ядре создается некоторый избышек энергии и оно приходит в возбужденное состояние. Переход в устойчивое состояние сопровождается испусканием гамма-квантов, число и энергия которых зависят от того, какому элемент соответствует ядро. На регистрации интенсивности радиационного или вторичного гамма-излучения основан нейтронный гамма метод (НГМ).

Сущность акустического метода состоит в измерении параметров волнового поля, создаваемого помещенным в скважину акустическим импульсным источником упругих колебаний.

Волновое поле системы скважина-пласт включает множество волн, различных по типу и природе возникновения. В неограниченном массиве однородных горных пород точечным источником могут быть возбуждены продольные и поперечные волны.

Соотношения между амплитудами падающей, отраженной и преломленной волн определяются волновыми сопротивлениями сред (произведениями скорости на плотность). Амплитуды волн зависят от степени поглощения энергии в среде, наличия в разрезе отражающих границ, т.е. от трещиноватости,

слоистости горных пород и др.

Для возбуждения и наблюдения упругих волн в скважину опускают зонд, который может содержать один или несколько излучателей и приемников упругих волн. Основными видами зондов являются двухэлементные (акустические цементомеры) и трехэлементные (скважинные приборы типа СПАК и др.).

Двухэлементный зонд состоит из излучателя и расположенного на некотором расстоянии от него приемника. Трехэлементный акустический зонд, состоит из двух излучателей колебаний и одного приемника и обозначается сверху вниз: I_2 0.5 I_1 1.5 П (расстояния между излучателями и приемниками даны в метрах). Этот зонд эквивалентен зонду, состоящему из двух приемников и одного излучателя П₁ П₂ И. Расстояние между приемниками (излучателями) в трехэлементном зонде АК является базой зонда S.

Длине зонда соответствует расстояние от средней точки между одноименными элементами (которая является точкой записи) до разноименного элемента L_s. База трехэлементного зонда определяет его вертикальную расчленяющую способность и возможность точных измерений разности времен прихода волн к приемникам и затухания волн на интервале между приемниками. Обычно $S=0.3-0.5M$.

Длину зонда L выбирают такой, чтобы получить достаточно интенсивный сигнал в породах с большим поглощением волн, а также, чтобы прямая волна по промывочной жидкости приходила к приемникам позже головных. Обычно эти требования соблюдаются, если $L = 1.5$ 2м.

В качестве излучателя применяют магнитострикционные преобразователи: ферромагнитные вещества, изменяющие форму и размеры под действием переменного магнитного поля.

Приемником ультразвуковых колебаний обычно служит пьезоэлектрический преобразователь, в котором механическая деформация приводит к его электрической поляризации - появлению на электродах

электрического напряжения, пропорционального механическому и меняющего свой знак вместе с последним (прямой пьезоэлектрический эффект).

При геологической интерпретации диаграмм ультразвукового метода исходят из данных о v_p , Δt_p и α_p . Интервальное время и коэффициент поглощения уменьшаются, а амплитуда первого вступления возрастает в плотных, например, магматических породах, монолитных известняках и сильно сцементированных песчаниках.

Повышение глинистости и пористости (особенно, трещиноватости, перпендикулярной к направлению преломленной волны), насыщение порового пространства нефтью и особенно газом вызывают увеличение Δt_p и α_p и снижение амплитуды первого вступления. Исходя из указанных выше положений, по данным диаграмм ультразвукового метода выделяют консолидированные, пористые (коллекторы) и глинистые разности. В благоприятных условиях данные ультразвукового метода используют для расчета коэффициента пористости, установления вероятной трещиноватости коллекторов и их газонасыщения.

Обрушение горных пород в процессе бурения и образование сальников, сужающих диаметр скважины, характерные для многих пород, позволяет изучать их по этому свойству.

Кривую изменения диаметра скважины с глубиной – кавернограмму – используют для следующих целей: 1) определение геологического разреза скважины; 2) изучение ее технического состояния; 3) определение среднего диаметра скважины на заданной глубине, необходимого для интерпретации большинства геофизических методов исследования скважин.

Заключение. В результате выполненной в рамках ВКР оперативной интерпретации данных ГИС в одной из скважин Новой площади выделены коллекторы, определены их эффективные толщины, подсчитаны коэффициенты пористости, включая введение поправки за глинистость, и нефтенасыщенности,

основываясь на использовании традиционно используемой методики «заимствования» петрофизических зависимостей, принятых на соседних месторождениях с относительно более высоким уровнем изученности.

В отложениях тиманского и пашийского нерасчлененных горизонтов выделено 3 пласта-коллектора общей эффективной мощностью 8,8 м. Коэффициент открытой пористости выделенных коллекторов изменяется в пределах 9-12 %, коэффициент нефтенасыщенности составляет 82,4-89,4 %.

Полученные результаты представлены в табличном и графическом видах. ГИС показали высокую эффективность, что подтверждается промышленными притоками в колонне.