

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

Кафедра геофизики

**«ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕРМОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫСОТЫ
ПОДЪЁМА ЦЕМЕНТА В ЗАТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 501 группы
направление 05.03.01 геология
геологического ф-та
Палванова Рахыма

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 2016

Введение. В настоящее время одной из актуальной задачей при бурении скважин для подземных хранилищ газа является изолирование пластов. Эта задача решается качественным креплением - тампонированием, цементированием обсадных колонн газовых скважин. Для её достижения необходимы, в первую очередь, изоляция друг от друга различных гидродинамических комплексов, пересечённых скважиной, и безусловное исключение выхода на дневную поверхность минерализованных вод, особенно содержащих углеводороды и сероводороды.

Качество цементирования характеризуется:

- высотой подъема цемента в затрубном пространстве;
- полнотой и равномерностью заполнения затрубного пространства цементом;
- степенью сцепления цементного камня (ЦК) с колонной и с породой.

В данной работе поставлена **цель** показать как используется метод термометрии для оценки высоты подъёма цемента в затрубном пространстве.

Содержание работы. В первом разделе работы - общие сведения о **Степновском подземном хранилище газа**, представлены подробная административная, экономическая, климатическая, географическая характеристики местоположения Степновского подземного хранилища газа, созданного на базе выработанного одноименного нефтегазоконденсатного месторождения.

В строении Степновского поднятия принимают участие отложения рифея, девона, карбона, перми, юры, мела и неоген-квартера, образующих пять структурных этажей (ярусов): малоизученный рифейский, девонский, верхнепалеозойский, мезозойский и неоген-четвертичный.

Степновское поднятие входит в состав Советско-Степновского вала – структуры II порядка, включающего две тектонические линии – Степновско – Фурманскую и Советско – Генеральскую. С большой долей вероятности Степновское поднятие контролируется разрывными нарушениями амплитудой 100 и более метров. Но схема размещения этих нарушений, как и локальных в

сводовой части, у разных авторов различна.

Активизация тектонических движений приходится на предтиманское время, результатом чего явилось образование сложно построенного грабена в северо-западной части площади.

Промышленная нефтегазоносность Степновского месторождения связана с отложениями живетского яруса среднего девона, заволжским надгоризонтом, малевским и бобриковским горизонтами нижнего карбона.

Газонефтеносность мезозой-кайнозойских отложений не установлена.

Промышленная продуктивность в отложениях живетского яруса связана с воробьевским и ардатовским горизонтами. Кроме того, получен приток газа из мосоловского горизонта.

Во втором разделе работы охарактеризованы методы термометрии и акустического каротажа.

Метод термометрии заключается в изучении естественных и искусственных тепловых полей в скважине в установившемся и неустойчивом режимах. Измеряемая величина – температура (разность температур) – в градусах Цельсия (°C).

Измерение естественных полей выполняют:

- в установившемся режиме с целью определения естественной температуры пород, геотермического градиента, геотермической ступени;
- в неустойчивом режиме для сопровождения бурения и каротажа – определение температурного режима работы бурового инструмента и скважинных приборов;
- получения информации для учета температуры при интерпретации данных каротажа.

Разница полей, измеренных на этих режимах, зависит от времени пребывания скважины в покое. Она тем больше, чем меньший промежуток времени прошел после прекращения циркуляции промывочной жидкости в стволе скважины и других тепловых воздействий – заколонных перетоков,

дросселирования нефти, газа и воды, прохождения фронта вод, закачиваемых в пласт и т.д.

Измерения искусственных полей ведутся для:

- оценки технического состояния обсаженных скважин – определения высоты подъема цемента; выделения интервалов затрубных перетоков; контроля интервалов перфорации; исследования герметичности обсадных колонн и фонтанных труб;
- сопровождение процесса эксплуатации скважин в комплексе с другими методами определения «притока-состава» - выделения интервалов и профилей притоков и приемистости; установления обводненных интервалов в добывающих скважинах; прослеживание температурного фронта закачиваемых вод; исследования нагнетательных скважин; определения интервалов внутриколонных перетоков; контроля за внутрислоевым горением, паротепловым воздействием и термозаводнением.

Результаты измерений, в том числе естественных полей, полученные в установившемся режиме, используют при этом в качестве фоновых.

Для проведения термометрических исследований в скважине используется прибор с датчиком температуры, исследования проводятся как на каротажном кабеле или проволоке, так и автономно, прибор при этом спускается на буровых трубах.



Рисунок 2 – СКАТ-К8-38 (ДИНА-К8-38)



Рисунок 3 – СКАТ-К8-38 (ДИНА-К8-38)

В геофизической практике в основном применяется обратная градуировочная характеристика аппаратуры, представляющая собой зависимость измеряемого параметра от выходного сигнала аппаратуры, то есть $B=F(x)$. Такая характеристика очень удобна для непосредственного вычисления измеренного значения параметра по значению выходного сигнала геофизической аппаратуры. При градуировке всегда оцениваются погрешности построенной функции преобразования, включающие погрешности применяемых эталонов и погрешности аппроксимации реальной экспериментальной функции преобразования какой-либо известной функцией.

Для индивидуально-градулируемой геофизической аппаратуры периодически выполняется построение основной или дополнительной градуировочной характеристики.

Следует заметить, что в Законе № 102 термин «градуировка» не упоминается. Эту операцию будем рассматривать как составную часть калибровки, в результате которой определяются действительные значения параметров индивидуальной (или номинальной) градуировочной характеристики средств измерений.

Таким образом, по сравнению с метрологическим обеспечением общетехнических средств измерений для скважинной геофизической аппаратуры можно выделить следующие отличительные особенности ее метрологического обеспечения:

- 1) Периодическое построение новой градуировочной характеристики для индивидуально градуируемой аппаратуры;
- 2) Градуировочная характеристика может быть функцией двух переменных;
- 3) Использование разных эталонов (СО и имитаторов) при градуировке и поверке для ядерно-геофизической аппаратуры;
- 4) Метрологический контроль всей измерительной системы при нормировании МХ ее составных частей.

Причины неудовлетворительного цементированя можно классифицировать в две обширные категории:

Проблемы текучести, возникающие по механическим причинам. Имеется в виду расцентровка труб в кустовых скважинах, вымываемых скважинах, неэффективная предварительная промывка, несоответствующий режим течения. Эти условия характеризуются неполным удалением бурового раствора из кольцевого цементируемого пространства.

Качество разобщения пластов в значительной степени определяется геометрией и физико-химическими условиями в скважине, полнотой вытеснения бурового раствора тампонажным, а также характеристикой показателей фильтрационной корки.

С увеличением вязкости и плотности раствора возрастает гидростатическое и гидродинамическое давление на пласты, что приводит к гидроразрывам, поглощениям бурового раствора и создает условия, при которых процесс цементированя скважин не может проходить нормально.

Цементироване скважин, прокачиваемость тампонажного раствора, возможность каналовобразований, образование скоплений воды и другие свойства, наконец, качество разобщения пластов в значительной степени зависят от водоцементного отношения тампонажных растворов.

Температура – главный фактор, резко изменяющий сроки схватывания и время загустевания тампонажных растворов. Давление оказывает меньшее влияние. С возрастанием давления от атмосферного до 60 МПа сроки

схватывания сокращаются более чем вдвое. При одновременном воздействии температуры и давления сокращение сроков схватывания еще больше.

Значительное влияние оказывает давление при установлении сроков схватывания цементных растворов, обработанных органическими замедлителями. При прочих равных условиях деструкция реагентов ускоряется с увеличением давления. В связи с этим сроки схватывания тампонажных растворов следует определять при совместном воздействии температуры и давления.

Опыт показывает, что необходимыми условиями, которым должны удовлетворять утяжелители для повышения плотности тампонажных растворов, должны быть чистота от водопотребных примесей и относительно низкая удельная поверхность.

Шлакопесчаные цементы, твердеющие при температурах более 120°C , снижают проницаемость до нуля с течением времени, а твердеющие при 140°C и выше уже через сутки имеют проницаемость, близкую к нулевой.

Только применение кварцевых добавок способствует снижению проницаемости портландцементного камня, твердевшего при высоких температурах и давлениях, до значений, близких к нулю.

Процессы взаимодействия цемента с металлом и породой сложны и определяются как физико-химическими свойствами цемента, природой металла и пород, адгезией, химическим сродством, так и условиями твердения цементного раствора.

Добавление кварцевого песка к цементу, твердеющему при температурах выше 100°C , резко повышает сцепление его со стальным стержнем.

Акустическая цементометрия используется в обсаженных скважинах для оценки качества цементирования заколонного пространства. 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.

В качестве информации используют:

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

Метод позволяет:

- установить высоту подъема цемента;
- выявить наличие или отсутствие цемента за колонной;
- определить наличие каналов, трещин, каверн в цементном камне;
- 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 ($V=5400\text{м/сек}$). Против муфтовых соединений колонны наблюдается уменьшение амплитуды колебаний в связи с рассеянием энергии на резьбе и увеличение время пробега.

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 ($V_{ц}=2500\text{ м/сек}$). Поэтому будет регистрироваться максимальное время $T_{п}$.

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.

Для определения высоты подъема цемента за обсадной колонной измерения проводят от устья до забоя скважины после затвердевания цемента, но не позже чем через двое суток после цементирования колонны для

нормально схватывающихся цементов и через 15-20 ч для быстросхватывающихся цементов. Оптимальное время исследований для нормально схватывающихся цементов – через 15 – 30 ч после окончания заливки.

Запрещается проведение любых работ в скважине перед измерениями во избежание нарушения температурного режима.

Эффективность определения высоты подъема цемента по температурной аномалии снижается в высокотемпературных скважинах и при использовании низкосортных цементов (глино- и гельцементы), в случае загрязнения цементного раствора или односторонней заливки.

В разделе "Результаты" рассмотрены диаграммы по скважине №№, где необходимо было установить высоту подъема цемента за 245 мм. колонной. По данным термометрии высота подъема цемента отмечалось на глубине 1025м увеличением теплового поля. На этой глубине можно отметить резкое изменение теплового поля с 29 градусов до 33 градуса. Дальнейшая динамика изменения теплового поля по стволу скважины соответствует термоградиенту площади, смещенному на несколько градусов в сторону увеличения, что говорит о наличии цемента и происходящей экзотермической реакции при затвердевании. Кроме того можно наблюдать множество аномалий теплового поля, которые имеют корреляцию с кривой среднего диаметра DS, записанной в открытом стволе в процессе бурения скважины. На кривой среднего диаметра, увеличение диаметра соответствует наличию каверн, соответственно в кавернах при цементировании объём цемента больше и больше тепловыделение при затвердевании цемента. Что и наблюдается на термограмме. Особенно большие каверны, по кривой DS, в интервале 2560 – 2660м , увеличение диаметра с 300 до 500мм , соответствуют глинам, подтверждение этому заметно по увеличению значений на кривой гамма каротажа. Аномалии на термограмме тоже показываю увеличение объёма цемента за колонной.

На представленном в работе рисунке отсутствие цемента выше 1025м иллюстрируется диаграммами акустических методов. Хорошее качество

цементирования обсадных колонн -надежное сцепление цементного камня с породой и колонной- отмечается на волновой картине весьма малой амплитудой A_k , а на ФКД видно отсутствие контакта колонны с цементом и породой.

В заключении изложены итоги рассмотрения общих сведений и геологического строения Степновского ПХГ, а также результаты геофизических исследований в скважинах ПХГ после цементирования.

В работе проанализировано применение метода термометрии и акустического каротажа для оценки высоты подъёма цемента в затрубном пространстве. По итогам работы можно сказать, что задача качественного крепления обсадных колонн газовых скважин цементированием решается, в том числе, и контролем высоты подъёма цемента в затрубном пространстве методом термометрии.