

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

Кафедра геофизики

**«Особенности проведения комплекса геофизических методов исследований
скважин в Западной Сибири на примере «Северного» месторождения»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 геология
геологического ф-та
Половинко Екатерины Алексеевны

Научный руководитель

К. г.-м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

Е.Н. Волкова

подпись, дата

Саратов 2019

Введение. Данная магистерская работа посвящена особенностям проведения комплекса геофизических методов исследований в Западной Сибири на примере «Северного» месторождения. Выделение пластов-коллекторов, определение пористости, типа пустотного пространства и характера флюидонасыщения может быть недостоверным из-за низкого качества фильтрационно-емкостных свойств пород. Для решения такой важной проблемы может быть предложено расширение комплекса ГИС введением дополнительного метода – ядерно-магнитного.

Цель выпускной магистерской работы состояла в выделении пластов-коллекторов по методам ГИС с применением дополнительного ядерно-магнитного метода.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие частные задачи:

- изучить и проанализировать геолого-геофизическое строение района работ;
- описать методику проведения работ;
- рассмотреть комплексы ГИС, применяемые на исследуемой территории;
- рассмотреть дополнительный метод - ЯМК;
- провести анализ полученных результатов;
- сравнить данные по стандартному каротажу и ядерно-магнитному;
- рассчитать коэффициенты корреляции по двум коэффициентам, полученным разными методами.

Материалы исследования были собраны в ЗАО ПГО ТЮМЕНЬПРОМГЕОФИЗИКА (ЗАО ПГО «ТПГ»).

Выпускная магистерская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка используемых источников, включающего 13 источников.

Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика района» содержит четыре подраздела. **Подраздел 1.1 «Общие сведения»** содержит общие сведения о месторождении, его административном месторасположении. **Подраздел 1.2 «Литолого-стратиграфическая характеристика»** содержит

сведения о литолого-стратиграфической характеристике района. **Подраздел 1.3 «Сведения о тектоническом строении»** содержит сведения о тектоническом строении района. **Подраздел 1.4 «Нефтегазоносность»** содержит сведения о нефтегазоносных комплексах исследуемой территории.

Раздел 2 «Методика работ» содержит шесть подразделов. **Подраздел 2.1 «Стандартный комплекс ГИС»** содержит сведения о проведении работ стандартного комплекса ГИС на исследуемой территории. **Подраздел 2.2 «Ядерно-магнитный томографический каротаж (ЯМТК)»** содержит общие сведения о дополнительном методе и решаемые задачи. **Подраздел 2.3 «Физические основы ядерно-магнитного каротажа»** содержит сведения о физическом принципе метода. **Подраздел 2.4 «Прибор ядерно-магнитного томографического каротажа»** содержит краткое описание зонда и принципы его измерения. **Подраздел 2.5 «Модификация методов ЯМК»** содержит описание модификаций метода ЯМК. **Подраздел 2.6 «Виды пористости, определяемые по ЯМК»** содержит информацию о видах пористости, которые можно определить по данным ЯМК.

Раздел 3 «Результаты работ по данным ЯМК » содержит четыре подраздела. **Подраздел 3.1 «Анализ данных по пласту ПК18»** содержит обзорную характеристику пластов ПК18, данные, с помощью которых проводилось выделение перспективных интервалов, показания K_n по ГГК и ЯМК, график соотношения K_n по двум методам и расчет коэффициента корреляции. **Подраздел 3.2 «Анализ данных по пласту ПК19»** содержит обзорную характеристику пластов ПК19. **Подраздел 3.3 «Анализ данных по пласту ПК20»** содержит обзорную характеристику пластов ПК20. **Подраздел 3.4 «Анализ данных по пласту ПК21»** содержит обзорную характеристику пластов ПК21.

Работа изложена на 74 стр., содержит 11 таблиц, 2 формулы, 20 рисунков и 1 приложение.

Основное содержание работы. Раздел 1 «Геолого-геофизическая характеристика района». «Северное» нефтегазоконденсатное месторождение находится в северной части Западно-Сибирской низменности, в верхнем течении несудоходных рек Хадуттэ и Таб-Яха - левых притоков реки Пур.

В административном отношении территория месторождения входит в состав Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области России, немного севернее полярного круга.

Геологический разрез «Северного» месторождения представлен терригенными песчано-глинистыми отложениями мезозойско-кайнозойского платформенного чехла, которые залегают на породах палеозойского складчатого фундамента.

Породы фундамента представлены метаморфизованными аргиллитами и алевролитами. Сводный геолого-геофизический разрез представлен в приложении А.

«Северное» месторождение относится к Надым-Пуровской нефтегазоносной области. На востоке граничит с Пур-Тазовской нефтегазоносной областью, на севере с Гыданской нефтегазоносной областью.

«Северное» месторождение приурочено к крупной структуре I порядка – Уренгойский мегавал. На западе граничит с Ямбургским мегавалом, на юге с Танловским мегавалом и Северным сводом, на юго-востоке граничит с Русско-Часельским мегавалом, на севере с Нижнемессояхским мегавалом.

В соответствии с тектонической картой платформенного чехла Западно-Сибирской НГП площадь района работ расположено в пределах Уренгойского локальное поднятие.

По сходству фациальных условий накопления осадков, формирования в них ловушек и залежей нефти, газа, газоконденсата, обладающих близкими свойствами и параметрами в пределах указанного стратиграфического диапазона в «Северном» районе выделяется снизу-вверх пять нефтегазоносных комплексов:

– ниже-среднеюрский,

- верхнеюрский,
- ачимовский,
- неокомский,
- апт-сеноманский.

Раздел 2 «Методика работ. На момент проведения работ выполнялись следующие виды исследований: стандартный каротаж; микрокаротаж (МК); индукционный каротаж (ИК); боковой каротаж (БК); радиоактивный каротаж (ГК); кавернометрия. В целом, рассмотренный комплекс позволяет выделить эффективные толщины, определить характер насыщения и параметры коллекторов в объектах исследования. Но, поскольку на эффективность данных стандартного комплекса ГИС могут оказывать влияние многочисленные факторы: тип и свойства буровых растворов, минерализация пластовых вод, толщина пластов, минеральный состав, емкостные свойства пород и другие факторы, и поскольку в районе работ присутствуют породы-коллекторы с низкими фильтрационно-емкостными свойствами, то целесообразно помимо вышесказанных методов принять во внимание и дополнительный метод – ядерно-магнитный томографический каротаж (ЯМТК).

Ядерно-магнитный томографический каротаж (ЯМТК) предназначен для определения коллекторских свойств горных пород по разрезу скважин и свойств флюидов, заполняющих поровое пространство в исследуемой зоне. Применяется для исследования открытого ствола нефтяных и газовых скважин диаметром 215 – 290 мм. Измеряется кривая релаксации (T_2) флюидов, заполняющих поровое пространство.

Решаемые задачи:

- анализ структуры порового пространства, определение пор по размерам;
- определение пористости и ее компонент;
- определение проницаемости;
- определение остаточной нефтегазонасыщенности;
- определение типов пластовых флюидов.

Ядерно-магнитный резонанс связан с физическим принципом, заключающимся в реакции ядер на магнитное поле. Многие из ядер обладают магнитным моментом, т.е. они ведут себя как вращающиеся диполи.

Эти вращающиеся магнитные ядра могут взаимодействовать с внешними по отношению к ним магнитными полями и генерировать поддающиеся измерению сигналы.

Для большинства элементов обнаруживаемые сигналы слабы, однако, водород обладает сравнительно большим магнитным моментом и присутствует в изобилии и в воде, и в углеводородах порового пространства горных пород. Настроив используемый при ЯМК каротажный зонд на частоту магнитного резонанса водорода, можно максимально усилить и измерить данный сигнал.

Прибор ядерно-магнитного томографического каротажа (ЯМТК) предназначен для определения структуры порового пространства, фильтрационно-емкостных свойств флюидов на основе измерения и обработки кривой релаксации (T_2) флюидов, заполняющих поровое пространство.

Тип используемого кабеля – трехжильный, семижильный.

Тип используемых источников зонда:

- постоянный магнит с рабочим диапазоном температур от минус 50 до плюс 120 °С;

- постоянное магнитное поле напряжённостью 175 Гс;

- радиочастотное поле частотой 700-720 кГц напряжённостью 0.6 Гс.

Формула зонда - дипольный градиентный зонд.

В практике ГИС используется две модификации исследований ЯМР:

- аппаратура типа АЯМК, работающая в слабом (0,5 Гс) однородном магнитном поле Земли;

- аппаратура типа ЯМТК, работающая в сильном (порядка 170 Гс) градиентом (15-25 Гс/см) магнитном поле, созданным постоянным магнитом.

Раздел 3 «Результаты работ по данным ЯМК». Данные ЯМК предоставлены по пластам ПК18-ПК21, относящиеся к покурской свите (K_{1a} - K_{1al}) и приуроченные к сеноманскому нефтегазоносному комплексу. По

каротажным диаграммам был проведен анализ выделения перспективных пропластков по стандартному каротажу ГИС (кавернометрия, ГК, ПС, БК, ИК, МК) и по дополнительному методу (ЯМК). Были построены графики зависимости коэффициента пористости, определенные по данным ГГК и по данным ЯМК, а также провели расчет коэффициента корреляции.

Было выделено несколько перспективных толщ. Выделение проводилось по основным качественным признакам:

- 1) Сужение диаметра скважины по сравнению с номинальным, фиксируемое на кавернограмме, обусловленное образованием глинистой корки на стенке скважины;
- 2) Наличие положительных приращений при невысоких показаниях на кривых микрозондирования;
- 3) Наличие радиального градиента сопротивлений по данным разноглубинных методов (БКЗ, БК-МБК, ВИКИЗ);
- 4) Отрицательные аномалии на диаграммах ПС.

Помимо стандартного комплекса ГИС так же брались во внимание данные по ЯМК (объемная модель качества пор, время релаксации в стандартной волновой картине и в виде цветовой диаграммы, а также рассматривались коэффициенты пористости, проницаемости).

По данным каротажей ПК18 были выделены следующие перспективные пласты: 1535,0-1537,0; 1537,0-1544,0; 1544,0-1547,0; 1549,0-1551,0; 1555,0-1560,0; 1560,0-1570,3; 1570,3-1574,0; 1574,0-1578,0; 1578,0-1580,0; 1580,0-1582,0; 1585,0-1587,0; 1588,0-1590,2; 1593,0-1595,0; 1597,0-1601,5; 1603,0-1606,0; 1606,0-1617,0; 1618,0-1621,0. После всех арифметических операций, коэффициент корреляции будет равен $r=0,87$. Высокая корреляционная связь между двумя параметрами, полученными разными методами, подтверждает высокую разрешающую способность метода ЯМК в сравнении с ГГК и показывает его целесообразное применение в качестве дополнительного метода к стандартному комплексу ГИС. Аналогично рассмотрим еще несколько каротажных данных.

По сравнению с предыдущей записью, на данных по ПК19 видны изменения. Если на данных ПК18 прослеживалось уэс пластов равное 4 Ом, то теперь уэс повысилось и составляет 6-7 Ом. Немного увеличились и показания по ПС, если на данных ПК показания были равны 190-200 мВ, то теперь 196-208 мВ. Также изменилась и картина по ЯМК. Процент крупных эффективных пор стал меньше (занимает примерно 1/3 объемной модели), чем по данным ПК18 (2/3 объемной модели). Изменения видны и на данных времени релаксации. По данным каротажей ПК19 были выделены следующие перспективные пласты: 1630,0-1632,3; 1634,0-1635,2; 1640,0-1641,6; 1641,6-1644,0; 1644,0-1646,5; 1647,5-1651,0; 1651,0-1653,5; 1655,0-1657,5; 1658,5-1659,0; 1659,0-1659,8; 1661,0-1663,0; 1663,0-1666,0; 1666,0-1667,0; 1668,3-1670,0; 1671,0-1673,5. После всех арифметических операций, коэффициент корреляции будет равен $r=0,79$, ниже, чем по данным ПК18.

По сравнению с предыдущими записями, данные по ПК20 приблизительно похожи на данные ПК19. Сопротивление пластов также, как и на данных ПК19 равен 6-7 Ом. Немного увеличились показания по ПС и стали равны 193-210 мВ. Данные по ЯМК изменились незначительно. Немного видны изменения в объемной модели качества пор, теперь процент крупных эффективных пор занимает примерно от 1/3 до 1/2 объемной модели. Изменения на данных времени релаксации схожи с данными по ПК19. По данным каротажей ПК20 были выделены следующие перспективные пласты: 1675,0-1677,0; 1677,0-1679,0; 1681,0-1681,8; 1683,0-1686,7; 1688,0-1689,6; 1691,7-1696,0; 1696,0-1697,0; 1697,0-1697,5; 1701,5-1704,0; 1704,0-1709,8; 1711,0-1712,0; 1713,5-1714,0; 1721,0-1724,0; 1729,6-1733,7; 1733,7-1735,6; 1743,6-1745,7; 1745,7-1747,6. После всех арифметических операций, коэффициент корреляции будет равен $r=0,89$. Несмотря на более низкие показания коэффициентов по отношению с данными ПК18, коэффициент корреляции выше чем в ПК18 и ПК19.

По сравнению с предыдущими записями, данные по ПК21 приблизительно похожи на данные ПК18. Сопротивление пластов варьируется от 4,5 до 18 Ом.

Показания по ПС равны 193-202 мВ. По сравнению с данными ПК20 и ПК19 данные по ЯМК изменились. В объемной модели качества пор процент крупных эффективных пор занимает примерно от 2/3 до практически полного заполнения объемной модели. Изменения на данных времени релаксации схожи с данными по ПК18. Спектр времени релаксации сдвигается вправо, показывая наличие крупных пор. Наличие таких пор подтверждается и по цветовой диаграмме. По данным каротажей ПК21 были выделены следующие перспективные пласты: 1784,0-1786,3; 1791,5-1798,3; 1799,0-1800,2; 1801,0-1802,5; 1803,5-1805,0; 1805,0-1807,0; 1807,0-1811,5; 1812,5-1814,2; 1815,4-1823,4; 1825,0-1839,0; 1840,0-1851,0. После всех арифметических операций, коэффициент корреляции будет равен $r=0,34$.

Таким образом, рассмотрев данные по четырем интервалам, относящиеся к пластам ПК18-ПК21 сеноманского НГК, можно сделать вывод о необходимости применения ядерно-магнитного каротажа как дополнительного метода. Стандартного комплекса иногда не вполне достаточно, для того чтобы быть полностью уверенными с выделенном интервале перспективного пропластка. Поэтому целесообразно принять во внимание применение дополнительного метода ЯМК, по которому четко отображается наличие крупных эффективных пор, или наоборот неэффективных пор. Также ядерно-магнитный каротаж позволяет оценить общие коэффициенты пластов (K_p , $K_{пр}$) и их различные модификации.

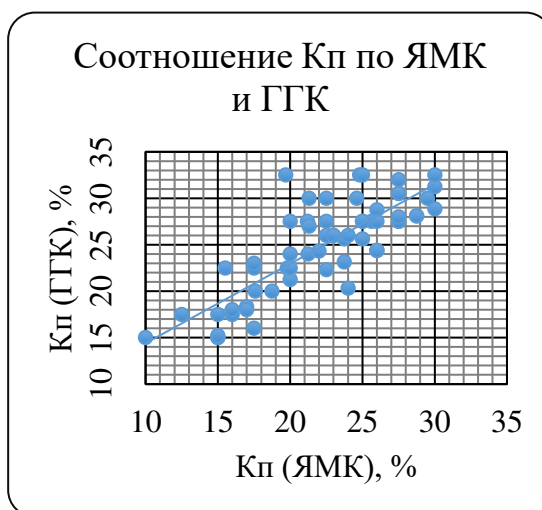


Рисунок 1 - Соотношение K_p по ЯМК и ГГК по всему интервалу

При сравнении двух коэффициентов $K_p(\text{ГГК})$ и $K_p(\text{ЯМК})$ были составлены графики соотношений по всей глубине исследуемого интервала, как показано на рисунке 1, и отдельно для каждого ПК.

Согласно рисунку 1 график имеет прямую линейную зависимость. При подсчете коэффициента корреляции получили $r=0,82$. Высокая корреляционная связь позволяет при отсутствии данных по ГГК, принимать во внимание данные, полученные по ЯМК. При рассмотрении каждого отдельного пласта стоит отметить отличие коэффициента корреляции ПК21 ($r=0,34$), которое имеет очень низкое значение, от коэффициентов остальных пластов: ПК20 ($r=0,89$), ПК19 ($r=0,79$) и ПК18 ($r=0,87$).

Заключение. В результате рассмотрения данных по четырем интервалам, относящиеся к пластам ПК18-ПК21 сеноманского НГК, можно утверждать о необходимости применения ядерно-магнитного каротажа как дополнительного метода. Стандартного комплекса иногда не вполне достаточно, для того чтобы быть полностью уверенными с выделенном интервале перспективного пласта. Поэтому целесообразно принять во внимание применение дополнительного метода ЯМК, по которому возможно получение максимально достоверных геологических и петрофизических характеристик. Согласно расчету соотношения, двух коэффициентов $K_n(\text{ГГК})$ и $K_n(\text{ЯМК})$ по всей глубине исследуемого интервала, график имеет прямую линейную зависимость. При подсчете коэффициента корреляции по формуле 3.1.2 получили $r=0,82$. Высокая корреляционная связь позволяет при отсутствии данных по ГГК, принимать во внимание данные, полученные по ЯМК. При рассмотрении каждого отдельного пласта стоит отметить отличие коэффициента корреляции ПК21 ($r=0,34$), которое имеет очень низкое значение, от коэффициентов остальных пластов: ПК20 ($r=0,89$), ПК19 ($r=0,79$) и ПК18 ($r=0,87$).

В результате проведенного анализа, не только качественно, но и количественно дополнительный метод ЯМК оправдывает себя. При работах со сложными коллекторами стандартный комплекс может быть не достаточно информативным, в связи с чем ядерно-магнитный метод является прекрасным дополнением к стандартному комплексу.

Автор выпускной магистерской работы надеется, что широкое внедрение в практику дополнительного метода ЯМК, будет способствовать решению такой проблемы, как выделение пластов-коллекторов, определение пористости, типа пустотного пространства и характера флюидонасыщения в породах с низким ФЕС.