

**ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ КОЛОННЫ**

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь
Demichev96@gmail.com*

В работе рассматриваются основные методы рационального комплекса геофизических исследований скважин для контроля за техническим состоянием колонны. Особое внимание уделяется методу гамма-гамма каротажа, методу гамма-гамма цементометрии, а также методу гамма-гамма толщинометрии.

Рациональный комплекс методов геоинформационных систем (ГИС) для контроля за техническим состоянием колонны подразделяется на:

- термометрия;
- гамма-картаж;
- гамма-гамма цементометрия;
- дефектоскопия;
- гамма-гамма толщинометрия;
- локация муфт;
- притокометрия;
- акустическая цементометрия.

Цементометрия

После спуска в скважину обсадных колонн, затрубное пространство заливают цементом. Это необходимо для разобщения разных горизонтов с целью устранения перетоков флюидов. После цементирования необходимо установить высоту подъема цементного кольца и качество сцепления колонны с породой. Качество цементирования изучается методами термометрии, радиоактивных изотопов, гамма-гамма и акустическими методами.

Метод термометрии

Основан на свойстве цемента выделять тепловую энергию при отвердении. В связи с этим температура пород повышается против зацементированных участков затрубного пространства. Измерения температуры ведут до заливки цемента и спустя 6–24 часа после заливки.

Метод гамма-гамма каротажа

Метод основан на регистрации рассеянного гамма-излучения при прохождении гамма-квантов через изучаемые среды различной плотности. Регистрируемый вторичный замер будет больше в местах отсутствия цемента или его малой толщины. Если регистрировать мягкое гамма-излучение можно определять толщину стенок обсадных колонн, обнаруживать дефекты. Конструктивно дефектомер-толщиномер выполнен одним зондом. Регистрируются одновременно две диаграммы. Длина зонда выбирается малой, для исключения проникновения гамма лучей на значительное расстояние и влияния на точность измерения параметров пород.

Метод гамма-гамма цементометрии

Гамма-гамма цементометрия – это метод регистрации интенсивности рассеянного гамма излучения с помощью зонда, содержащего импульсный источник среднеэнергетического гамма-излучения и детектор рассеянного гамма-излучения. Зонды гамма-гамма цементометрии и дефектоскопии имеют более сложную конструкцию. На прак-

тике наиболее часто используются многоканальный зонд с несколькими (не менее трех) взаимно экранированными детекторами, расположенными симметрично относительно оси. Применяются также одноканальные зонды с вращающимся во время измерения с заданной угловой скоростью экраном (сканирующие), который обеспечивает прием полезного сигнала из радиального сектора $30\text{--}50^\circ$. В обоих случаях зонд центрируется. Показания зонда (при длине несколько десятков сантиметров) определяются главным образом плотностью среды в затрубном пространстве [1].

Метод используется для установления высоты подъема цемента за колонной, определения границ сплошного и частичного заполнения заколонного пространства цементом (в том числе зон смешивания цемента и промывочной жидкости либо чистой промывочной жидкости). Еще одной областью практического применения метода является выделение в цементном камне каналов и каверн, а также для оценки эксцентриситета обсадной колонны. Для количественной интерпретации результатов используются калибровочные зависимости связывающие скорость счета датчика (импульсов/мин) с плотностью среды в затрубном пространстве, а также интерпретационные зависимости, позволяющие определить плотность цементного камня, степень заполнения заколонного пространства цементом, выделения в цементе дефектов и пр. При интерпретации вносятся поправки за фон естественного гамма-излучения, а также за влияние плотности заполнителя ствола скважины. Для этой цели используются диаграммы плотности породы и кавернометрии открытого ствола. К недостаткам метода относится его малая эффективность при различии плотности цементного камня и промывочной жидкости менее чем на $0,5\text{--}0,7$ г/см [1].

Дефектоскопия

К дефектоскопии относится определение внутреннего диаметра колонны, толщины стенок, местоположения муфт, перфорированных участков, прихвата труб. В разделе цементометрии рассматривались методы определения дефектов обсадных колонн гамма-гамма методами.

Для определения местоположения муфт применяют индукционный локатор муфт. Локатор муфт имеет индуктивную катушку намотанную на стальной сердечник соединяющий постоянные магниты с полюсами направленными навстречу друг другу. Магнитное поле катушки замыкается через стенки обсадной трубы. Если толщина трубы не меняется, то в катушке индуктивности не возникает ЭДС. При изменении толщины трубы, прохождении муфт, резко меняется сопротивление магнитной цепи, изменяется магнитное поле и в катушке возникает ЭДС. Для уточнения мест перфорации до прострела участок трубы намагничивается. После перфорации магнитное поле труб уменьшается, что фиксируется локатором муфт. Для определения мест прихвата труб так же применяют предварительное их намагничение, затем подвергают трубы механическому крутящему напряжению под действием которого не прихваченные участки труб размагничиваются. Зоны прихвата труб будут отмечаться повышенным магнитным полем и фиксироваться локатором муфт [1].

Метод гамма-гамма толщинометрии

Это метод регистрации интенсивности рассеянного гамма-излучения с помощью зонда, содержащего источник среднеэнергетического γ -излучения и детектор рассеянного гамма-излучения. Длина зонда выбирается такой (9–12 см), чтобы исключить влияние на результаты измерений плотности среды за обсадной колонной и обеспечить максимальную чувствительность метода к изменению толщины стенки колонны. Метод используется для определения средней по периметру толщины обсадной колонны, местоположения муфт, центрирующих фонарей, пакеров и других элементов конструкции скважины, оценки степени механического и коррозионного износа труб и пр. Прибор центрируется в скважине. Для количественной интерпретации результатов используются калибровочные зависимости, связывающих скорость счета датчика (импульсов/мин) с толщиной стальной колонны [1].

При интерпретации вносятся поправки за фон естественного гамма-излучения, а также за влияние плотности заполнителя ствола скважины и заколонного пространства. В качестве средства калибровки используется набор труб с различными диаметрами и тол-

щиной стенок.

Локатор муфт

Локатор муфт предназначен для прослеживания движения аппарата в скважине и точной установки его на требуемой глубине путем определения местоположения муфтовых и замковых соединений, магнитных меток и других магнитных аномалий в колонне труб. Локатор муфт состоит из скважинного прибора и наземной регистрирующей аппаратуры. Скважинный прибор содержит индукционную катушку с железным сердечником и два постоянных магнита, прижатых к его торцам одноименными полюсами. Магнитная система заключена в герметичный кожух из немагнитной стали.

Термометр показывает температурную аномалию в зоне перфорации, позволяющую судить о притоке через пробитые отверстия. Данные манометра могут служить для ориентировочного определения плотности скважинной жидкости. Передача данных с прибора производится с шагом в 1 см, а графическое отображение информации возможно как с сантиметровым, так и с дециметровым шагом. Разрыв обсадной колонны размеры конструктивных элементов обсадной колонны отмечаются четко (рисунок 1).

Метод притокометрии

Места притока или поглощения жидкости в скважине определяются методами термометрии и сопротивления. Скважина заполняется жидкостью отличной по температуре от температуры пород в скважине. Применяют понижение или повышение уровня жидкости. Места притока жидкости будут отмечаться изменением температуры, что хорошо регистрируется термометрами. Места поглощения жидкости так же будут отмечены температурными аномалиями спустя определенное время. Место притока жидкости меняет удельное сопротивление раствора в скважине, что регистрируется резистивиметрией.

Зоны затрубной циркуляции жидкости в скважине определяются методом термометрии или введением радиоактивных изотопов. На участке затрубной циркуляции жидкости устанавливается постоянная температура. После введения радиоактивных изотопов скважина промывается и измеряется гамма-излучение. Участки затрубной циркуляции, притока и поглощения жидкости отмечаются повышенным гамма-излучением.

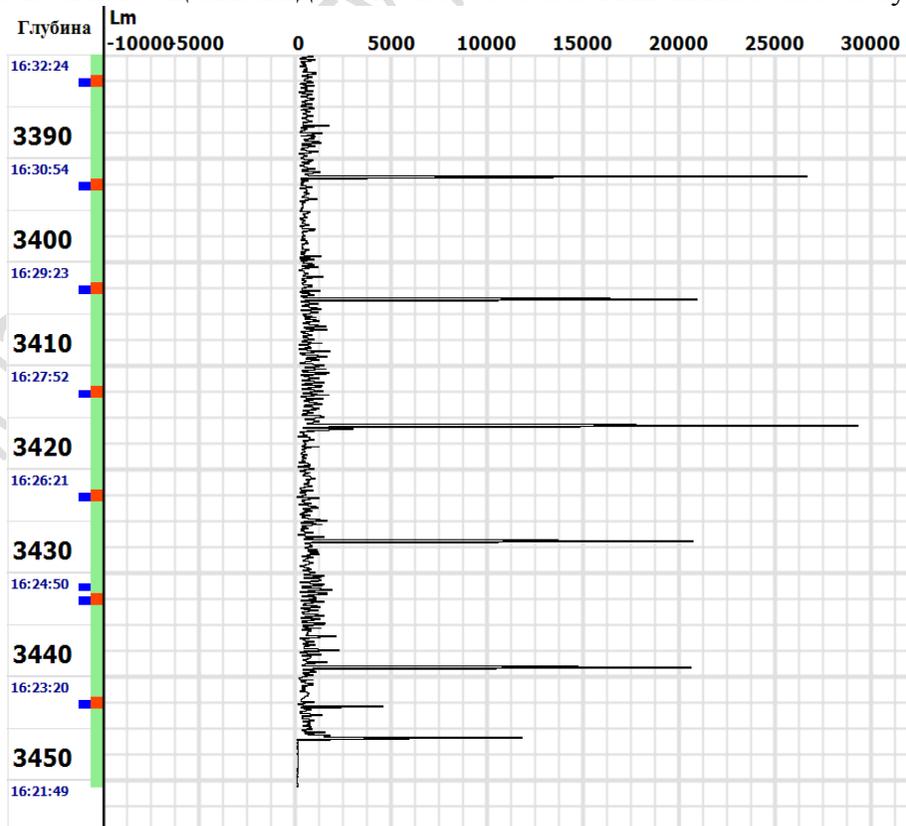


Рисунок 1 – Локация муфтового соединения обсадной колонны

Метод акустической цементометрии

Метод основан на регистрации амплитуды преломленной волны распространяющейся по обсадной колонне (трубной волны) и времени распространения волны по породе. При отсутствии сцепления цемента с обсадной колонной амплитуда трубной волны будет максимальной, а волны идущей по породе – минимальной. При хорошем сцеплении цемента с колонной трубная волна отсутствует. Цементное кольцо толщиной в несколько миллиметров сильно поглощает трубную волну (рисунок 2).

Качество цементирования оценивается по времени затухания волн. Не зацементированная колонна отмечается долго не затухающей трубной волной, хорошо зацементированная – мало амплитудной быстро затухающей трубной волной и значительной амплитудой волны проходящей через породу, используется в обсаженных скважинах для оценки качества цементирования заколонного пространства.



Рисунок 2 – Акустический цементомер АКЦ-75

Акустическая цементометрия основана на измерении характеристик волновых пакетов, создаваемых источником колебаний с частотой излучения 20–30 кГц, распространяющихся в колонне, цементе камне и горных породах [1].

В качестве информации используют:

- 1 амплитуды или коэффициент эффективного затухания волны, распространяющейся по колонне;
- 2 интервальное время и амплитуды или затухание первых вступлений волн, распространяющихся в горных породах;
- 3 фазокорреляционные диаграммы.

Метод позволяет:

- 1 установить высоту подъема цемента;
- 2 выявить наличие или отсутствие цемента за колонной;
- 3 определить наличие каналов, трещин, каверн в цементном камне;
- 4 изучить степень сцепления цемента с колонной и породами.

Когда за колонной цемента нет или он имеется, но не сцеплен с колонной, приемник отмечает продольную волну по колонне. Она имеет максимальную амплитуду вследствие малого затухания и время пробега, соответствующее скорости распространения упругих волн в стали ($V = 5400$ м/сек). Против муфтовых соединений колонны наблюдается уменьшение амплитуды колебаний в связи с рассеянием энергии на резьбе и увеличение время пробега [1].

Если цементное кольцо сцеплено только с колонной, то упругая волна по колонне будет резко ослаблена вследствие демпфирующего влияния цементного кольца и амплитуда A_k будет на уровне помех. В этом случае к приемнику с заметной амплитудой придет волна по цементному кольцу, в котором скорость распространения упругих волн невелика ($V_{ц} = 2500$ м/сек). Поэтому будет регистрироваться максимальное время $T_{п}$.

Если цементное кольцо одновременно сцеплено с колонной и с породой, то первой к приемнику будет подходить головная волна по породе, так как $V_{п} > V_{ц}$. В этом случае кривые $A_{п}$ и $T_{п}$ сходны с аналогичными кривыми, полученными в необсаженной колонне и соответствуют кривым других геофизических методов.

Проводится АКЦ через 1–2 суток после цементирования колонны.

В приборах акустической цементометрии используются короткие трехэлементные измерительные зонды с расстоянием между ближайшим излучателем и приемником от 0,7 до 1,5 м и базой зондов (расстояние между приемниками) – в пределах 0,3–0,6 м. Скважинный прибор центрируется [1].

Список использованной литературы

1 Фондовые материалы нефтегазодобывающего управления РУП ПО «Белоруснефть».

E. V. LIALIK

THE MAIN METHODS OF THE RATIONAL COMPLEX OF GEOPHYSICAL RESEARCH OF WELLS FOR THE CONTROL OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE CASING STRING

In this work the main methods of the rational complex of geophysical research wells for the control of the technical conditions of the casing strings are considered. The main attention is paid to the method of gamma-ray logging cement measurement and the method of gamma-ray thickness measurement as well.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ