

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

Кафедра геофизики

**Акустические методы цементирования обсадных колонн на примере
скважины №106 Ахтырско-Бугундырского месторождения**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 531 группы
направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Геолого-геофизический сервис»
геологического факультета
Зеленского Игоря Викторовича

Научный руководитель

К.Г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Зав. кафедрой

К.Г.-м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2025

Введение. Крепление (цементирование) обсадных колонн нефтегазовых скважин преследует две цели. Одна из них – изолировать в продуктивном интервале газо-, нефте- и водонасыщенные пласты, чтобы исключить межпластовые перетоки и обеспечить максимально длительный период безводной добычи углеводородов.

Вторая цель заключается в обеспечении экологической безопасности в процессе бурения и длительной эксплуатации скважин. В настоящее время применяют методы геофизики, основанные на регистрации параметров, чувствительных к появлению в затрубном пространстве цементного раствора и образования цементного камня. Использование методов акустической цементометрии способствует повышению уровня безопасности на объектах нефтегазодобычи.

Актуальность работы состоит в том, что метод акустической каротажной цементометрии является важным инструментом в современной практике разработки месторождений полезных ископаемых и обеспечивает высокий уровень точности оценки качества выполненных работ.

Цель бакалаврской работы: определение качества цементирования обсадной колонны-кондуктора скважины №106 методом АКЦ (акустическая каротажная цементометрия).

Решаемые задачи бакалаврской работы:

- изучение литолого-петрофизических особенностей пород, слагающих территорию Краснодарского края;
- изучение методики акустической цементометрии;
- оценка качества цементирования скважины.

Выпускная квалификационная работа состоит из трех глав:

1. Общие сведения о районе работ
2. Промыслово-геофизические исследования
3. Результаты работ

Основное содержание работы. Ахтырско-Бугундырское газонефтяное месторождение расположено в предгорье северо-западного погружения

Главного Кавказского хребта в пределах Абинского района Краснодарского края, в 75-80 км к западу от г. Краснодара.

В строении Ахтырско-Бугундырского месторождения принимают участие меловые, палеогеновые и неогеновые отложения. Верхнемеловые и палеогеновые отложения в объеме палеоцена и эоцена слагают нижний структурный этаж, а олигоцен и отложения неогена - верхний структурный этаж.

На южном крыле антиклинали породы палеогена залегают в нормальной, а на северном крыле в обратной последовательности.

В разрезе палеогена выделяются палеоценовые (свита циче, горячего ключа, ильская) и эоценовые (зыбзинская, кутаисская, калужская, хадыженская, кумская и белоглинская свиты) отложения. В разрезе олигоцена - нижнего миоцена выделяется майкопская серия, среднего и верхнего миоцена - чокракский, караганский, сарматский и меотический ярусы).

Ахтырско-Бугундырское месторождение расположено в пределах южного борта Западно-Кубанского прогиба и относится к группе складок геосинклинального склона, особенностью которого является трансгрессивно-моноклинальное залегание миоценовых и олигоценовых пород верхнего структурного этажа с резким угловым несогласием на сильно дислоцированных более древних образованиях нижнего структурного этажа. Последние смяты в сложно построенные сильно нарушенные брахиантиклинальные складки. В основу методики изучения тектонического строения среднего и нижнего палеогена Ахтырско-Бугундырского месторождения положено представление о фациально-литологическом постоянстве осадков этой толщи (флиша), установленном данными бурения в пределах южного борта Западно-Кубанского прогиба от месторождения Зыбза-Глубокий Яр на востоке до Украинского - на западе.

К верхнему структурному этажу относятся залежи тяжелых нефтей - I-т в отложениях среднего понта, II-т - меотиса, III-т - сармата и майкопская залежь легкой нефти в отложениях нижнего миоцена-олигоцена.

Указанные залежи своими головными частями касаются (причленяются)

непосредственно к эрозионной поверхности палеогеновых отложений, а II-т и III-т горизонты на отдельных участках объединяются между собой, а также и с залежью IV-т горизонта, выходящей на поверхность предмайкопского размыва.

Все залежи верхнего структурного этажа относятся к литолого-стратиграфическому типу.

Во вскрытом разрезе палеогеновых (палеоцен-эоценовых) отложений, слагающих нижний структурный этаж месторождения, выделены (сверху вниз): горизонт тяжелой нефти - IV-т в базальных отложениях свиты циде нижнего палеоцена, горизонты легкой нефти I, II, III, IIIa, IV и V в отложениях свиты горячего ключа верхнего палеоцена, VI и нижняя часть VII в отложениях ильской свиты верхнего палеоцена, верхняя часть VII горизонта в отложениях зыбзинской свиты нижнего эоцена и кумский горизонт в верхнем эоцене.

Залежи нефти нижнего структурного этажа в своих головных частях, выходящих на поверхность предмайкопского размыва, запечатаны моноклинально залегающими породами миоцен-олигоценового возраста, поэтому, относятся к структурно-стратиграфическому типу. Все залежи приурочены к терригенным коллекторам.

Методика исследования. Геофизические методы широко применяются для изучения технического состояния бурящихся и эксплуатационных скважин. Для этого разработаны скважинные приборы, специальные методики проведения исследований, которые реализуют принципиальные возможности различных геофизических методов.

В настоящее время геофизическими методами возможно решение следующих задач:

- контроль положения ствола скважины в пространстве (инклинометрия); измерение диаметра и профиля ствола скважины (кавернометрия и профилометрия);
- исследование состояния цементного камня за обсадной колонной;
- контроль за состоянием обсадных колонн; определение мест притоков и поглощений;

- установление затрубной циркуляции; определение мест прихвата бурового инструмента в скважине;

- установление местоположения искусственного забоя, уровня воды, нефти в скважине; исследование зон гидроразрыва пласта; определение местоположения металлических предметов в скважине;

- установка цементных мостов, разобщающих пакеров и т. д.

Информация о техническом состоянии скважин, получаемая геофизическими методами, необходима для успешной проводки и завершения строительства скважины; для контроля за разработкой месторождения; для проведения ремонтных работ в эксплуатационных и нагнетательных скважинах. Кроме того, данные о техническом состоянии скважин способствуют повышению эффективности геологической интерпретации геофизических исследований.

Измерение температуры по стволу скважины проводят в целях изучения: естественного теплового поля Земли; местных (локальных) тепловых полей, наблюдаемых в скважине в процессе бурения и эксплуатации; искусственных тепловых полей, вызванных наличием в скважине промывочной жидкости и цементного раствора в затрубном пространстве.

Термометрия применяется для решения широкого спектра задач. Сюда входят вопросы, связанные с региональной геологией и геотермией, поиском и разведкой полезных ископаемых. Кроме того, термометрия позволяет контролировать процесс эксплуатации пластов, содержащих полезные ископаемые, а также оценивать техническое состояние самих скважин. Данные, полученные в результате термометрических исследований, помогают оптимизировать добычу и предотвращать аварийные ситуации.

После окончания бурения скважины и спуска обсадной колонны производится ее цементирование – кольцевое затрубное пространство между стенкой скважины и колонной труб заливается цементным раствором. Закрепление ствола скважины спуском обсадных колонн с последующим цементированием осуществляется для изоляции отдельных пластов, исключения

перетоков различных флюидов между ними и перекрытия, зон возможных осложнений, затрудняющих процесс бурения.

При качественном цементировании обеспечивается:

- 1) наличие в затрубном пространстве затвердевшего цемента, поднятого до проектной глубины от устья;
- 2) равномерность распределения цемента в затрубном пространстве;
- 3) сплошность цементного камня и хорошее его сцепление с колонной и стенкой скважины.

Цементометрия – это исследования, имеющие целью оценку качества цементирования обсадных колонн (ОК) в скважинах.

Для определения уровня цемента в затрубном пространстве и оценки качества цементирования обсадных колонн применяются методы радиоактивных изотопов и гамма-гамма-каротажа.

Методы радиоактивных изотопов. Эти методы основаны на регистрации γ -излучения радиоактивных изотопов, добавляемых в цементный раствор в процессе его приготовления. Для активации цементного раствора применяют короткоживущие изотопы (например, Fe). Концентрация изотопов в нем должна быть такой, чтобы его активность не превышала 0,5...1 мг-экв Ra/м³.

Метод изотопов особенно эффективен при ремонтных работах, когда количество закачиваемого в затрубное пространство цементного раствора невелико.

Акустическая цементометрия - это метод неразрушающего контроля качества цементирования обсадных колонн в скважинах, преимущественно в нефтегазовой отрасли. Он основан на анализе акустических сигналов для оценки целостности цементного кольца, изолирующего скважину от окружающих пород и пластовых флюидов.

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

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.

Наиболее информативны при изучении упругих свойств горных пород волны: продольные (Р - волны), поперечные (S - волны), Лэмба (L - волны) и вторичного происхождения. Процесс последовательного распространения деформации называется упругой волной.

Для получения заключения по сцеплению цемент-колонна используются зависимости качества сцепления от коэффициента затухания (или от нормированных амплитуд) и плотности цемента.

С помощью фазокорреляционных диаграмм (ФКД) происходят измерения характеристик волновых пакетов, которые распространяются в колонне, цементном камне и горных породах, и определяют состояние контактов цемента с колонной и породой, оценивают его прочностные характеристики и степень надёжности изоляции затрубного пространства.

На ФКД линии фазовой корреляции отражают периоды колебаний продольных и поперечных волн, которые распространяются по горным породам. Акустическая волна, которая распространяется по породе, обычно чётко выделяется на ФКД характерными наклонами и извилистостью линий

Инструменты, используемые в акустической цементометрии, включают акустические зонды, источники звука и приемники сигналов. Акустические зонды генерируют звуковые волны, которые распространяются через цемент и породы, а затем регистрируются приемниками. Данные, полученные от этих инструментов, анализируются с помощью специализированных алгоритмов для оценки состояния цемента и его взаимодействия с окружающей средой. Использование этих инструментов позволяет проводить неразрушающие испытания и получать точные данные о качестве цемента в скважинах.

Результаты работ. С целью определения качества сцепления цементного камня с колонной/породой были произведены геофизические исследования с использованием аппаратуры АК4 (АКЦ)-D/73. Запись методом акустической цементометрии была произведена в интервале 17,5 – 1628,1м.

Максимальный доход прибора составил 1628,1м. Работы по интерпретации и оформление результатов выполнены в модульной системе обработки и интерпретации данных геофизических исследований скважин. Методика основана на расчете кинематических и динамических параметров волны по колонне и породе. Основными параметрами для определения являются амплитуда волны по колонне (Амплитуда 1 и Амплитуда 2), коэффициент затухания волны по колонне (AlphaK).

Для получения заключения по сцеплению цемент-колонна использовались зависимости качества сцепления от коэффициента затухания (или от нормированных амплитуд) и плотности цемента.

Кривые интервального времени продольных волн по колонне (Амплитуда 1 и Амплитуда 2), а также коэффициент затухания волны по колонне (AlphaK), полученные в обсаженной скважине, отражают качество сцепления в исследуемом интервале 17,5-1628,1 м.

В интервалах 113,1-118,6м, 122,7-130,5м, 133,9-144,5м, 154,9-159м, 164,7-167,7м, 176,5-183,8м, 188,5-204,7м, 207,4-211,6м, 218,5-228,6м, 232,8-240,8м, 350,7-381,5м, 385,4-397,2м, 603,4-607,1м, 620,8-625,8, 645,3-650,5, 653,4-657,4м, 660,8-663,1м, 670-674,9м, 685,7-724,4, 730,1 -739м 755,3-761,2м, 764,3-788,6м, 797,4-801,6м, 805,3-813,4м, 823,5-838м, 919,2-928,6, 994,2-999,4м отмечается сплошной контакт цемента с колонной и частичный контакт цемента с породой. Данные выводы основываются на увеличении показаний Alphak более 30 Дб/м, что говорит о наличии сплошного контакта цементирования.

При полном затвердевании цементного кольца пороговые значения для портландцемента, который использовался при цементировании, составляют примерно 30-40 Дб/м. В интервалах, где кривая Alphak меньше 30 Дб/м четко выделяются интервалы частичного контакта.

Интервалы 17,5-113,1м, 211,6-218,5м, 274,8-288,8м, 430,8-442,4м, 445,2-453,6м, 551,7-563,5м, 1447,3-1460,9м, 1555,7-1561,4м, в свою очередь, отмечены пониженными значениями коэффициента затухания не более 10Дб/м и характеризуются плохим сцеплением цемента с колонной и неопределенным

контактом цемента с породой.

Увеличение Амплитуды 1 и Амплитуды 2 по первому и второму приемникам, также соответствуют интервалам сплошного контакта цемента с колонной и частичного контакта цемента с породой. В интервалах, где показания Амплитуды 1 значительно выше, чем показания Амплитуды 2 может говорить о наличии пустот или неоднородности материала.

Исходя из вышеизложенных результатах исследования, можно сделать вывод, что в интервале 17,5-1628,1 м сцепление цементного камня отмечается Сплошной – 16,37%, частичный – 73.22%, плохой – 10,41%.

Общий коэффициент сцепления цемента равен – 0,83.

Результаты исследования качества цементирования колонны-кондуктора представлены в таблицах 4 и 5, и на графическом приложении 1 с колонкой качества сцепления цементного камня с колонной и породой.

Заключение. По результатам исследований проведена оценка качества сцепления цементного камня с колонной/породой. Геофизические исследования были произведены с использованием аппаратуры АК4 (АКЦ)-D/73. Запись методом акустической цементометрии была произведена в интервале 17,5 – 1628,1м. На основании коэффициента затухания и плотности цемента было получено заключение по сцеплению цемент-колонна.

Кривые интервального времени продольных волн по колонне (Амплитуда 1 и Амплитуда 2), а также коэффициент затухания волны по колонне (α_K), полученные в обсаженной скважине, отражают качество сцепления в интервале 17,5-1628,1 м.

В интервалах, где коэффициент затухания более 30Дб/м отмечается сплошной контакт цемента с колонной и частичный контакт цемента с породой. Интервалы с пониженными значениями коэффициента затухания не более 10Дб/м и характеризуются плохим сцеплением цемента с колонной и неопределенным контактом цемента с породой.

В интервалах со сплошным контактом цемента с колонной на ФКД выделяются 5-7 параллельных линий периодов колебаний.

Увеличение Амплитуды 1 и Амплитуды 2 по первому и второму приемникам, соответствуют интервалам сплошного контакта цемента с колонной и частичного контакта цемента с породой.

В исследуемом интервале 17,5-1628,1 м сцепление цементного камня отмечается Сплошной – 16,37%, частичный – 73.22%, плохой – 10,41%.