**Гамма – каротаж. Физические основы метода**

**Курсовая работа :Адиятова А.Н.**

**Министерство Образования РФ**

**Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет**

**Кафедра геофизики**

**Уфа 2002**

*Геофизик - это субъект, способный с бодрой силой духа выворачивать бесконечные ряды непостижимых формул, выведенных с микроскопической точностью, исходя из неопределенных предположений, основанных на спорных данных, полученных из неубедительных экспериментов, выполненных с неконтролируемой аппаратурой лицами подозрительной надежности и сомнительных умственных способностей. И все это - с открыто признаваемой целью раздражать и путать химерическую группу фанатиков, известных под именем геологов, которые, в свою очередь, являются паразитическим наслоением, окружающим честно и тяжело работающих буровиков.*

*Journal of Petroleum Technology. 1957*

**Ядерные методы исследования скважин**

Ядерные исследования скважин подразделяются на методы изучения естественной радиоактивности (гамма-методы) и искусственно вызванной радиоактивности, называемые ядерно-физическими или ядерно-геофизическими (гамма-гамма и нейтронные методы).

**Методы изучения естественной радиоактивности горных пород в скважинах.**

На изучении естественной радиоактивности горных пород основан гамма-каротаж или гамма-метод (ГМ). Это аналог радиометрии.

Работы проводят с помощью скважинных радиометров разных марок. Электрические сигналы, пропорциональные интенсивности гамма-излучения, передаются с них по кабелю в обычную каротажную станцию, где и осуществляется их автоматическая регистрация.

В результате гамма-каротажа записывается непрерывная кривая, или диаграмма, интенсивности гамма-излучения . Величина измеряется в импульсах за минуту или в микрорентгенах в час (гаммах). Поскольку распад ядер является случайным процессом, то интенсивность гамма-излучения колеблется около среднего уровня, испытывая статистические флуктуации. Для их учета применяются повторные записи с меньшей скоростью проведения наблюдений. Так как гамма-лучи почти полностью поглощаются слоем породы толщиной 1 - 2 м, а до 30 % ядерной энергии не пропускается обсадными трубами, то скважинный радиометр может фиксировать гамма-излучение пород, расположенных в радиусе, не превышающем 0,5 м от оси скважины. Увеличение диаметра скважины и наличие воды или бурового раствора в ней еще больше снижают радиус обследования.

На диаграммах гамма-каротажа выявляются пласты с разной степенью радиоактивности. Максимумами выделяются породы и руды, содержащие уран, радий, торий, калий-40 и другие радиоактивные элементы, а также граниты, глины; минимумами - песчаные и карбонатные породы.

Спектрометрия естественного гамма-излучения, т.е. определение энергии гамма-лучей, служит для выделения в разрезах скважин пород и руд, содержащих определенные элементы, например, калий, торий, уран, фосфор и др.

**1. Естественная радиоактивность горных пород.**

Среди других радиометрических методов исследования скважин наиболее распространенным является метод естественной радиоактивности горных пород или, как его чаще называют, гамма – метод. В его основе лежит изучение закономерностей изменения естественной радиоактивности горных пород, обусловленной присутствием главным образом урана и тория с продуктами распада, а также радиоактивного изотопа калия К40. остальные радиоактивные элементы (Rb87, Zr96, La138, Sm147 и т.д.) имеют столь большие периоды полураспада, что при существующей распространенности в земной коре заметного вклада в суммарную радиоактивность внести не могут.

Радиоактивностью основных минералов, входящих в состав осадочных горных пород, колеблется в весьма широких пределах – от сотых долей до нескольких тысяч *пг-экв Ra/г.* Все эти минералы по радиоактивности могут быть разбиты на четыре группы.

Соотношение вклада радиоактивных элементов в общую гамма-активность пород различно. Основной вклад вгамма-активность известняков и особенно доломитов даютRa (соответственно 64% и 75%),вклад Ra, Th, K в радиоактивность песчаников примерно одинаков (Ra 23-26%, Th 40%, K 35%).В связи с этим спектр естественного гамма-излучения терригенных и карбонатных пород различен.

В первую группу, характеризующуюся низкой радиоактивностью, входят основные составляющие осадочных горных пород минералы :

-) кварц

-) доломит

-) ангидрит

-) гипс

-) кальцит

-) сидерит

-) каменная соль.

Вторая группа минералов со средней радиоактивностью представлена отдельными минеральными разностями типа :

-) лимонит

-) магнетит

-)турмалин

-) корунд

-) барит

-) олигоклаз

-) роговая обманка и др.

К третьей группе минералов относятся :

-) глины

-) слюды

-) полевые шпаты

-) калийные соли, характеризующиеся повышенной радиоактивностью, и некоторые другие минералы.

В четвертую группу входят акцессорные минералы, радиоактивность которых более чем в 1000 раз превышает радиоактивность минералов первой группы.

В гамма – методе исследования скважин о величине естественной радиоактивности горных пород судят по интенсивности *Iγ* их естественного γ-излучения, регистрируемой радиометром, движущимся по стволу скважины.

Гамма – излучение включает также и так называемое фоновое излучение *(фон)*. Фоновое излучение вызвано загрязнением радиоактивными веществами материалов, из которых изготовлен глубинный прибор, и космическим излучением. Влияние космического излучения резко снижается с глубиной и на глубине нескольких десятков метров на результатах измерений уже не сказывается.

**2. Гамма – каротаж.**

Измерение интенсивности *Iγ* естественного γ-излучения пород вдоль ствола скважины называется *гамма – каротажем (ГК)*.

Условно считают, что эффективный радиус действия установки гамма – каротажа (радиус сферы, из которой исходит 90% излучений, воспринимаемых индикатором) соответствует приблизительно 30 см; излучение от более удаленных участков породы поглощается окружающей средой, не достигнув индикатора. Увеличение dс из-за размыва стенки скважины и образования каверн (обычно в глинистых породах) сопровождается уменьшением показаний гамма – каротажа. Цементное кольцо в большинстве случаев также влияет на величину регистрируемого γ-излучения, уменьшая ее. Для определения γ-активности пласта при количественной интерпретации данные гамма – каротажа приводят к стандартным условиям.

Интенсивность радиоактивного излучения пород в скважине измеряют при помощи индикатора γ-излучения, расположенного в глубинном приборе. Регистрация осуществляется в процессе взаимодействия гамма – излучения с атомами и молекулами вещества, наполняющего индикатор. В качестве индикатора используют счетчики Гейгера – Мюллера или более эффективные, лучше расчленяющие разрез сцинтилляционные счетчики.

**2.1 Счетчик Гейгера – Мюллера.**

В этом счетчике один из электродов (анод) под напряжением 800 – 1000 В помещен в камеру, заполненную ионизирующим газом под низким давлением (≈ 0.01 ат). Часть гамма – квантов, проходя через камеру, не взаимодействует на своем пути с молекулами газа, что снижает эффективность счетчика. Другие гамма – кванты вызывают ионизацию нескольких молекул газа.

Каждый зарегистрированный счетчиком гамма – квант вызывает в цепи питания счетчика импульс тока.

**2.2 Сцентилляционный счетчик.**

Индикатором гамма – излучения является прозрачный кристалл, молекулы которого обладают свойством сцентилляции – испускания фотонов света при воздействии гамма – квантов. Фотоны отмечаются фотоумножителем и вызывают поток электронов к аноду (ток).

Большим преимуществом сцентиллятора является высокая эфективность счета (регистрируется до 50 – 60% гамма – квантов, проходящих через кристалл) по сравнению с другими типами счетчиков, эффективность которых 1 – 5%. Это позволяет уменьшить длину счетчиков с 90 до 10 см, улучшить вертикальное расчленение и обеспечить малую статическую флуктуацию.

**2.4 Статистические флуктуации.**

Радиоактивный распад непостоянен во времени, поэтому для получения стабильных значений радиоактивности берется значение показаний за достаточно продолжительный промежуток времени. Так как этот период не может быть весьма большим, то измеренная радиоактивность не является постоянной даже в том случае, если глубинный прибор находится в скважине без движения. Наблюдаемые изменения радиоактивности в этом случае называются ее *статистическими флуктуациями.*

Статистическая флуктуация на диаграмме не должна превышать несколько сантиметров, в противном случае из-за искажения диаграммы не могут быть коррелируемыми. Регулировка амплитуды флуктуации осуществляется подбором постоянной времени интегрирующей ячейки.

**2.5 Постоянная времени интегрирующей ячейки.**

Регулируемые элементы интегрирующей ячейки позволяют изменить ее постоянную времени от 1 до 6 сек. Выбор того или иного значения постоянной времени, с которой будут проводиться исследования в скважине, исходит из двух противоречивых положений : большая длительность постоянной времени уменьшает статистические флуктуации, но вызывает отставание в записи регистрируемой величины и требует снижения скорости замера для уменьшения искажения кривой.

**3. Кривые гамма - каротажа.**

Полученная в результате замера кривая, характеризующая интенсивность γ-излучения пластов вдоль ствола скважины, называется *гамма – каротажной кривой.*

Конфигурация получаемой кривой изменения величины *Iγ* зависит от целого ряда факторов, связанных с особенностями исследуемого разреза, конструкции скважины и методики производства измерений (радиоактивность горных пород, пройденных скважиной, радиоактивности бурового раствора, диаметра скважины и наличия обсадной колонны).

Точное аналитическое рассмотрение влияния на величину *Iγ* всей совокупности этих факторов представляет собой весьма сложную задачу, до настоящего времени полностью не решенную. Однако влияние каждого из этих факторов в отдельности изучено достаточно подробно.

Благодаря статистическим флуктуациям кривая радиоактивного каротажа имеет отклонения, не связанные с изменением физических свойств пластов (погрешности измерений). Погрешность, связанная с флуктуацией, тем больше, чем меньше импульсов, испускаемых в еденицу времени (скорость счета). В общем случае интенсивность γ-излучения пластов, вскрываемых скважиной, приблизительно пропорциональна γ-активности пород. Однако при одинаковой γ-активности породы с большей плотностью отмечается меньшими показаниями ГК из-за более интенсивного поглощения γ-лучей. Показания гамма – каротажа являются функцией не только радиоактивности и плотности пород, но и условий измерений в скважине (диаметр скважины, плотность промывочной жидкости и др.).

Влияние скважины на показания ГК проявляется в повфшении интенсивности γ-излучения за счет естественной радиоактивности колонн, промывочной жидкости и цемента и в ослаблении γ-излучения горных пород вследствие поглощения γ-лучей колонной, промывочной жидкостью и цементом. В связи с преобладающим значением второго процесса влияние скважины сказываются главным образом в поглощении γ-лучей горных пород. Это приводит к тому, что при выходе глубинного скважинного снаряда из жидкости наблюдается увеличение γ-излучения. Пи переходе его из необсаженной части скважины в обсаженную отмечается снижение интенсивности естественных γ-излучений, что вызывает смещение кривых и уменьшение дифференцированности диаграммы. Такое же явление наблюдается при переходе глубинного прибора из одноколонной части скважины в двухколонную.

**4. Количественная оценка радиоактивности горных пород.**

Конечной целью геофизической интерпретации данных гамма – метода является количественная оценка содержания в горных породах радиоактивных элементов.

В принципе оценка по кривым гамма – метода содержания в исследуемых породах радиоактивных элементов *qп* может быть решена на базе использования одного из двух следующих соотношений :

*q = S/KγH ; q = I∞γ/Kγ*

где

*S* – площадь аномалии на кривой *Iγ* против исследуемого пласта;

*I∞γ* - интенсивность γ-излучения, регистрируемая против исследуемого пласта при условии его бесконечно большой мощности;

*H* – мощность пласта;

*Кγ* - так называемая γ-постоянная прибора, численно равная интенсивности γ-излучения, которая фиксируется используемым радиометром против пласта бесконечной мощности с единичным содержанием радиоактивных элементов.

Таким образом, в обоих случаях задача сводится к определению постоянной *Кγ* радиометра, которым получена кривая *Iγ* , т.е. практически к проблеме эталонирования радиометрической аппаратуры.

Решение этой задачи весьма сложно, так как величина *Кγ* зависит от целого ряда трудно учитываемых и, что самое главное, непостоянных факторов. Обычно она находится экспериментально.

**5 Область применения метода.**

В комплексе с данными других методов промысловой геофизики результаты гамма – метода исследования скважин используются для литологического расчленения разрезов скважин, для их корреляции и для выделения в них полезных ископаемых. В осадочных отложениях они являются наиболее надежным геофизическим критерием степени глинистости горных пород.

**5.1 Выделение полезных ископаемых.**

Среди полезных ископаемых, однозначно выделяемых по данным гамма – метода, в первую очередь следует назвать радиоактивные руды (уран, радий и торий), а также калийные соли.

В скважинах, бурящихся с целью поисков и разведки месторождений радиоактивных руд, гамма – метод является основным геофизическим методом исследования, на основании данных которого осуществляется не только выделение в разрезе рудных пластов и пропластков, но и количественная оценка содержания в этих рудах радиоактивных элементов. Эти данные широко используются при подсчете месторождений радиоактивных руд.

Во многих случаях по кривым гамма – метода в разрезе скважин уверенно выделяются скопления фосфоритов, марганца, свинца и других редких цветных металлов. На указанных кривых все эти полезные ископаемые отмечаются аномально повышенными интенсивностями *Iγ* .

**5.2 Расчленение.**

В основе литологического расчленения по данным гамма – метода разрезов скавжин лежат закономерности изменения радиоактивности горных пород.

В скважинах нефтяных, газовых, угольных и других месторождений, приуроченных к осадочным отложениям, кривые гамма – метода отражают в первую очередь степень глинистости горных пород и наличие в разрезе низкоактивных пород гидрохимического происхождения. Как правило, повышенными интенсивностями *Iγ* на кривых отмечаются наиболее глинистые разности осадочных горных пород. Минимальными интенсивностями *Iγ* характеризуются хемогенные осадки (галиты, гипсы, ангидриты) и чистые неглинистые разности песков, песчаников, известняков и доломитов. В хемогенно-карбонатной толще пород это позволяет выделить среди известняков и доломитов ангидриты и каменные соли, не отличающиеся от пород толщи по величине электрического сопротивления и по нейтронным свойствам, а также высокоактивные калийные соли и глинистые разности. В песчано – глинистой части разреза скважин среди непроницаемых глинистых отложений, характеризующихся повышенной радиоактивностью, пониженными интенсивностями *Iγ* на кривых гамма – метода уверенно выделяются пласты чистых неглинистых песков и песчаников – возможных коллекторов нефти. Особенно возрастает роль гамма – метода для выделения коллекторов в случае, когда исследуемые скважины заполнены буровым раствором, удельное электрическое сопротивление которого близко к сопротивлению пластовых вод. В этих условиях кривые метода ПС слабо дифференцированы и данные гамма – метода становятся основным исходным материалом для выделения проницаемых разностей – коллекторов. Кроме того, гамма – метод дает возможность расчленять геологические разрезы старых обсаженных скважин, привязывать к глубинам соединительные муфты и пласты, пройденные скважиной, и тем самым повысить точность перфораций.

Гамма – метод применяется также для выделения пород пониженной радиоактивности, например каменных углей.

В случае высоких стабильных значений радиоактивности против глин и низких показаний радиоактивности в песках некоторые авторы приводят количественную интерпретацию кривых гамма – метода для определения глинистости коллекторов. Для этого проводят линию, соответствующую чистым (неглинистым) отложениям, и линию глин. Величина отклонения кривой принимается линейно связанной с глинистостью χ. Некоторые исследователи применяют следующую зависимость :

*lg χ = A Iγ ,диагр + В* ,

где *А* и *В* – постоянные, определяемые по керну для каждой площади.

**5.3.Корреляция.**

В основе использования данных гамма – метода для корреляции разрезов скважин лежит хорошая выдержанность радиоактивности отдельных литологических разностей пород в пределах больших площадей и территорий. По сравнению с другими методами использование данных гамма – метода для корреляции характеризуются следующими преимуществами.

Независимость регистрируемой интенсивности *Iγ* от минерализации пластовых вод и бурового раствора.

Независимость величины *Iγ* от нефтенасыщенности горных пород.

Это позволяет осуществлять по данным гамма – метода корреляцию пластов без учета технологии проводки скважины и изменения по площади минерализации пластовых вод, а также без учета положения рассматриваемых скважин по отношению водонефтеносности. Мало сказывается на величине регистрируемой интенсивности *Iγ* и изменение таких непостоянных по площади параметров горных пород, как их пористость и структура порового пространства в карбонатных отложениях. Все это вместе взятое приводит к тому, что результаты гамма – метода являются наиболее надежным материалом для межплощадной и региональной корреляции.

**5.4 Оценка глинистости.**

Основная ценность гамма – метода при исследовании осадочных горных пород заключается в возможности количественных определений по его данным глинистости *Сгл* горных пород или содержания в карбонатных породах нерастворимого остатка *Спо* – параметров, знание которых необходимо при оценке коллекторских свойств горных пород, а также при количественной интерпретации данных других методов промысловой геофизики.

В основе количественных определений лежит корреляционная связь радиоактивности *qп* горных пород с содержанием в них глинистого материала *Сгл* и нерастворимого остатка *Спо*, характеризующихся повышенной радиоактивностью.

**6. Заключение.**

Во всех горных породах хотя бы в небольших количествах присутствуют радиоактивные изотопы, содержание которых в разных породах различно, поэтому посредством регистрации радиоактивных излучений в скважине можно судить о характере горных пород.

Гамма-каротаж основан на измерении естественной гамма - активности горных пород.При гамма - каротаже регистрируются гамма - лучи в скважине.

Гамма – излучение представляет собой высокочастотное электромагнитное излучение, возникающее в результате ядерных процессов, и рассматривается как поток дискретных частиц (гамма - квантов).

Работы проводят с помощью скважинных радиометров разных марок. Электрические сигналы, пропорциональные интенсивности гамма-излучения, передаются с них по кабелю в обычную каротажную станцию, где и осуществляется их автоматическая регистрация.

В результате гамма - каротажа записывается непрерывная кривая, или диаграмма, интенсивности гамма-излучения. Поскольку распад ядер является случайным процессом, то интенсивность гамма-излучения колеблется около среднего уровня, испытывая статистические флуктуации. Для их учета применяются повторные записи с меньшей скоростью проведения наблюдений. Так как гамма - лучи почти полностью поглощаются слоем породы толщиной 1 - 2 м, а до 30 % ядерной энергии не пропускается обсадными трубами, то скважинный радиометр может фиксировать гамма-излучение пород, расположенных в радиусе, не превышающем 0,5 м от оси скважины. Увеличение диаметра скважины и наличие воды или бурового раствора в ней еще больше снижают радиус обследования.

На диаграммах гамма - каротажа выявляются пласты с разной степенью радиоактивности. Максимумами выделяются породы и руды, содержащие уран, радий, торий, калий-40 и другие радиоактивные элементы, а также граниты, глины; минимумами - песчаные и карбонатные породы.

**Список литературы.**

С.С. Итенберг, Т.Д. Дахкильгов “Геофизические исследования в скважинах”, Москва, «Недра», 1982 г.

Н.А. Перьков “Интерпретация результатов каротажа скважин”, Москва, «Гостоптехиздат», 1963 г.

Р. Дебранд “Теория и интерпретация результатов геофизических методов исследования скважин”, Москва, «Недра», 1972 г.

В.В Ларионов “Радиометрия скважин”, Москва, «Недра», 1969