

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

Кафедра геофизики

**«Выделение продуктивных интервалов разреза методами ГИС
(на примере Безымянного месторождения)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 403 группы
направление 05.03.01 геология
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Орловой Каролины Андреевны

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

подпись, дата

В.Ю. Шигаев

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

Введение. Актуальность работы. При решении важных геологических задач, связанных с выделением пластов-коллекторов, важное место занимают геофизические исследования скважин (ГИС), по данным которых осуществляется выделение флюидосодержащих пород в геологическом разрезе.

Основным **объектом** исследования в бакалаврской работе было Безымянное месторождение углеводородов, которое в тектоническом отношении расположено в пределах восточной части Восточно-Европейской платформы.

Цель работы: по данным комплекса ГИС выделить на объекте исследований продуктивные интервалы разреза.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Привести краткую геологическую характеристику района работ.
2. Рассмотреть теоретические основы методов ГИС, применяемых на изучаемой территории.
3. Привести результаты работ, полученные на исследуемой площади.

Важным этапом написания бакалаврской работы стало:

- ознакомление с геофизическими, геологическими, топографическими и геодезическими работами, методиками их выполнения, обработки и интерпретации;
- умение оформлять и делать выводы по графическим и текстовым материалам проектов геологического изучения недр;
- детально ознакомиться с техникой и методами ГИС, примененными на Безымянном месторождении.

Ознакомление с территорией Безымянного месторождения, с его литолого-стратиграфическим разрезом, тектоническим строением, результатами исследований методами ГИС, послужило основой для написания этой работы. Работа состоит из введения, трех разделов (краткая геологическая характеристика района работ, теоретические основы методов ГИС, применяемых на месторождении; результаты исследования),

заключения.

Основное содержание работы. Первый раздел «Краткая геологическая характеристика района работ» включает в себя стратиграфию и литолого-фациальные особенности разреза (подраздел 1.1), тектоническое строение месторождения (подраздел 1.2), в котором описаны местные стратиграфические подразделения и их нефтегазоносность (подраздел 1.3).

Для составления сводного литолого-стратиграфического разреза, использовались материалы поискового и разведочного бурения на Безымянной площади, где вскрыты породы кристаллического фундамента и отложения девонской, каменноугольной, пермской, неогеновой, четвертичной систем. Кристаллический фундамент сложен архейскими метаморфическими и магматическими породами. На фундаменте повсеместно залегает плитный, палеозойско-кайнозойский комплекс осадочного чехла.

Исследуемый участок расположен в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Перспективы данного участка, в нефтеносном отношении, объясняются её территориальной близостью к уже известным месторождениям, где промышленная нефтеносность связана со следующими продуктивными нефтегазоносными комплексами:

- эйфельско-нижнефранский (I НГК терригенный);
- верхнедевонско-нижнекаменноугольный (II НГК карбонатный);
- нижнекаменноугольный (III НГК терригенный).

Второй раздел «Теоретические основы методов ГИС, применяемых на месторождении». В комплекс геофизических исследований входили электрические (подраздел 2.1), акустические (подраздел 2.2) и радиоактивные (подраздел 2.3) методы.

Каротаж кажущегося сопротивления (пункт 2.1.1) является основой ГИС и занимает важное место при изучении разрезов скважин, бурящихся на нефть и газ. Кроме того, на месторождении использовались: метод естественных потенциалов – ПС (пункт 2.1.2) индукционный каротаж – ИК (пункт 2.1.3) и боковой каротаж – БК (пункт 2.1.4).

В целом, электрический каротаж имеет лидирующее значение и высокую эффективность среди измерений всеми другими видами ГИС. Кривые кажущегося сопротивления ρ_k , зарегистрированные стандартными зондами, должны четко расчленять геологический разрез, давать правильное представление об удельном сопротивлении пород и наличии продуктивными горизонтов в разрезе.

Зонды различают по результатам измерений – потенциал-зонд и градиент-зонд; по расположению парных электродов по отношению к непарному – последовательный зонд и обращенный зонд; по числу токовых электродов в скважине – однополюсный зонд прямого питания и двухполюсный зонд взаимного питания. Запись производилась по скважине при помощи трех зондов электрического каротажа (двухметровый кровельный и подошвенные градиент-зонды и полуметровый потенциал-зонд) кривых КС и кривой потенциалов самопроизвольной поляризации (ПС / СП).

КС регистрировался потенциал-зондами (ПЗ), это такие зонды, у которых расстояние между непарными электродами меньше, чем между парными.

Для изучения электрических свойств горных пород (проводимости, диэлектрической проницаемости) наряду с электрическим каротажом применяется также электромагнитный каротаж, основанный на измерении элементов электромагнитного поля. Из разновидностей электромагнитного каротажа широкое практическое применение находят диэлектрический и особенно ИК. Индукционный каротаж основан на изучении распределения электромагнитного поля в пространстве, окружающем зонд, в зависимости от удельной электропроводности горных пород.

В отличие от других методов электрического каротажа, ПС, КС, БК, индукционный каротаж является бесконтактным, т.е. посредством индукционного зонда измеряют проводимость горных пород, не посылая через электроды в них электрический ток. Таким образом, предоставляется возможность исследовать сухие скважины и скважины, заполненные глинистым раствором, приготовленным на нефтяной основе. Кроме того,

индукционные зонды имеют лучшую разрешающую способность по мощности и больший радиус исследования изучаемой среды.

Под боковым каротажем (БК) понимают каротаж сопротивления зондами с экранными электродами и фокусировкой тока. Различают боковой каротаж, выполняемый многоэлектродными (семь, девять электродов) и трехэлектродным зондами.

Семиэлектродный зонд состоит из центрального электрода A_0 , двух пар измерительных M_1, M_2, N_1, N_2 и одной пары токовых экранных электродов A_1 и A_2 . Электроды каждой пары соединены между собой и симметрично расположены относительно электрода A_0 . Через последний пропускают ток силы I_0 , который поддерживается постоянным в процессе регистрации.

Через экранные электроды A_1 и A_2 протекает ток I_s той же полярности, но такой силы, чтобы разность потенциалов между электродами M_1 и N_1 или M_2 и N_2 равнялась нулю. Замеряют падение потенциала одного из измерительных электродов M_1, M_2 или N_1, N_2 относительно электрода N , удаленного на значительное расстояние от токовых электродов, чтобы избежать влияния их электрического поля. Выносить электрод N на поверхность нежелательно из-за индуктивных помех.

Результат измерений зондом бокового каротажа относят к точке A_0 . За длину зонда L_3 принимают расстояние между серединами интервалов $M_1 N_1$ и $M_2 N_2$ (точками O_1 и O_2). Расстояние между экранирующими электродами A_1, A_2 называют общим размером зонда.

Акустический каротаж - АК (подраздел 2.2) относится к основным методам, проводился в открытом стволе скважины №2 Безымянного месторождения, перед спуском каждой технической/эксплуатационной колонны, по всему разрезу, исключая кондуктор. АК основан на возбуждении в жидкости, заполняющей скважину, импульса упругих колебаний и регистрации волн, прошедших через горные породы, на заданном расстоянии от излучателя в одной или нескольких точках на оси скважины. Основным назначением акустического каротажа в нефтегазовых скважинах является литологическое

расчленение разрезов, выделение гранулярных и трещиновато-кавернозных коллекторов и определение их пористости.

Основными видами радиоактивного каротажа (подраздел 2.3) являются гамма-каротаж – ГК (пункт 2.3.1), основанный на изучении естественной радиоактивности горных пород, и методы, использующие эффекты взаимодействия излучения от излучателя нейтронов - нейтронный каротаж (пункт 2.3.2) или от гамма-излучателя - гамма-гамма каротаж (пункт 2.3.3) с горной породой. Преимущества методов радиоактивного каротажа перед другими методами, например электрометрией, заключается в следующем: в возможности проведения радиоактивного каротажа как в открытом стволе, так и в скважинах, обсаженных стальными колоннами и цементным кольцом; в возможности определения химико-минерального состава горных пород.

Гамма-каротаж находит широкое применение для изучения литологии пород, выделения глинистых пластов, качественной и количественной оценки их глинистости, при корреляции разрезов скважин, в том числе и обсаженных колонной.

Кроме радиоактивности горных пород, на показания гамма - метода оказывают влияние:

а) поглощение гамма - излучения в скважине, зависящее от диаметра скважины, плотности бурового раствора, наличия и толщины обсадной колонны и цементного кольца;

б) радиоактивность среды, заполняющей ствол скважины. Радиоактивный распад сопровождается тремя видами излучений: α , β -частиц и γ -квантов.

Проникающая способность γ -квантов через вещество ввиду их электрической нейтральности гораздо больше, чем у α и β - частиц, и достигает нескольких десятков сантиметров, поэтому именно γ -кванты регистрируются при изучении естественной радиоактивности горных пород.

При нейтронном каротаже (НК) разрезов скважин изучают эффекты взаимодействия потока нейтронов излучаемых естественными или искусственными источниками быстрых нейтронов, с горной породой.

Выбор нейтронного облучения пород неслучаен, поскольку нейтроны, являясь электрически нейтральными элементарными частицами, не взаимодействуют с электронными оболочками атомов, вследствие чего их проникающая способность намного выше, чем у других видов излучения. Нейтронные свойства горных пород определяют пространственное распределение нейтронов около источника, характеризующееся плотностью нейтронов, то есть их числом в единице объема среды. Характер распределения плотности нейтронов зависит от замедляющих свойств среды, то есть определяется водородосодержанием.

Измерение характеристик полей рассеянного γ -излучения, возникающего при облучении г.п. источником γ -квантов вдоль ствола скважины, называется гамма-гамма-каротажем (ГГК). При проведении ГГК в скважину опускается измерительная установка, состоящая из источника и детектора гамма-излучения, разделенных свинцовым экраном. Экраном поглощаются те гамма-кванты, которые распространяются по прямой линии от источника до детектора.

Гамма-кванты, проникающие в породу, рассеиваются на электронах, входящих в состав атомов пород, часть из них после нескольких актов рассеяния попадает в детектор и регистрируется. Чем больше плотность пород, тем меньше гамма-квантов приходит в детектор. При прохождении через вещество гамма-кванты взаимодействуют с электронами и ядрами атомов. Это приводит к ослаблению интенсивности γ -излучения.

Третий раздел «Результаты исследований». На Безымянной площади пласты-коллектора представлены песчаниками с алевролитами и с известняками, а вмещающие их породы -неколлектора глинистыми алевролитами и аргиллитами. Они надёжно и однозначно определяются по данным ГИС.

Далее с целью выделения коллекторов в изучаемой скважине рассмотрим приемы интерпретации каротажных данных.

Выделить пласты-коллектора можно, интерпретируя каротажные диаграммы методов электрического каротажа: ПС, КС (ПЗ) и АК. Благодаря этим методам

можно находить в разрезе пласты коллекторов, а также прогнозировать характер их насыщения.

Рассмотрим данные по УЭС в нефтенасыщенных, нефтеводонасыщенных и водонасыщенных коллекторах исследуемой площади. В разрезе выявлено семь нефтенасыщенных интервалов (пласт C_{1bb} и ярус C_{1t}), два интервала насыщенные нефтью и водой (пласт C_{1bb} и ярус C_{1t}) и три интервала насыщенных минерализованной водой.

В Бобриковском пласте (C_{1bb}), B_2 , небольшим по мощности, выделены два нефтенасыщенных интервала, и один интервал, насыщенный нефтью и водой.

Глубина исследования бобриковского пласта в интервале от 1784.5 - 1796.0 м. Геолого-геофизический разрез иллюстрирует пласт-коллектор, удельное электрическое сопротивление у глинистого песчаника повышено 50,025 Ом*м, который хорошо выделяется на фоне глинистого известняка, а показания ПС показывают минимальное значение. По этим показаниям в промежутках от 1783.7-1784.3 м и 1786.9-1788.6 м выделяются нефтенасыщенные интервалы.

Кривая гамма-каротажа указывает на литологию пород, так в интервалах 1786-1787 и 1792.5-1796 имеются самые высокие показания ГК – 19,4 мкР/ч, что говорит о присутствии глиносодержащих пород – аргиллитов, а интервалы 1782-1786 и 1787-1789 имеют самые низкие показания радиоактивности – 2,20 мкР/ч, что указывает на песчаные породы.

Диаграмма ГГК_П показывает изменения в интервалах с породами отличающихся по плотности, так интервалы 1786.5-1787.5, 1789.5-1790, 1792-1793, 1794.5-1795.5 имеют минимальными значениями 1,95 г/см³, что указывает на плотные породы (песчано-алевролиты, аргиллиты), а в интервалах 1777-1786.5, 1787.5-1789.5, 1790-1792, 1793-1794 повышаются показания кривой ГГК_П, что указывает на увеличении пористости пород (известняки, песчаники).

Показания АК дают понимание о горных породах по их упругим свойствам, разной скорости распространения упругих волн от источника к приемнику. В интервале 1789.5-1790.3, замечен приток воды с нефтью, это характерно по показаниям кривой акустического каротажа, так как именно в этом месте интервальное время уменьшается с уменьшением коэффициента пористости,

потому что скорость распространения волн в породе увеличивается, и эти значения продолжают расти до глубины 2500-3000 м. Анализируемые данные можно посмотреть на рисунке 1.

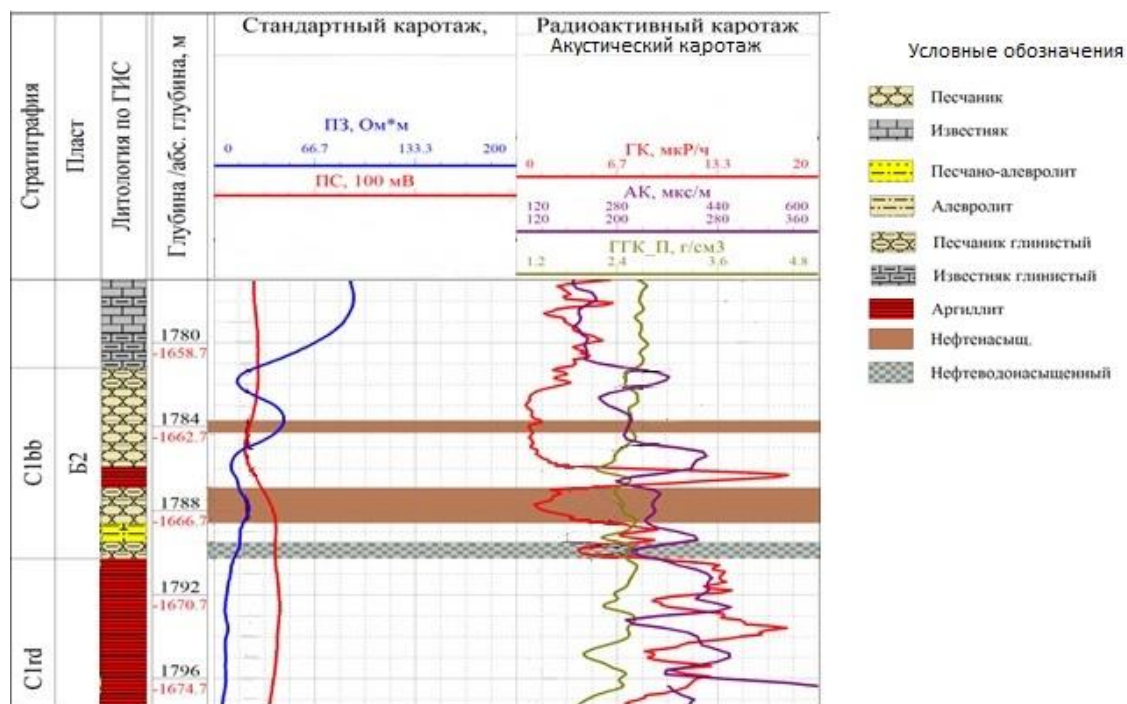


Рисунок 1 - Геолого-геофизический разрез Бобриковского пласта

Рассмотрим более детально геолого-геофизический разрез Турнейского яруса, Радаевского горизонта и Бобриковского пласта с расширенным комплексом каротажей, который был применен для скважины №2, смотреть рисунок 2.

На диаграмме НК мы можем проследить переходы с водо- на нефтенасыщенный пласт, этот переход замечен в интервале с Турнейского яруса на Радаевский горизонт. Выше Бобриковского пласта находится Тульский горизонт, который имеет самые высокие показания НГК, их создают плотные малопористые известняки, а самые низкие показания у аргиллитов, причем в Турнейском ярусе значения заметно повышаются, где имеется переход ВНК, значения НК не сильно уменьшаются, из-за содержания в пластовой высокоминерализованной воде хлора, чье наличие и приводит к повышению интенсивности радиоактивного гамма-излучения.

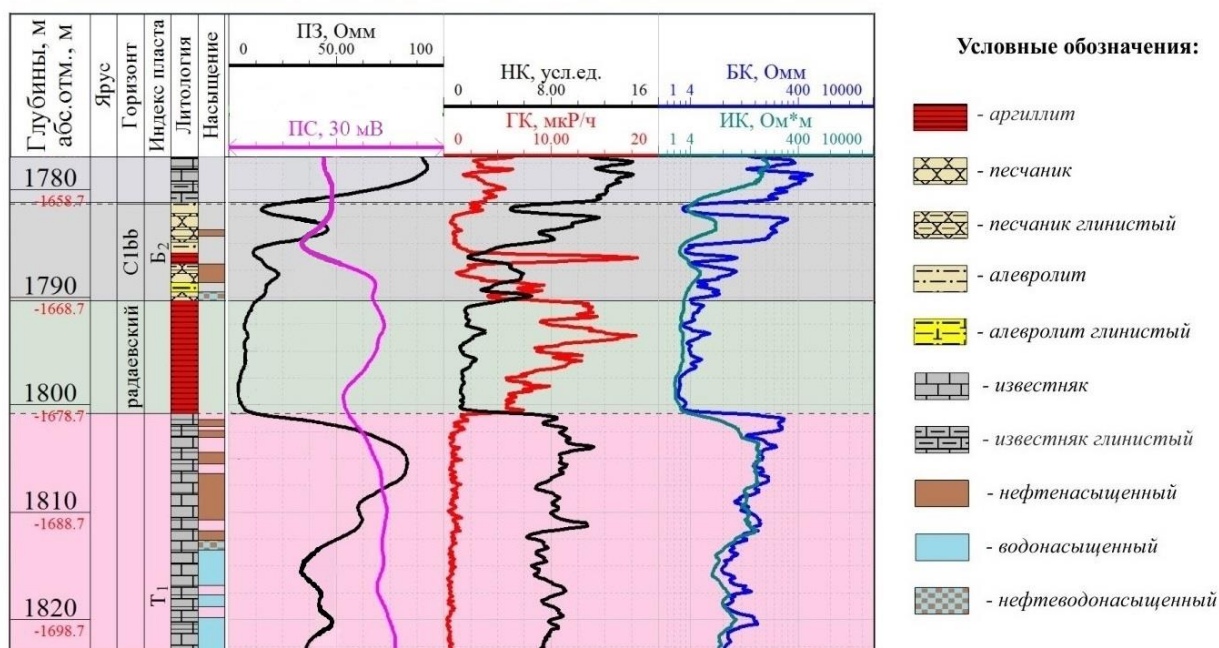


Рисунок 2 - Геолого-геофизический разрез Турнейского яруса, Радаевского горизонта и Бобриковского пласта

По показаниям гамма-каротажа, Турнейский горизонт выделяется наименьшими показаниями ГК это свидетельствует, что этот горизонт может иметь пласты-коллектора, так как минимальные значения ГК свидетельствуют о неглинистых породах, в нашем случае это известняки. Глинистые породы имеют более высокие отметки, чем песчаные породы, так в Радаевском горизонте и Бобриковском пласте имеются самые высокие отметки ГК напротив аргиллита, и минимальные у песчаника.

По диаграмме бокового каротажа заметно сходство с диаграммой ПЗ, только у кривых БК показания выделены лучше, из-за фокусировки тока зондом, но границы перехода с ВНК определить визуально трудно, и можно только по точкам на спаде кривой с граничным сопротивлением, величина которого определяется УЭС вмещающих пород.

Кривая индукционного каротажа имеет схожие показания с ПЗ, и противоположные с ПС, дело в фиксируемой методом кажущейся удельной проводимости, которая отражает характер изменения проводимости среды и

соответствует зеркальному отображению кривой РК стандартного электрического каротажа.

Заключение. ГИС широко применяются при поиске и разведке месторождений УВ, которые находятся на больших глубинах, под толщами мощных вышележащих пород. Кроме того, они служат для получения геологической информации по разрезам, пройденным скважиной, выявления и промышленной оценки полезных ископаемых, позволяя изучать техническое состояние скважин, выявлять места притоков вод, устанавливать характер насыщения пород, а по результатам различных каротажей давать геологическое описание разреза скважин. При этом важно применять комплекс различных методов ГИС для подробного изучения перспективных площадей.

В данной работе была рассмотрена краткая геологическая характеристика района работ на основе имеющегося фондового материала по скважине №2 Безымянной площади. Кроме этого, были проанализированы дополнительные источники информации по теоретическим основам ГИС и аппаратуре, использованной в ходе прохождения профориентационной практики.

На Безымянной площади по скважине № 2 на основе каротажных диаграмм КС (ПЗ), БК, ИК; акустического каротажа (АК) и радиоактивного каротажа (НК, ГК, ГГК_П) были получены литологические данные, с выделением коллекторов и определен характер их насыщения в интервалах глубин 1777,0 – 1824,0 м.

В настоящее время возможности ГИС по выделению продуктивных интервалов разреза сильно возросли, так стало возможным сократить отбор керн при глубоком разведочном бурении и перейти на бескерновое, тем самым достигнув экономического эффекта, за счет существенного увеличения скорости бурения. Каждый комплекс: электрических, акустических, радиоактивных и других методов, позволяет решать широкий круг задач: изучение разрезов скважин, определение литологии, выделение нефтегазоносных пластов и оценка в них запасов углеводородов и других

полезных ископаемых. Каждый метод, используется в зависимости от физических свойств горных пород, на которых они основываются.

Полученные результаты дают основание считать, что все поставленные задачи перед автором были решены, а цель работы - достигнута.