

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**Оценка качества цементирования нефтяных скважин методами ГИС**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 501 группы направления подготовки  
05.03.01 «Геология» геологического факультета  
СГУ им. Н.Г.Чернышевского

ХОЛИНА АНДРЕЯ АЛЕКСЕЕВИЧА

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 2018

**Актуальность темы исследования.** Оценка качества цементирования обсадных колонн является одной из важнейших задач при изучении технического состояния скважин. В этой связи возникает постоянная необходимость проведения работ по определению герметичности заколонного пространства.

Основной задачей оценки качества цементирования скважин является установление наличия или отсутствия каналов межпластового сообщения в цементном камне и в зонах его контакта с породой и обсадной колонной до перфорации продуктивных объектов, а также определение равномерности и плотности цементного кольца вокруг обсадной колонны по всей ее длине до устья скважины.

В процессе проводки скважин необходимо осуществлять меры для предотвращения открытого фонтанирования, обвалов ствола скважины. При цементировании скважины должно обеспечиваться разобщение всех вскрытых скважиной пластов – коллекторов (продуктивных, водоносных, поглощающих); предотвращение колонны от коррозии и разрушения; предотвращение выхода на поверхность агрессивных вод, нефти и газа и загрязнение ими окружающей среды; предотвращение загрязнения горизонтов питьевой воды промышленными и бытовыми стоками.

**Целью** бакалаврской работы является интерпретация данных промысловой геофизики, полученных акустическим каротажем со скважин ХХХ месторождения и оценка качества цементаж обсадной колонны.

Для достижения поставленной цели необходимо было:

- Рассмотрение геофизической изученности данной территории, литолого-стратиграфической характеристики продуктивных отложений, тектоники, нефтегазоносности.
- Изучение вопросов оценки качества цементирования обсадных колонн.
- Изучение теоретической основы методов акустического и гамма-гамма каротажа.

- Изучение аппаратуры, применяемой при каротаже в задачах оценки качества цементирования обсадных колонн . Скважинный прибор акустического каротажа, скважинный прибор рассеянного гамма-излучения.
- Изучение технологии комплексной интерпретации акустического и гамма-гамма каротажа.

Практический материал для написания дипломной работы собран во время прохождения производственной практики в ОАО «Когалымнефтегеофизика».

### **Основное содержание работы**

**Глава 1 «Геолого-геофизическая характеристика района исследования»** содержит общие сведения об ХХХ месторождении, которое находится в пределах Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области Российской Федерации. Геологический разрез ХХХ месторождения типичен для Широкого Приобья и включает два основных структурных комплекса: доюрский (отвечающий геосинклинальному этапу развития территории) и мезокайнозойский (отвечающий платформенному этапу развития территории). Дана геоморфологическая характеристика территории месторождения, характеристика изученности геологического строения месторождения, в результате которой были определены общие закономерности геологического строения осадочного чехла и фундамента платформы и выделены структуры первого порядка.

ХХХ нефтяное месторождение расположено в северной части Нижневартовского нефтегазоносного района, в котором в настоящее время уже выявлено более 100 нефтяных и нефтегазовых месторождений. Район является одним из основных как по запасам, так и добыче нефти в Среднеобской нефтегазоносной области.

Основными продуктивными отложениями являются меловые горизонты АВ1-2 и БВ1. Подчиненную роль имеют залежи верхнеюрского

горизонта ЮВ1 и нижнемеловых горизонтов АВ3-8, БВ2-10 и ачимовской толщи.

Во втором разделе **«Оценка качества цементирования обсадных колонн»** содержится обзор развития геофизических методов для изучения технического состояния скважин, а также изложены технические условия проведения работ.

В различные временные этапы развития практики геофизических исследований скважин на территории России широко применялся метод термометрии, долгие годы остававшийся основным средством оперативного контроля технического состояния скважин; метод предварительной активации тампонажных смесей радиоактивными изотопами, позволивший контролировать характер распределения цемента по высоте и периметру затрубного пространства и оценивать эксцентриситет обсадной колонны в стволе скважины.

В настоящее время одним из перспективных методов оперативного контроля является метод гамма - гамма - цементометрии (ГГК-Ц). В результате проведенных работ была показана принципиальная возможность использования метода ГГК-Ц для определения границ раздела цемент - буровой раствор за обсадной колонной в скважине при наличии необходимой разнице в значениях плотности для бурового раствора и тампонажной смеси.

В результате исследований по усовершенствованной методике и аппаратуре была предложена новая измерительная система, позволяющая регистрировать изменение интенсивности рассеянного гамма-излучения по периметру колонны одним индикатором при непрерывном перемещении прибора по скважине или при его остановках в выбранных точках.

Существенным достоинством использования акустического метода (АКЦ) явилась возможность изучения условий на границах раздела системы колонна – цемент - порода и решения на этой основе различных геолого-технических задач.

Для повышения информативности исследований при АКЦ разработаны

и рекомендуются для использования методы регистрации полных акустических сигналов в виде фазокоррелограмм и фотографии волновых картин.

Основные факторы, определяющие качество цементирования обсадных колонн:

1. Определение высоты подъема цемента в затрубном пространстве, которое производится в течение 6-24 часов после заливки цемента методом термометрии либо с помощью метода радиоактивных изотопов.

2. Изучение равномерности заполнения затрубного пространства цементным камнем успешно осуществляется методом ГГК.

3. Изучение степени сцепления цемента с колонной и с горной породой определяется только по данным акустической цементометрии (АКЦ).

Третий раздел **«Теоретические основы методов акустического и гамма-гамма каротажа»** содержит описание теоретических аспектов исследуемых методов.

Акустический каротаж 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. Возбуждение и регистрация упругих волн при АК осуществляется с помощью электроакустических преобразователей.

При воздействии на элементарный объем породы с помощью ультразвуковой волны (10-75 кГц) происходит деформация частиц породы и их перемещение. Во всех направлениях от точки приложения возбуждающей силы изменяется первоначальное состояние среды.

Процесс последовательного распространения деформации называется упругой волной. Важнейшие характеристики упругих волн — скорости распространения (или интервальные времена), амплитуды и коэффициенты

затухания, а также звуковые образы. Данные характеристики вычисляются по формулам.

Акустический метод применяется для расчленения разрезов скважин по плотности, пористости, коллекторным свойствам, а также для выявления границ газ - нефть, нефть - вода и определения состава насыщающего породы флюида. Кроме того, по данным этого метода можно судить о техническом состоянии скважин и, в частности, о качестве цементации обсадных колонн.

Метод плотностного гамма-гамма каротажа основан на измерении интенсивности искусственного гамма-излучения, рассеянного порообразующими элементами в процессе их облучения потоком гамма-квантов.

Основными процессами взаимодействия гамма-квантов с породой являются фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние и образование электронно-позитронных пар. В методах рассеянного гамма-излучения в основном имеют место фотоэлектрическое поглощение и комптоновское рассеяние гамма-квантов породой. В зависимости от энергии гамма-квантов и вещественного состава горной породы преобладает тот или иной процесс их взаимодействия.

Четвертый раздел **«Применяемая аппаратура для контроля качества цементирования обсадных колонн методами акустического и гамма-гамма каротажа»** содержит описание приборов контроля качества цементирования.

Скважинный прибор акустического каротажа АК-73ПМ(Д) предназначен для измерения параметров распространения упругих колебаний: волны по обсадной колонне, продольной и поперечной волн по породе в скважинах обсаженных и с открытым стволом, имеющих диаметр 100 - 360 мм.

Скважинный прибор рассеянного гамма-излучения (СГДТ-П) предназначен для контроля качества цементирования и технического состояния обсадных колонн нефтяных и газовых скважин методом

рассеянного гамма-излучения, а также “привязки” результатов измерений и муфт обсадной колонны к геологическому разрезу скважин. Скважинный прибор обеспечивает проведение измерений в скважинах обсаженных колонной с внешним диаметром 146-168 мм (до 194 мм с вытеснителем), с углом наклона до 50° при значениях температуры окружающей среды от -10 до 120 °С и гидростатического давления 60 МПа.

В пятом разделе **«Технология интерпретации данных ГИС для оценки цементажа обсадных колонн»** описана, во – первых, технология использования акустического метода для контроля качества цементирования, которая позволяет установить высоту подъема цемента, охарактеризовать сцепление цемента с колонной и породой.

Метод основан на интерпретации амплитуды преломленных продольных волн, распространяющихся по обсадной колонне и времени первого вступления положительной фазы колебаний упругих волн, превышающей установленный порог.

Исходными данными являются либо волновой сигнал, либо полученные при регистрации или обработке кривые АКЦ.

Далее автор описывает использование плотностного гамма-гамма каротажа для оценки качества цементирования и контроля технического состояния обсадной колонны позволяет установить высоту подъема цемента, который определить наличие или отсутствие цемента за колонной и характер его распределения, фиксировать наличие переходной зоны от цементного камня к раствору (гельцемент), выявить наличие каналов и каверн в цементном камне, определить эксцентриситет колонны, местоположение муфт, центрирующих фонарей и специальных пакеров, а также измерить толщину стенки обсадной колонны.

Метод основан на интерпретации интенсивности вторичного гамма-излучения  $I_{\gamma\gamma}$ , находящейся в обратной зависимости от плотности среды.

Шестой раздел **«Оперативная интерпретации данных промысловой геофизики на скважине XXX месторождения»** посвящен выполнению

оперативной интерпретации данных промысловой геофизики на скважине №100 ХХХ месторождения по интервалу глубин от 100 до 132 м по интервалу глубин, от 2900 до 2952 м., а на скважине № 200 по интервалу глубин от 1812 до 2012 м.

Рассчитаны были параметры амплитуды  $A_k$  по восьми секторам, амплитуды по 3фут., и 5фут. приемникам; коэффициент затухания  $\alpha_k$  волны по колонне; интервальное время пробега волны; цементный индекс (0,1) – основная интегральная характеристика качества затрубного цемента; фазокорреляционные диаграммы – качественная характеристика цемента; цементная карта.

Рассчитываемые параметры (цементный индекс и амплитуды по всем секторам) позволяют судить о распределении цемента и характере сцепления его с колонной и породой.

По рассчитанным амплитудам была построена цементная карта – развертка качества цемента по периметру исследования. Цементная карта дала детальную характеристику цемента по периметру исследования.

В седьмом разделе **«Комплексирование методов рассеянного гамма-излучения и акустической цементометрии при решении задач оценки качества цементации обсадных колонн»** исследуются достоинства и недостатки акустического метода и метода гамма-гамма-цементометрии. Акустический метод выгодно отличается от других методов каротажа тем, что позволяет своевременно и эффективно оценить качество схватывания цементного кольца при использовании как чистых цементов, так и других тампонажных смесей, а также дает возможность изучать процесс формирования цементного кольца во времени. Материалы гамма-гамма-цементометрии дают принципиальную возможность количественной оценки качества цементирования.

Недостаток каждого из этих методов состоит в том, что при отсутствии одного из показателей возможности определения качества цементирования резко ограничиваются, т.е. в отдельности они лишь косвенно характеризуют

состояние цементного кольца. В связи с этим мы получаем геофизическую информацию не в полном объеме.

Комплексирование методов рассеянного гамма-излучения и акустической цементометрии позволяет с меньшими затратами успешно решать задачи оценки качества цементации обсадных колонн и контроля их технического состояния.

В восьмом разделе **«Результаты применения технологии интерпретации и сопоставления методов акустической и гамма-гамма цементометрии на скважинах ХХХ месторождения»** изложены выводы о качестве цементирования:

- В скважине №1 качество цементирования хорошее: в интервалах 2156.6-2160 м отмечается сплошной контакт цементного камня с колонной, а в отдельных участках и с породой, при однородном заполнении затрубья цементом плотностью 1.9 г/см<sup>3</sup>. В интервале 2110-2137 м по акустическому методу наблюдается чередование сплошного и частичных контактов с колонной, по гамма-гамма цементометрии - это участок неоднородной заливки.

- Скважина № 2 в интервале 1975-1981 имеет неудовлетворительное качество цементной заливки, так как характеризуется неоднородной и односторонней заливкой с пониженной плотностью цемента (1.5-1.7 г/см<sup>3</sup>), что приводит к частичному контакту и отсутствию контакта цемента с колонной.

- Скважина № 3 имеет качество заливки удовлетворительное: отмечается сплошной контакт с колонной и породой, плотность затрубья составляет 1.8-2.0 г/см<sup>3</sup>. Поданным прибора СГДТ-П данный интервал оценивается как неоднородный по плотности, причем повышение плотности затрубья до 1.9 г/см<sup>3</sup> в интервале 2015-2016 м связано с наличием породы, а не цемента, в интервале 2016-2018 м отмечается снижением плотности до 1.6 г/см<sup>3</sup>, то есть качество заливки неудовлетворительное, что и привело к наличию перетока.

В **заключении** автор делает вывод о том, что комплексное применение методов акустической и гамма-гамма цементометрии позволяет установить высоту подъема цемента, выявить наличие или отсутствие цемента за

колонной и характер его распределения, определить наличие каналов, трещин и каверн в цементном камне, определить качество сцепления цемента с колонной и породой, эксцентриситет колонны, местоположение муфт, пакеров, реперов а также измерить толщину стенки обсадной колонны. На основании приведенных результатов можно с уверенностью сказать, что применение комплекса акустического и гамма-гамма методов является необходимым условием проведения ГИС по определению качества цементирования скважин.