

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

Кафедра геофизики

**«Сопоставление результатов интерпретации методов БКЗ и ВИКИЗ по  
пластам-коллекторам Северо-Лабатьюганского месторождения нефти и  
газа»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического ф-та  
Бубнова Данилы Юрьевича

**Научный руководитель**

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

К.Б. Головин

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2019

**Введение.** Геофизические - исследования скважин (ГИС) являются частью геофизических исследований в нефтяных и газовых скважинах и предназначены для контроля за состоянием скважины на всех этапах ее эксплуатации.

Целью написания бакалаврской работы является сопоставление результатов интерпретации методов БКЗ и ВИКИЗ по пластам-коллекторам и последующее выявление наиболее эффективного и перспективного метода зондирования для определения УЭС.

Для достижения указанной цели в процессе написания данной квалификационной работы автором будут решены следующие задачи:

- Дать описание геологического строения района работ;
- Выполнить обзор комплексов ГИС применяемых для сопоставления результатов интерпретации;
- Изучить методику интерпретации пластов-коллекторов по скважинам Северо-Лабатьюганского месторождения.

Материалом для выпускной квалификационной работы послужили данные Северо-Лабатьюганского месторождения нефти и газа.

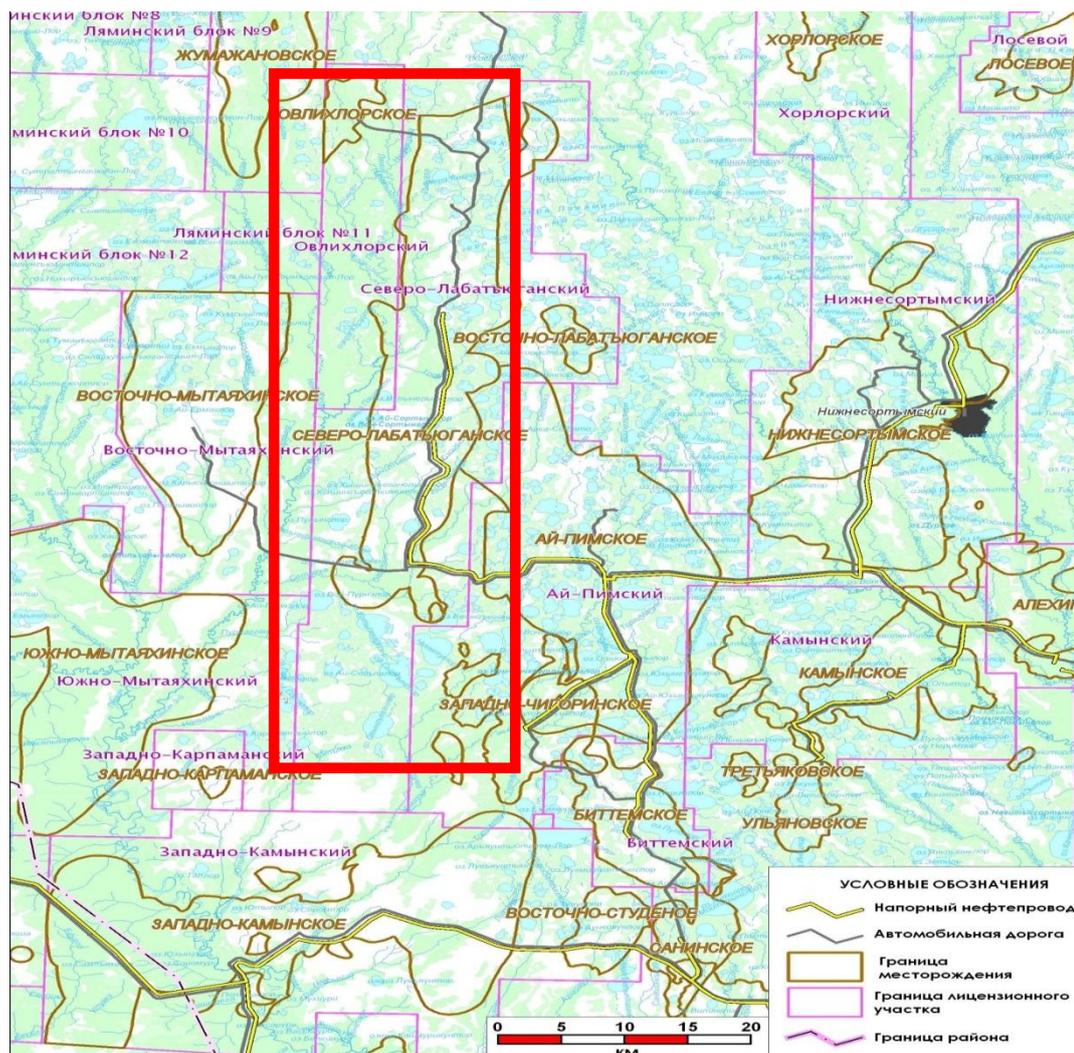
Материал для своей бакалаврской работы автор получил, работая геофизиком в партии ГИС, в геофизической компании ОАО «Сургутнефтегаз».

**Основное содержание работы. Первый раздел.** В административном отношении Северо-Лабатьюганское нефтяное месторождение расположено на территории Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области в 273 км на северо-запад от районного центра г.Сургут. Ближайшие населенные пункты-п.Нижнесортымский - находится в 127 км к востоку от месторождения, г.Лянтор - расположен в 186 км к северо-востоку от месторождения.

В основу стратиграфического расчленения района положены “Региональные стратиграфические схемы мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской равнины”, принятые на пятом Тюменском

межведомственном стратиграфическом совещании в 1990 г., утвержденные МСК СССР в январе 1991 г. Ниже представлен сводный литолого-стратиграфический разрез Северо-Лабатьюганского месторождения.

В геологическом строении Западно-Сибирской плиты по степени измененности слагающих пород и тектоническим особенностям выделяются три структурно-тектонических этажа. Нижний этаж отвечает геосинклинальному этапу развития фундамента плиты, заканчивающемуся в палеозое, и представлен дислоцированными осадочными и вулканогенными породами. По данным В.С.Суркова и О.Г. Жеро («Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты», 1981г.) породы под мезокайнозойским чехлом являются составными частями всех основных групп формаций: геосинклинальной, срединных массивов, платформенной и рифтовой.



Северо-Лабатьюганское месторождение расположено в пределах северной половины Северо-Камынской седловины и северного окончания Ай-Пимского вала - структуры I порядка.

Эти структуры в свою очередь осложнены локальными поднятиями II и III порядка. В пределах Северо-Камынской седловины выделяются Новокамынское, Северо-Камынское, Хотыптинские-1,2 ЛП, Верхнехотыптинское, Северо-Хотыптинское, Западно-Хотыптинское, Маломытаяхинские- структуры III порядка.

На востоке от Северо-Камынской седловины расположен Ай-Пимский вал, в границах которого с юга на север выделены: Ай-Пимская брахиантиклиналь- структура II порядка, Верхне-Ай-Пимское, Северо-Ай-Пимское, Восточно-Лабатьюганские, Лабатьюганское и Северо-Лабатьюганское ЛП- структуры III порядка.

На севере от исследуемой территории находится Логачёвское ЛП - структура III порядка (юг Ватлорской террасы- структура I порядка). На северо-западе расположено Овлихлорское ЛП. Западнее Хотыптинских ЛП расположена группа Мытаяхинских ЛП. На юге изучаемой территории группа Камынских ЛП граничит с группой Карпаманских структур (южная половина Северо-Камынской седловины, в пределах которой находится Западно-Камынское месторождение).

Все основные структурные поднятия на изучаемой территории были заложены в доюрское время.

**Второй раздел.** Сущность метода БКЗ заключается в измерении кажущегося сопротивления горных пород зондами КС одного типа, но разной длины (чаще всего обращенных или последовательных градиент – зондов). Комплекс зондов БКЗ, как правило, включает 4-5 зондов одного типа и один зонд КС другого типа для точного определения положения обеих границ

пласта. Длина зондов  $L$  меняется примерно от одного диаметра скважины до 30 диаметров. Кроме того, в процессе БКЗ записывают еще кривую КС потенциал – зонда и диаграммы ПС, резистивиметрии и кавернометрии. Один зонд КС представляет собой четырехэлектродную установку АВМN, один из электродов которой (В и N) заземляют на поверхности у устья скважины и его действием пренебрегают. Оставшиеся 3 электрода перемещают по скважине с сохранением неизменного расстояния между ними и называют зондовой установкой или просто зондом КС. Электрод, заземленный на поверхности, на профессиональном жаргоне каротажников называется «рыбой».

В 1926 году компанией Шлюмберже был предложен метод исследования разрезов скважин, основанный на изучении удельного электрического сопротивления горных пород и связанного с ним параметра, называемого кажущимся электрическим сопротивлением  $\rho_k$ . В дальнейшем этот метод получил название электрического каротажа скважин. Сопротивление в этом методе измеряют при помощи специальной трехэлектродной установки, опускаемой в скважину.

Интерпретация кривых БКЗ обычно начинается с определения вида практической кривой. Для этого практическую кривую сравнивают с двуслойными расчетными кривыми БКЗ, накладывая бланк с кривой БКЗ на двуслойную палетку БКЗ-1а. При этом фактическая кривая занимает на палетке одно из трех положений. Если практическая кривая занимает 1 положение и не пересекается с палеточными кривыми, то проникновение раствора в пласт отсутствует, а кривая БКЗ является двуслойной.

Если с увеличением длины зонда практическая кривая пересекает палеточные кривые, переходя от кривых с меньшим модулем к кривым с большим модулем (2), имеет место понижающее проникновение бурового раствора, а кривая БКЗ называется выположенной.

Если практическая кривая пересекает палеточные кривые от большего модуля к меньшему (3), имеет место повышающее проникновение бурового раствора, а кривая называется приподнятой трехслойной кривой.

По результатам измерений КС с зондами разной длины в билогарифмическом масштабе строят кривую БКЗ, отражающую зависимость кажущегося сопротивления от длины зонда. Для построения кривой БКЗ используют обычно средние значения кажущегося сопротивления ( $\rho_k^{cp}$ ), снятые с каждой из записанных кривых. Среднее КС представляет собой средневзвешенное по мощности значение КС в пределах между границами пласта. Для упрощения нахождения значения  $\rho_k^{cp}$  между кровлей и подошвой пласта проводят линию, параллельную оси глубин, с таким расчетом, чтобы площадь прямоугольника между этой линией, осью глубин и границами пласта была равна площади фигуры, заключенной между кривой КС, осью глубин и границами пласта. Как видно на рисунке 6, для выполнения этого условия достаточно, чтобы площадь  $S_2$ , включаемая в прямоугольник a b c d, была равна площади  $S_1$ , исключаемой из него.

Двуслойные кривые БКЗ получают на непроницаемых пластах большой мощности, в которых отсутствует зона проникновения бурового раствора. Двуслойные кривые могут получаться и на проницаемых пластах, если сопротивление зоны проникновения близко к сопротивлению неизменной части пласта, что иногда имеет место в нефтенасыщенных пластах, или если диаметр зоны проникновения во много раз превышает диаметр скважины.

Двуслойные кривые бывают двух типов: у одних сопротивление пласта больше сопротивления бурового раствора ( $\mu = \rho_{пл}/\rho_0 > 1$ ), у других, наоборот  $\rho_{пл} > \rho_0$  и  $\mu < 1$ . Теоретические кривые первого типа собраны в палетке БКЗ-1а, второго типа БКЗ-1б.

ВИКИЗ расшифровывается как "высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование".

Метод ВИКИЗ предназначен для исследования пространственного распределения удельного электрического сопротивления пород, вскрытых скважинами, бурящимися на нефть и газ.

Использование метода ВИКИЗ позволяет решать следующие задачи ГИС:

- 1) расчленение разреза, в том числе тонкослоистого, с высоким пространственным разрешением;
- 2) оценка положения водонефтяных и газоводяных контактов;
- 3) определение удельного электрического сопротивления неизменной части пласта, зоны проникновения фильтрата бурового раствора с оценкой глубины вытеснения пластовых флюидов;
- 4) выделение и оценка параметров радиальных неоднородностей в области проникновения, в том числе и окаймляющей зоны, как прямого качественного признака присутствия подвижных углеводородов в коллекторах.

По своей сути ВИКИЗ является вариантом боковых каротажных зондирований (БКЗ) в индукционном исполнении. В методе используется принцип частотно-геометрического зондирования, в котором увеличение глубины исследований достигается, во-первых, за счет уменьшения частоты электромагнитного поля и, во-вторых, за счет увеличения длины зонда.

В 1948 г. фирмой Шлюмберже (Г. Г. Доль) был разработан метод индукционного исследования скважин с использованием токов высокой частоты. Этот метод, в основу которого положена схема, аналогичная схеме скважинного магнитометра, предложенного в 1936 г. В. А. Шпаком, облегчает исследования сухих скважин или скважин, бурящихся на непроводящих (нефтяных) растворах. Позже выяснилось, что проведения метода индукционного каротажа без особых хлопот допустимо и в скважинах бурящихся на растворах обладающих хорошей электрической проводимостью.

При интерпретации результатов ВИКИЗ с целью выделения пластов - коллекторов выделяем в разрезе интервалы, где наблюдается расхождение диаграмм зондов разной длины с превышением показаний малых зондов над показаниями больших. Эти интервалы соответствуют пластам – коллекторам с повышающим проникновением бурового раствора. Так же бывают пласты – коллекторы с понижающим проникновением бурового раствора, в этом случае

расхождения показания зондов большей длины превышают показания зондов с более малой длиной.

Метод ВИКИЗ стал позволять более детально изучать распределение значений УЭС в околоскважинном пространстве и как следствие лучше изучать геологический разрез скважины. Метод настолько хорошо себя зарекомендовал, что в скором времени блоки метода стали включать в автономную комплексную аппаратуру для проведения каротажа в наклонных и горизонтальных скважинах.

На сегодняшний день метод ВИКИЗ является одним из основных методов для геофизического исследования скважин бурящихся на нефтегазовых месторождениях.

Вертикальные и радиальные исследовательские характеристики зондов ВИКИЗ оптимизированы для геолого-технологических условий нефтегазовых месторождений Западной Сибири.

В разрезах скважин, бурящихся на нефть, газ и воду практический интерес представляют пласты пористых проницаемых пород (песчаники, известняки). Такие пласты способны вмещать и отдавать пластовый флюид (нефть, газ, воду). Под воздействием разности давлений – гидростатического давления в скважине и пластового давления – буровой раствор «задавливается», стремится проникнуть в поры пласта и значительно изменяет физические свойства горных пород. Это и является главным препятствием на пути к определению истинных электрических характеристик таких пластов (коллекторов).

**Третий раздел.** Значения УЭС пласта используются в таких важных операциях, как определение коэффициента пористости и нефтегазонасыщенности. И что бы подчеркнуть важность точного определения УЭС пласта, я рассчитал коэффициент нефтегазонасыщенности ( $K_{нг}$ ) для 6 пласта 1 скважины, опираясь на данные по ВИКИЗ и ПС.

Определение пористости основано на зависимости между

коэффициентом пористости  $K_p$  и относительным сопротивлением породы  $R_p$ , называемым также параметром пористости. В общем виде эта зависимость определяется выражением (формула 9):

$$R_p = \frac{a}{K_p^m}, \quad (9)$$

Сопротивление водонасыщенного пласта  $\rho_{вп}$  можно определить по результатам БКЗ или ВИКИЗ, сопротивление пластовых вод  $\rho_v$  можно определить по диаграммам метода ПС или по результатам лабораторных измерений проб пластовых вод. Я же воспользуюсь данными ПС по своей скважине.

Для нахождения параметра пористости можно воспользоваться также измерениями в зоне проникновения бурового раствора, поскольку сопротивление самой зоны проникновения  $\rho'$  легко определяется по данным ВИКИЗ по малому зонду, а вода, которая насыщает поры в зоне проникновения, представляет собой, в основном, фильтрат бурового раствора, сопротивление которого  $\rho_{фил}$  зависит от сопротивления бурового раствора  $\rho_0$  и его температуры.

**Заключение.** В соответствие с поставленными во введении задачами в бакалаврской работе дано описание геологического строения района работ, выполнен обзор комплексов ГИС, применяемых для выделения пластов-коллекторов в скважинах Северо-Лабатьюганского месторождения.

По методам БКЗ и ВИКИЗ мною было проинтерпретировано около 40 пластов-коллекторов по двум скважинам Северо-Лабатьюганского месторождения. Многие пласты были маломощными, и кривые зондирования по таким пластам оказались сильно искажены из-за влияния вмещающих пород, поэтому сопоставление результатов интерпретации проходило по пластам-коллекторам, мощность которых была не менее 1 метра.

По результатам выполненного исследования можно сделать вывод о том ,что метод ВИКИЗ –главный, на сегодняшний день, метод каротажа, проводимый с целью определения УЭС горных пород.