**Задание №1.**

**Метод естественного электрического поля. Физические основы метода, записываемые кривые и их интерпритация.**

При электрическом каротаже изучают электрическое поле, созданное электрическим током, проходящим через точечные электроды в окружающей проводящей среде. Ток через электроды (А и В) обычно поддерживается источником, находящимся в питающей цепи.

Электродная установка или каротажный зонд, сохраняя расстояние между электродами во время измерения, движется по стволу скважины. Каротажный зонд характеризуется коэффициентом зонда К.

После рассмотрения элементов электрического поля, регистрируемого трехэлектродным каротажным зондом, становится ясным, что для определения удельного электрического сопротивления однородной среды нужно измерить разность потенциалов ΔU и, зная коэффициент зонда К и питающий его ток I можно рассчитать удельное электрическое сопротивление среды (породы) из следующей формулы:

ΔU = ρп · I / К → ρп = К · ΔU / I

Для получения кривой изменения ρп по стволу скважины при постоянном значении I достаточно регистрировать изменение только ΔU по стволу скважины.

В природе мы встречаемся с многослойной и неоднородной средой (ствол скважины, зона проникновения промывочной жидкости в пласт, неоднородность и ограниченность толщины пластов и др.) и получаем некоторое условное, результирующее значение от всех влияющих на измеряемое удельное сопротивление исследуемого интервала различных факторов, которое носит название кажущегося удельного сопротивления (ρн или КС). Для определения ρн (КС) обычно исползуют флрмулу, справедливую для однородной среды:

ρк = К · ΔU / I

Результаты измерений кажущегося удельного сопротивления, как и ρп, представляют в виде кривой, показывающей изменение ρк по стволу скважины с глубиной (кривая КС).

Прохождение электрического тока в веществах, в том числе и в горных породах, обусловлено наличием двух видов проводимостей (электронной и ионной) в твердых телах и водных растворах солей.

Горная порода представляет собой сложный агрегат, состоящий из твердого скелета, поровое пространство которого заполнено водными растворами, нефтью и газом. Электрическая проводимость породы в большинстве случаев обусловлена наличием электропроводящих жидкостей в порах и каналах между твердыми частицами горных пород. Различные горные породы, пересеченные стволом скважины, имеют различный химический состав, различную минерализацию заполняющих поры и трещины водных растворов, и поэтому отличаются друг от друга значениями удельного электрического сопротивления. Его значение во многом характеризует насыщенность коллекторов (вода, нефть, газ), относительный объем пор, заполненных водным раствором солей (пористость), в связи с чем метод сопротивлений обязательно включается в стандартный комплекс исследований геологического разреза скважины.

Удельное сопротивление горных пород измеряется в ом-метрах и относится при измерениях к 1 м3 породы. Удельное сопротивление горных пород изменяется в широких пределах – от долей до нескольких тысяч ом-метров, в зависимости от наличия минерализации пластовой воды, заполняющей их поры и трещины. Повышение минерализации водных растворов ведет к уменьшению их удельного сопротивления за счет увеличения общего числа ионов в растворах.

Но, несмотря на это обстоятельство, в пределах одного района однотипные породы имеют близкие значения удельных сопротивлений. Поэтому, определив по электрическому каротажу удельное сопротивление пройденных скважиной пород, можно судить, какие литологические разности были пройдены скважиной, и выделить во вскрытом геологическом разрезе нефтегазонасыщенные и водонасыщенные интервалы.

Удельное сопротивление водонасыщенного пласта находится в прямой зависимости от сопротивления пластовой воды, насыщающей поры, ее количества и формы распределения в породе.

Неоднородность пластов, их частое чередование – тонкослоистость разреза, сложная структура порового пространства, искажающее влияние скважины создают определенные трудности при решении задач нефтепромысловой геологии методом сопротивлений.

В результате электрохимической активности горных пород, находящихся в условиях естественного залегания, при пересечении их скважиной в стволе последней возникает естественное самопроизвольное электрическое поле. Измерение в скважине потенциала самопроизвольно возникающего электрического поля дает важную информацию о породах. Возникновение электрического поля обусловлено следующими факторами: диффузией ионов солей из пластовых вод в ствол скважины и наоборот, адсорбцией ионов частицами породы и промывочной жидкости, фильтрацией пластовых вод и промывочной жидкости в простой среде, окислительными процессами минералов, составляющих горные породы.

В скважине отсутствие непосредственного контакта растворов одного состава различной концентрации, наличие тонкопористых перегородок, различие в составах растворов и наложение других потенциалов усложняют общую картину. Схематическое изображение поля самопроизвольной поляризации в скважинных условиях показано на рисунке:



В песчано-глинистом разрезе при большой минерализации пластовой воды по сравнению с минерализацией промывочной жидкости коллекторы на кривых ПС характеризуются отрицательными аномалиями. Увеличение в составе пород примесей глин отмечается уменьшением отрицательной аномалии. Уплотненные породы, содержащие незначительное количество глинистых примесей, выделяются по кривым ПС как чистые глины. Изменение потенциалов самопроизвольной поляризации по разрезу используют для его расчленения, корреляции, выделения глинистых, пористых и проницаемых интервалов.

При стандартном электрическом каротаже измеряют кажущееся удельное сопротивление и потенциалы самопроизвольной поляризации пересеченных скважиной пород.

Для проведения электрического каротажа используют трехэлектродный скважинный зонд, который соединяется с поверхностной аппаратурой и управляется через каротажный кабель. Спуско-подъемные операции скважинного прибора осуществляются с помощью лебедки каротажного подъемника.

Скважинные исследования методом естественного поля (ЕП) или поля самопроизвольного (каротаж ПС) сводятся к измерению постоянных естественных потенциалов, возникающих у пластов с разной электрохимической активностью. Естественные потенциалы (потенциалы собственной поляризации) возникают при окислительно-восста-новительных, диффузионно-адсорбционных и фильтрационных процессах, протекающих в различных горных породах. Зондом для измерения собственных потенциалов служат свинцовые приемные электроды. Работы в методе ПС чаще выполняются способом потенциала, то есть установкой, состоящей из одного неподвижного приемного электрода N, заземленного вблизи устья скважины, и второго электрода M, перемещаемого по скважине (рис. 7.4, а). Иногда, особенно при наличии электрических помех, запись ПС ведется способом градиента потенциала. В этом случае оба приемных электрода M и N передвигаются по скважине, а расстояние между ними остается постоянным (1 - 2 м).

|  |
| --- |
|  |
| Схема каротажа ПС способом потенциала с полуавтоматической регистрацией:  а - схема установки: 1 - блок-баланс, 2 - лебедка с коллектором, 3 - милливольтметр, 4 - регистратор, 5 - лентопротяжный механизм, соединенный гибким валиком (6) с роликом блок-баланса, 7 - диаграммная бумага, 8 - карандаш; б - диаграмма естественных потенциалов по стволу скважины: I (почва) и III (известняки) - пласты со слабой электрохимической активностью, II (суглинки) и V (глины) - пласты с положительными аномалиями ПС, IV - пласт с отрицательной аномалией ПС, характерной для проницаемых слоев |

В результате работ получаются графики естественных потенциалов, измеряемые в милливольтах. По аномалиям на диаграммах ПС выделяются пласты с разной электрохимической активностью. Однозначная литологическая интерпретация диаграмм ПС затруднена, т.к. естественное электрическое поле зависит от многих факторов. Чаще всего против глинистых пород наблюдаются положительные аномалии потенциала ПС, а около пористых проницаемых пластов - отрицательные. Интенсивными аномалиями положительного и отрицательного знака выделяются сульфидные залежи, пласты антрацита, графита. Слабыми аномалиями (единицы милливольт) отличаются массивные, плотные, плохо проницаемые песчаники, известняки, изверженные породы. Скважинные исследования методом ПС служат для расчленения геологических разрезов и корреляции по соседним скважинам отдельных пластов, выявления плохо проницаемых сланцев, глин и хорошо проницаемых песков, пористых известняков, выделения сульфидных, полиметаллических руд, угля, графита, оценки пористости и проницаемости пород. В результате ГИС строятся каротажные диаграммы: графики изменения того или иного физического параметра от глубины:

|  |
| --- |
|  |
| Типичные диаграммы электрического и ядерного методов ГИС |

Принципы обработки диаграмм любого метода одинаковы и сводятся к выделению аномалий: максимумов, минимумов, изрезанных интервалов и др. на нормальном фоне. По ним можно определить местоположение пластов, их мощности. Для симметричных зондов, например, по графику потенциалов и пропорциональных ему параметров поля, центр пласта находится напротив экстремумов, а границы - на участках перегиба. Для несимметричных зондов, измеряющих градиент потенциала и пропорциональные ему параметры, экстремумами на диаграммах выделяются кровля или подошва пласта. Качественная интерпретация диаграмм ГИС включает как подобную обработку каждой диаграммы, так и их межметодную и межскважинную корреляцию. Количественная геолого-геофизическая интерпретация в каждом методе своя, но наиболее достоверная информация получается при комплексировании нескольких методов. Наличие одной АКС (АГИС) с большинством зондов создает возможность проводить комплексирование быстро и дешево. Этим ГИС резко отличается от полевых методов геофизики

**Задание №2.**

**Определение дефектов обсадных колонн.**

В процессе эксплуатации скважины обсадные трубы стареют, разъедаются коррозией, иногда наблюдаются их смятие, повреждение, порыв и потеря герметичности. Встречаются случаи негерметичности новых труб, особенно в местах муфтовых соединений. Негерметичность обсадных труб ликвидируется в процессе ремонтных работ для восстановления нормального функционирования эксплуатационной скважины. Поэтому непосредственно после перфорации и работ по цементированию контролируют техническое состояние эксплуатационной колонны с периодическим повтором этих работ в дальнейшем.

При изучении технического состояния и обнаружении дефектов обсадных стальных труб отбивают местоположение соединительных муфт, пакеров, центраторов и клапанов с помощью локатора муфт, измеряют толщины стальных труб, их внутренний диаметр, эллипсность поперечного сечения, устанавливают места повреждения труб с помощью толщиномеров, дефектомеров, профилемеров, визуально наблюдают и фотографируют состояние внутренней поверхности стенок труб и характер повреждения акустическим телевизором, исследуют места нарушения герметичности труб с помощью резистивиметра, термометра, испытателя пластов, изотопов, расходомеров, дебитомеров и других приборов. Для привязки по глубинам измерений в интервале исследования разными приборами применяются локаторы муфт.

Магнитный локатор муфт представляет собой индуктивную катушку, помещенную в корпус из немагнитного материала (бронза, нержавеющая сталь, титан) с ферромагнитным сердечником и двумя магнитными наконечниками, создающими в катушке и вокруг нее постоянное магнитное поле. При перемещении локатора в колонне стальных труб в местах муфтовых соединений, повреждений или перфорации из-за изменения магнитной проницаемости происходит перераспределение магнитного поля и возникает ЭДС в цепи катушки. Таким образом, муфтовые соединения или другие дефекты колонны отмечаются импульсами электрического тока, регистрируемыми на поверхности в функции глубины скважины. Магнитные локаторы двух модификаций используются в комплексе с приборами радиоактивного каротажа (ЛР) и перфоратора (ЛП) для привязки интервалов перфорации к пласту, а также в комплексе с другими скважинными приборами (акустический телевизор, калибромер и др.), применяемыми для исследования технического состояния эксплуатационной колонны.

При измерении гамма-толщиномером регистрируют интенсивность рассеянного γ-излучения. Измерительный прибор состоит из зонда малой длины (9-12 см), коллимационных окон и центраторов. Диаграмма изменения толщины труб в функции глубины называется тлщинограммой.

Места нарушения герметичности эксплуатационной колонны определяются обычно резистивиметром. Поэтому используется методика продавливания, заключающаяся в проведении серии повторных измерений удельного электрического сопротивления жидкости, заполняющей колонну, для прослеживания за перемещением порции жидкости, отличающейся по сопротивлению от предварительно закачанной.

Техническое состояние обсадных труб проверяется, как правило, до и после проведения подземного ремонта скважины.

**Задание №3.**

**Опишите, как определяется пористость по данным гамма-гамма-метода.**

При гамма-гамма-каротаже (ГГК) измеряют интенсивность рассеянных γ-квантов, генерируемых в окружающую среду источником γ-излучения.

Установка гамма-гамма-каротажа представляет собой индикатор γ-лучей, находящихся на некотором расстоянии от источника γ-излучения. Между индикатором и источником помещается экран-фильтр, защищающий индикатор от прямого γ-облучения. Расстояние между источником и индикатором, так же как и при нейтронных методах, называют длиной зонда. В зависимости от решаемой задачи применяют соответствующие модификации аппаратуры. Некоторые приборы центрируются илои прижимаются к стенке скважины. Наиболее перспективными являются двухзондовые приборы с коллимацией пучка γ-квантов. В качестве источника γ-излучений при ГГК обычно используют радиоактивный изотоп кобальта 27СО60 и цезия 55Cs134.

Ослабление энергии γ-квантов на интервале источник – среда – индикатор вызвано тремя основными процессами взаимодействия γ-квантов с атомами элементов, составляющих горные породы: комптоновского рассеивания, образования пар и фотоэлектрического эффекта.

Эффект Комптона заключается во взаимодействии γ-кванта с электроном, при котором часть энергии кванта передается последнему. Многократное комптоновское рассеяние приводит к последовательному снижению энергии γ-кванта. Вероятность рассеяния пропорциональна числу электронов в объеме породы (атомному номеру элемента Z или сумме составляющих породу элементов).

При фотоэлектрическом эффекте происходит поглощение γ-кванта атомом элемента. При этом вся энергия γ-кванта передается одному из электронов, вырываемому из электронной оболочки атома. В горной породе процесс данного типа поглощения пропорционален атомному номеру в шестой степени (Z6).

Образование пар наблюдается в результате взаимодействия с ядром γ-кванта, при этом последний превращается в пару электрон – позитрон. Образовавшийся позитрон через короткий промежуток времени соединяется со свободным электроном, в результате чего испускается два γ-кванта с энергией 0,51 МэВ, которые, в свою очередь, подвергаются комптоновскому рассеиванию или фотоэлектрическому поглощению. Образование пар пропорционально квадрату атомного номера (Z2) элементов, составляющих окружающую среду.

Гамма-кванты, вышедшие из источника, рассеиваются в породе в результате перечисленных выше процессов, часть из них достигает индикатора и отмечается им. Интенсивность рассеянного (регистрируемого) γ-излучения характеризуется объемной плотностью среды.

Эталонировка аппаратуры ГГК осуществляется в нескольких средах с известным значением плотности. Кривая логарифма отношений сигналов двух зондов ГГК характеризует эффективную плотность породы вблизи стенки скважины, т.е. суммарное значение плотностей зерен твердого скелета и заполняющего поры флюида. Связь объемной плотности породы δоб с ее пористостью kn выражается уравнением:

δоб = δм - kn·( δм – δф)

где: δм, δф – плотности скелета породы и заполняющего породу флюида (обычно фильтрата промывочной жидкости).

Из приведенной выше формулы пористоть определится:

kn = (δоб - δм)/( δм – δф)

Метод ГГК в комплексе с другими геофизическими методами успешно решает следующие задачи нефтепромысловой геологии: литологическое расчленение гидрохимических осадком, выделение коллекторов в карбонатных отложениях, выделение коллекторов в песчано-глинистых отложениях, определение пористости коллекторов. Радиоактивный каротаж, как правило, проводят в комплексе с электрическим и акустическим каротажом.

**Библиографический список.**

1. Середа Н.Г., Сахаров В.А., Тимашев А.Н. Спутник нефтяника и газовика: Справочник. - М.: Недра, 1986. – 325 с.
2. Минеев Б.П., Сидоров Н.А. Практическое руководство по испытанию скважин. М.: Недра, 1981. 280 с.
3. Шакиров А.Ф. Каротаж, испытание, перфорация и торпедирование скважин: Учебное пособие для профтехобразования. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 300 с.
4. Амиров А.Д., Карапетов К.А., Лемберанский Ф.Д. и др. Справочная книга по текущему и капитальному ремонту нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 1989. – 309 с.