

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Институт природных ресурсов
Кафедра геологии и разведки полезных ископаемых

*Курс лекций по дисциплине «Геологическая интерпретация
геофизических исследований нефтегазовых скважин»*

Раздел 1. Методы геофизических исследований скважин

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП
05.04.01 ГЕОЛОГИЯ
ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ)
«Нефтегазопромысловая геология»
КВАЛИФИКАЦИЯ: магистр
Разработчик **к.г.-м.н., доцент А.В. Ежова**

" **Интерпретация** " - латинское слово. Оно означает разъяснение или толкование смысла того или иного высказывания; в геофизике - это истолкование информации, полученной при физическом исследовании скважин, в геологических терминах.

Геофизические методы исследования скважин применяются для решения геологических и технических задач, связанных с поисками, разведкой и разработкой месторождений полезных ископаемых, а также с изучением гидрогеологических и др. особенностей исследуемых районов. Наиболее широкое применение геофизические методы получили при изучении нефтяных и газовых скважин в процессе их бурения, опробования и эксплуатации.

Одним из основных направлений исследования осадочной толщи скважинными геофизическими методами является изучение состояния геологической среды, вскрытой этой скважиной, т.е. изучение геологического разреза скважины.

Изучение геологических разрезов скважин проводится с использованием электрических, магнитных, радиоактивных, термических, акустических и др. методов. Применение их основано на изучении физических естественных и искусственных полей различной природы. Интенсивность того или иного поля определяется разными факторами, в первую очередь физическими свойствами пород. Физические свойства, в свою очередь, находятся в тесной связи с литологической, емкостно-фильтрационной, продуктивной и другими характеристиками.

При изучении геологических разрезов скважин геофизическими методами решаются следующие основные задачи:

- геофизическое расчленение разреза и выявление геофизических коррелятивов (реперов);
- литологическая характеристика пород, слагающих разрезы скважин;
- выявление коллекторов и изучение их свойств (пористости, проницаемости, глинистости и др.);
- характер и объемное содержание флюидов, заполняющих поровое пространство коллекторов (нефть, газ, вода);
- выявление интервалов с высокой концентрацией других полезных ископаемых, имеющих промышленный интерес (уголь, руды, соль и др.).

На основании этих данных производятся все остальные работы:

- 1) разрез данной скважины сопоставляется с разрезами соседних скважин;
- 2) изучается геологическое строение площади;
- 3) выясняется форма и пространственное распространение выявленных продуктивных пластов;
- 4) намечаются интервалы перфорации;
- 5) подсчитываются запасы месторождения;
- 6) составляется проект разработки залежи;
- 7) осуществляется эксплуатация выявленных продуктивных пластов.

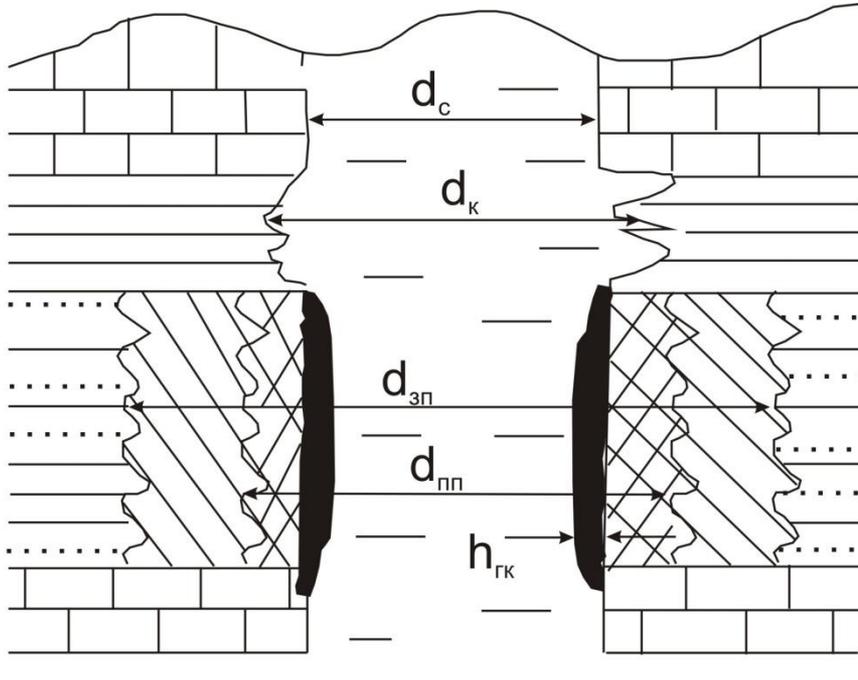
Таким образом, данные геофизических методов исследования скважин позволяют определить геологическое строение месторождений и продуктивных горизонтов как в локальном, так и в региональном масштабах.

СКВАЖИНА КАК ОБЪЕКТ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Скважины бурят с целью изучения геологии, поисков и разведки месторождений нефти, газа, угля, руд, пресных и термальных вод, строительных материалов, решения задач гидрогеологии и инженерной геологии. Основное число скважин бурят при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений, где методы ГИС имеют особенно большое значение.

Вскрывая толщи горных пород, скважина нарушает их естественное залегание. В результате частично изменяются физико-химические условия окружающей среды и петрофизическая характеристика пород, прилегающих к стенке скважины. Изменяются также первоначальное геостатическое давление и температура.

Разрез необсаженной скважины.



d_c - диаметр скважины ;
 d_k - диаметр каверны ;
 $d_{зп}$ - диаметр зоны проникновения
 $d_{пп}$ - диаметр промытой зоны ;
 $h_{гк}$ - толщина глинистой корки.



Горные породы обладают различными механическими свойствами. Плотные прочные породы изменяются мало. Поэтому, диаметр скважины в них близок к номинальному (т.е. приблизительно равен диаметру долота). Рыхлые, хрупкие, трещиноватые породы, наоборот, размываются промывочной жидкостью, вследствие чего образуются **каверны**, т.е. увеличивается диаметр ствола скважины.

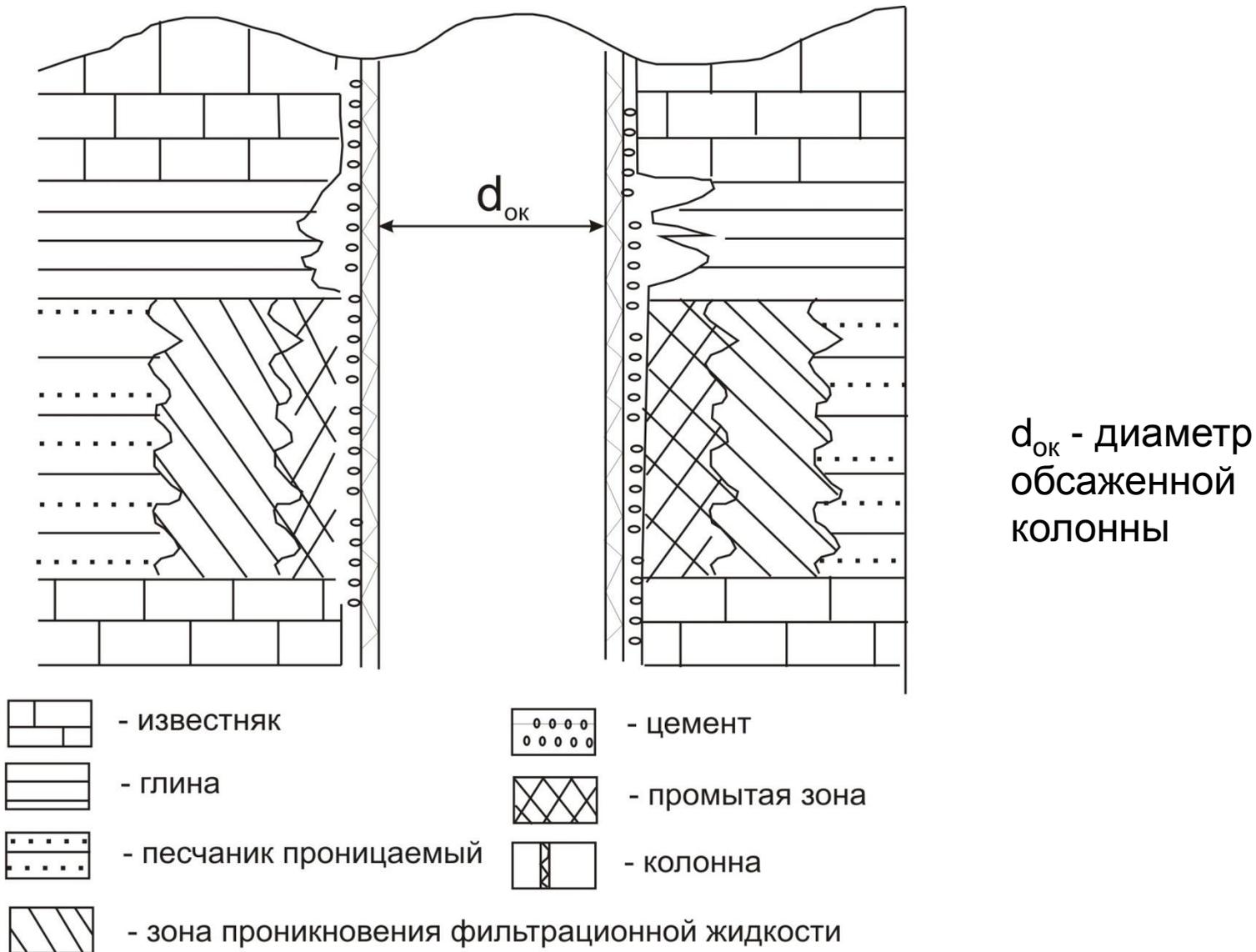
Существенные изменения происходят при разбурировании коллекторов, содержащих пластовые флюиды (нефть, газ, воду). Известно, что во избежание неконтролируемых выбросов при бурении осуществляют репрессию на пласт, т.е. гидростатическое давление промывочной жидкости поддерживают выше пластового давления. В результате возникает фильтрация скважинной жидкости в проницаемые пласты. Исходный флюид-нефть, газ, пластовая вода оттесняется, образуется **зона проникновения**, диаметр которой может превышать номинальный диаметр скважины на единицы сантиметров до десятков метров. Поры пород-коллекторов обычно имеют небольшие размеры (от единиц до сотен микрометров), и в такие породы поступает только фильтрат промывочной жидкости, а глинистые частицы оседают на стенке скважины, образуя **глинистую корку**, при этом уменьшается диаметр скважины.

Изменение диаметра скважин, обусловленное физическими свойствами пород, дают возможность выделять основные типы пород и границы между ними. Этот метод носит название **кавернометрии**.

Наиболее измененная часть пласта вблизи стенки скважины называется **промытой зоной**.

При изучении физических характеристик неизменной части пласта геофизическими методами сама скважина, промытая зона и зона проникновения фильтрата промывочной жидкости являются препятствием для установления истинных параметров породы, ее пористости, проницаемости, глинистости, карбонатности, нефтегазонасыщения. Для устранения влияния измененной части пласта на показания геофизических методов созданы специальные аппаратные устройства, позволяющие увеличить **глубинность метода в радиальном направлении**, и разработаны способы интерпретации, исключая влияние скважины, промывочной зоны и зоны проникновения.

Разрез скважины с обсадной колонной.



После окончания бурения и проведения геофизических исследований в открытом стволе скважину укрепляют обсадными металлическими колоннами. Пространство между опущенной колонной и стенкой скважины укрепляют с помощью цементного раствора для разобщения отдельных пластов и отдельного их опробования при поисках, разведке и разработке месторождений.

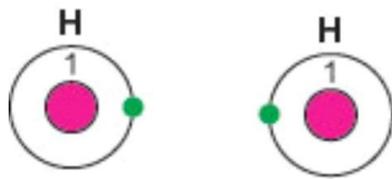
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРОД В СКВАЖИНАХ

Электрические методы исследования разрезов скважин основаны на изучении электромагнитных полей различной природы в горных породах.

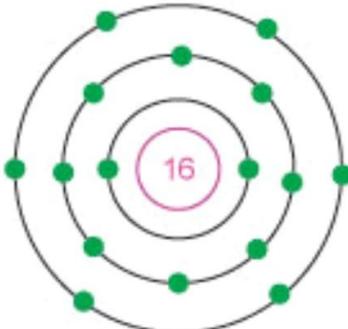
По происхождению изучаемого поля методы электрометрии скважин делятся на две большие группы – естественного и искусственного электромагнитного поля, а по частоте поля – на методы постоянного и переменного поля.

1. Метод потенциалов собственной поляризации

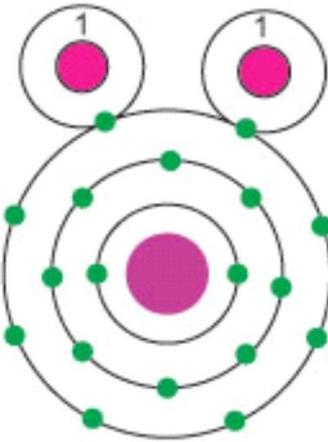
Методы потенциалов самопроизвольной поляризации горных пород основаны на изучении естественных электрохимических процессов, протекающих на границах между скважиной и породами, а также на границах между пластами различной литологии в разрезе скважины.



O

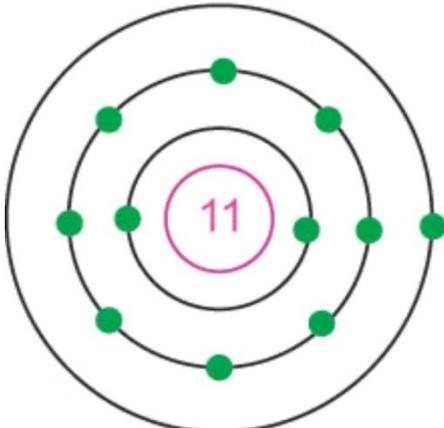


+

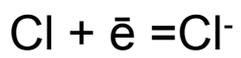
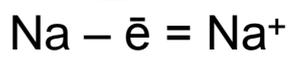
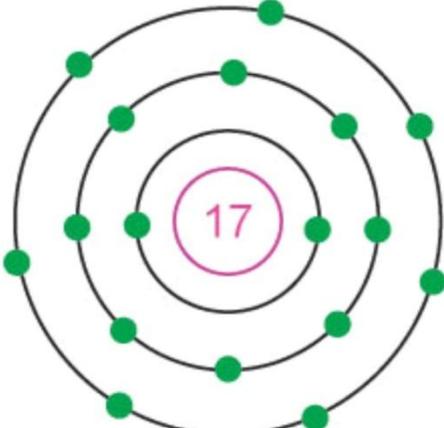


-

Na

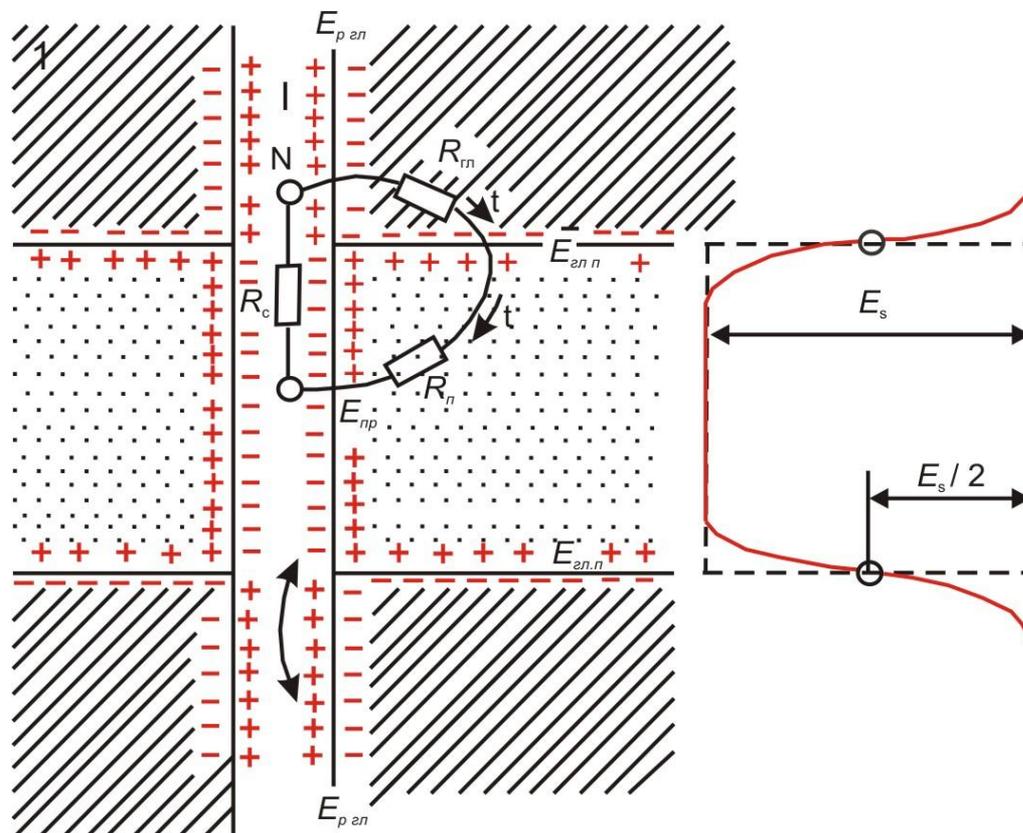


Cl



Электрохимическая активность может иметь диффузионно-адсорбционный, окислительно-восстановительный и фильтрационный характер.

Диффузионно-адсорбционная ЭДС возникает на границе растворов различной концентрации (пластовые воды и фильтрат промывочной жидкости) и границе раствора и горной породы.



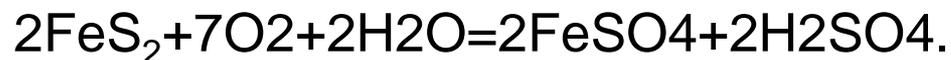
Пластовые воды являются электролитами, поскольку в них присутствуют ионы растворенных солей, в большинстве случаев – ионы Na и Cl. Ионы диффундируют (распространяются) в стороны раствора меньшей концентрации, каким является пресная вода промывочной жидкости. Анионы (ионы Cl) двигаются быстрее, чем катионы (ионы Na). Поэтому в скважине напротив проницаемых пород (коллекторов) возникает объемный отрицательный заряд.

Катионы адсорбируются (концентрируются) на поверхности твердых минеральных высокодисперсных частиц, эта поверхность заряжается положительно.

Таким образом, диффузионно-адсорбционная активность возрастает с повышением содержания глинистого материала, и в скважинах против однородных высокодисперсных глинистых пород создается наибольшая положительная величина разности потенциалов.

Наименьшими значениями диффузионно-адсорбционной активности характеризуются чистые песчаные и карбонатные породы с высокой пористостью и проницаемостью.

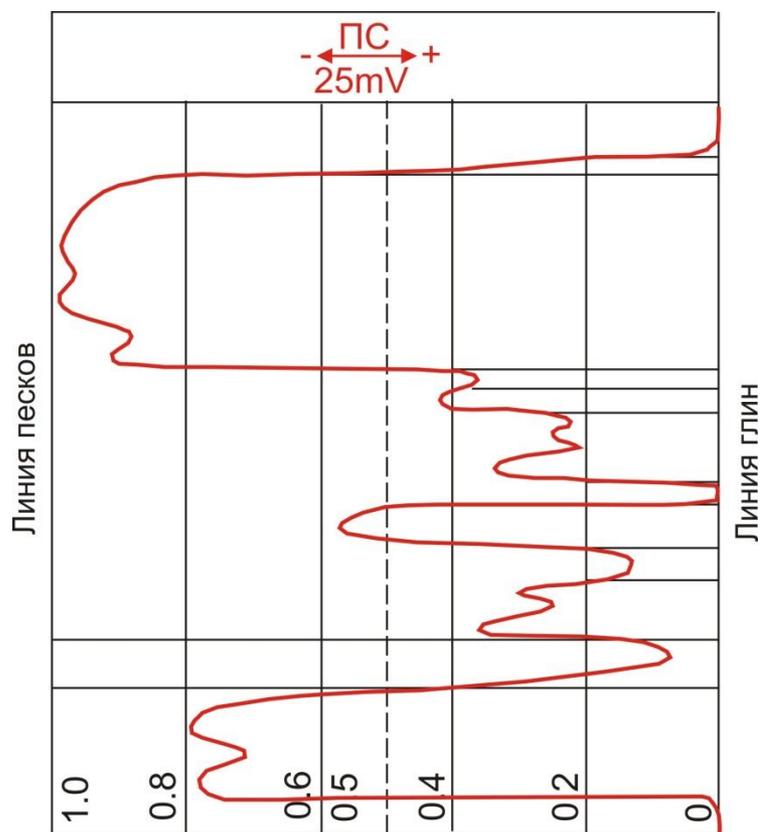
Окислительно-восстановительные потенциалы возникают в горных породах, содержащих минералы с электронной проводимостью. При контакте последних с раствором происходит реакция окисления - потеря электронов $Fe_{+2} \rightarrow \text{окисление} \rightarrow Fe^{+3} + e^-$. Поверхность пород при этом заряжается положительно, а раствор - отрицательно.



Фильтрационные потенциалы возникают при течении жидкости через горные породы под давлением. Жидкость увлекает часть ионов диффузного слоя. В результате капилляр заряжается положительно, а на его конце с высоким давлением возникает отрицательный потенциал. Таким образом, между концами капилляра возникает разность потенциалов течения - фильтрационная ЭДС.

Диаграммы методов ПС характеризуют изменения соответствующих потенциалов - диффузионно-адсорбционных, окислительно-восстановительных, фильтрационных. Наибольшее распространение получили методы, основанные на диффузионно-адсорбционной активности.

Диаграмма ПС не имеет нулевой линии. Горизонтальный масштаб зарегистрированной кривой ПС указывается числом миллиВольт, приходящимся на отрезок 2 см. Знаками «+» и «-», помещаемыми по краям этого отрезка указывается полярность кривой ПС. Отсчет берут справа налево. Обычно знаки «+» и «-» расположены так, что **отклонение кривой ПС влево означает уменьшение потенциала, вправо - его увеличение.**



Ввиду отсутствия на диаграмме ПС нулевой линии в качестве условной нулевой линии, от которой отсчитывают отклонение кривой ПС в мВ, используют линию глин, проводя ее по участкам кривой с наиболее положительными показаниями ПС, соответствующим интервалам разреза, которые представлены глинами (в терригенном разрезе).

Границы пластов на кривой ПС соответствуют точкам перегиба. При мощности пласта, превышающей 3 диаметра скважины (>20м), границы пластов составляют половину максимального отклонения амплитуды ПС. Чем меньше мощность пласта, тем больше смещаются границы пласта к максимуму кривой.

Таким образом, метод потенциалов ПС является одним из основных методов электрометрии для исследования разрезов нефтяных и газовых скважин. Он позволяет решать круг геологических задач, связанных с изучением литологии разреза, установлением границ пластов, проведением корреляции разрезов, выделением в разрезах пород-коллекторов, определением минерализации пластовых вод и фильтрата промывочной жидкости, определением коэффициента глинистости, пористости и проницаемости и нефтегазонасыщения.

Методы электрического каротажа сопротивления основаны на различии горных пород в электропроводности. Величиной, характеризующей способность породы пропускать электрический ток, служит удельное электрическое сопротивление, измеряемое в Ом · м.

По характеру электропроводности минералы относятся к группам:

- **проводники** - тела (вещества), обладающие способностью хорошо проводить электрический ток. Они содержат большое количество носителей тока - свободных электрически заряженных частиц, которые в электрическом поле приходят в упорядоченное движение, образуя электрический ток проводимости. В проводниках 1 рода (металлах и сплавах) носителями тока являются электроны; в проводниках 2 рода (электролитах) - ионы ; их удельное сопротивление составляет менее 10^{-6} Ом · м.

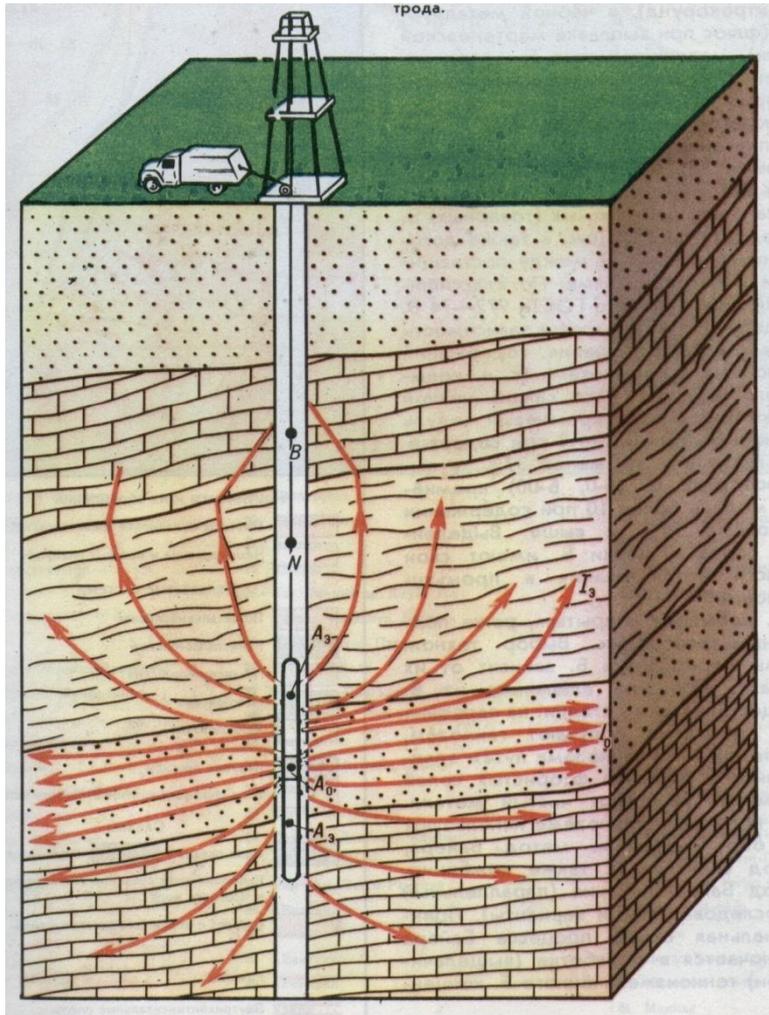
- **полупроводники** - вещества с электронной проводимостью (за счет движения свободных электронов, слабо связанных с ионами. Главная особенность полупроводников - резкое возрастание их удельной электрической проводимости с увеличением температуры. Они имеют удельное электрическое сопротивление от 10^{-6} до 10^{-2} Ом · м.

- **диэлектрики** - вещества, почти не проводящие электрический ток. Их удельное сопротивление изменяется от 10^8 до 10^{15} Ом · м.

Пределы изменения удельного электрического сопротивления минералов и горных пород

Минералы, горные породы	ρ , Ом·м											
	10^{-8}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	10^0	10^2	10^4	10^6	10^8	10^{10}	10^{12}	10^{14}
Металлы (Fe, Ni, Cu, Ag), сплавы	xxx											
Пластовые воды (растворы солей - электролиты)			xxx	xxx	xxx							
Пирит			xxx									
Руды, оксиды (магнетит, гематит, ильменит, рутил)			xxx	xxx	xxx	xxx						
Глинистые минералы (гидрослюда, монтмориллонит, каолинит)			xxx									
Кварц											xxx	xxx
Полевой шпат											xxx	
Слюды												xxx
Кальцит									xxx	xxx	xxx	
Уголь каменный						xxx	xxx	xxx				
Нефть и газ										xxx	xxx	xxx
Каменная соль						xxx	xxx					
Песчаник					xxx	xxx	xxx					
Известняк						xxx	xxx					

Метод обычных зондов кажущегося сопротивления



Удельное электрическое сопротивление изучается с помощью зондов, обеспечивающих распространение тока в скважинах. Ток от источника, расположенного на поверхности через токовые электроды зонда поступает в скважину и окружающие ее горные породы.

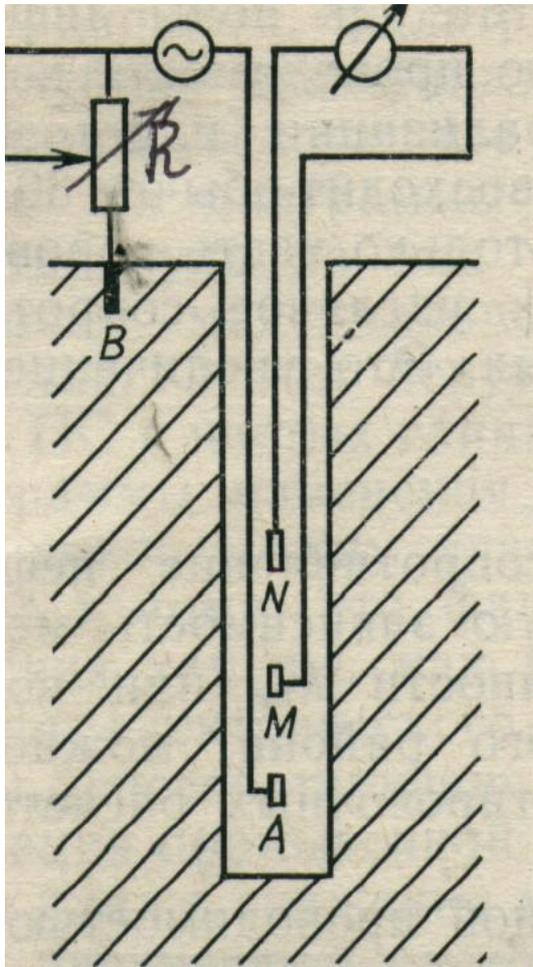
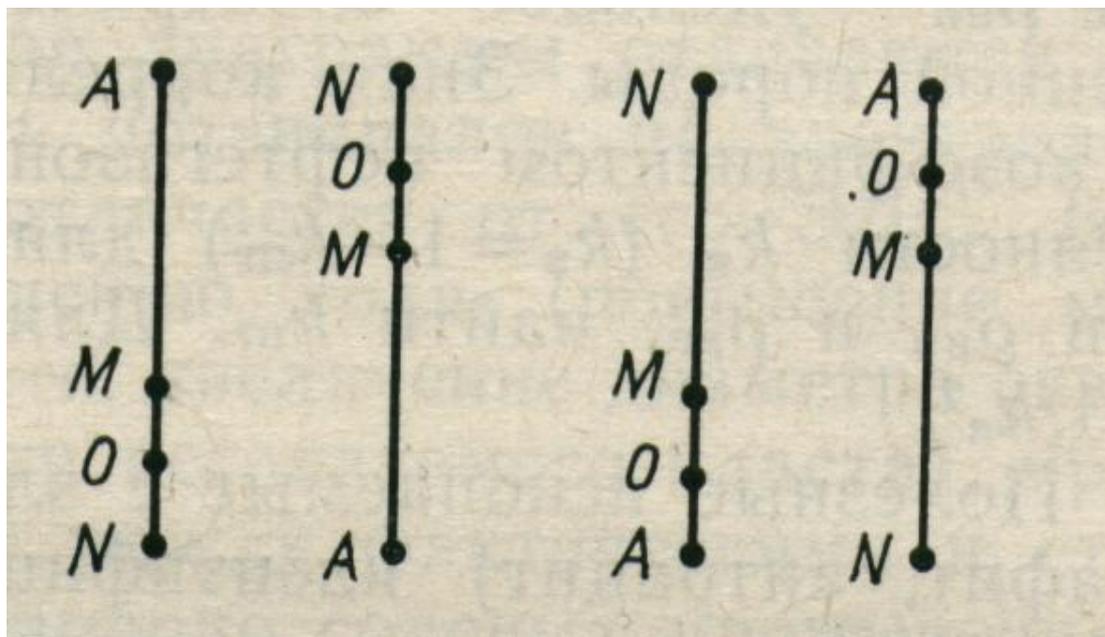


Схема измерения удельного электрического сопротивления показана на рисунке. Электрическое поле создается в горных породах с помощью питающих электродов А и В. Разность потенциалов и напряженность поля измеряется посредством измерительных электродов М и N. Электрический ток на питающие электроды А и В подается от генератора тока.

Трехэлектродная установка АМN, предназначенная для измерения $\rho_{п}$, называется зондом КС. Четвертый электрод В размещается на поверхности.



На рисунке показаны виды зондов КС, зависящие от величины электрического поля и расположения электродов.

Зоны обозначаются буквами А... М... N или N... М... А. Между буквами ставятся соответствующие расстояния, если расстояние $AM \gg MN$ – градиент-зонд ($A_2M_{0,5}N$), $MN \gg AM$ – потенциал-зонд ($N_{11}M_{0,5}A$).

Если обозначение начинается с буквы А – зонд называется последовательным, с N – обращенным.

Таким образом, в скважине замеряется удельное электрическое сопротивление пород. В связи с неоднородностью среды в скважине, обусловленной наличием пластов различного удельного сопротивления и глинистого раствора, полученный результат называется кажущимся удельным сопротивлением.

Суть метода КС заключается в том, чтобы зарегистрировать одну или несколько диаграмм ρ_k и, учитывая влияние скважины, вмещающих пород, зоны проникновения и т.д., определить истинное значение удельного электрического сопротивления пород ρ_n .

Результаты измерения КС пород изображаются в виде кривой изменения сопротивления пород вдоль ствола скважины.

Для сравнения между собой диаграмм КС, полученных в отдельных скважинах региона, разрезы скважин исследуются зондом одних и тех же размеров и типа, который называется стандартным.

В районах, разрезы которых сложены преимущественно песчано-глинистыми отложениями, в качестве стандартного каротажа чаще всего используют последовательный градиент-зонд.

В районах, разрезы которых представлены карбонатными высокоомными отложениями, в качестве стандартного зонда применяется потенциал-зонд.

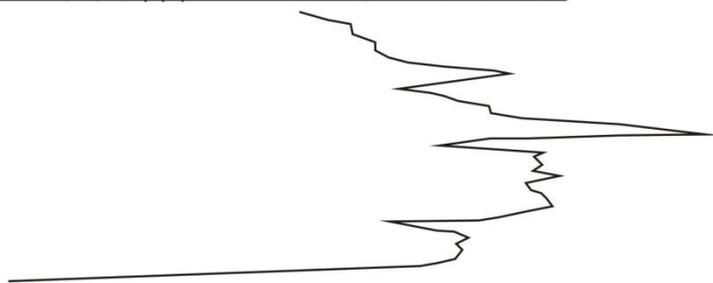
Для районов Западной Сибири в качестве стандартных зондов применяют $A_2 M_{0,5} N$ и $N_{11} M_{0,5} A$.

0	5	10	15	20 Ом*м
0	25	50	75	100 Ом*м
0	125	250	375	500 Ом*м

Разрезы скважин представлены чередованием пород низкого и высокого сопротивлений. Линейный масштаб записи кривых позволяет фиксировать пласты пород разного удельного сопротивления следующим образом.



2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	100 Ом*м
---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----------

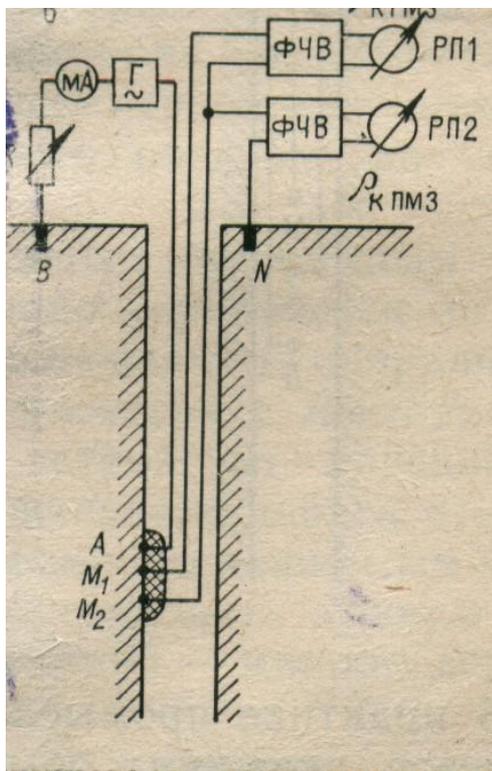


Для детального расчленения разреза и более точного определения удельного сопротивления пластов в широком диапазоне используется логарифмический масштаб записи.

Метод микрозондирования

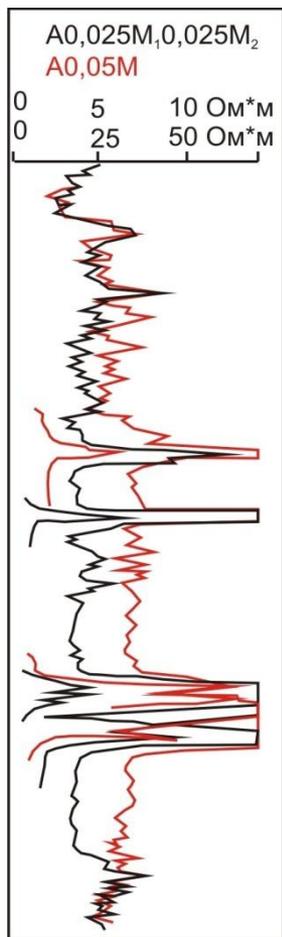
Метод микрозондирования (МКЗ) заключается в детальном исследовании кажущегося сопротивления прискважинной части разреза зондами малой длины – **микрозондами**.

Кажущееся сопротивление измеряется одновременно двумя зондами: градиент-микрозондом $A_{0,025}M_{0,025}N$ и потенциал-микрозондом $A_{0,05}M$ (электродом N служит корпус прибора).



Микрозонд представляет собой изоляционную пластинку с трехточечными электродами, закрепленными на расстоянии 2,5 см друг от друга, которая прижимается к стенке скважины рессорной пружиной. Радиус исследования градиент-микрозонда составляет 3,75 см, а глубина исследования потенциал-микрозонда – 10—12 см.

Суть метода МК заключается в том, что между электродами зонда и породой находится промежуточный слой – глинистая корка или промывочная жидкость. В связи с этим против проницаемого пласта, в который проникает фильтрат бурового раствора, а на стенке скважины образуется глинистая корка, на показания градиент-микрозонда оказывает влияние промывочная жидкость и глинистая корка, а на показания потенциал-микрозонда – промытая зона.

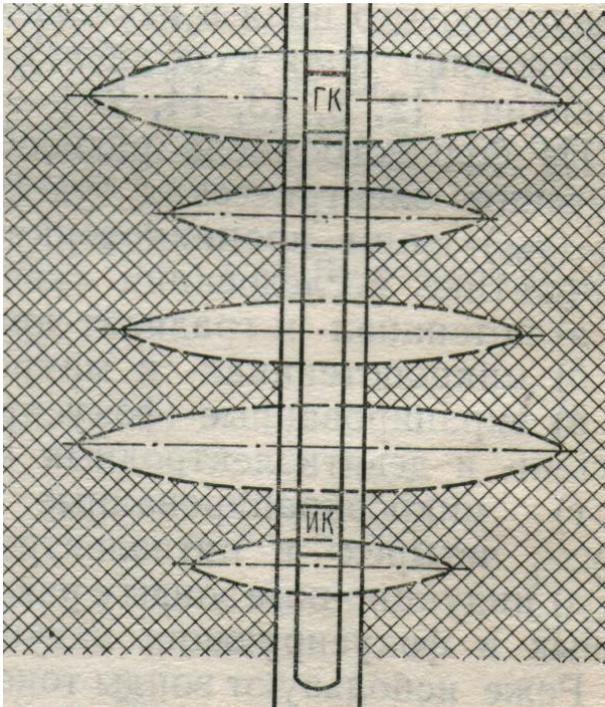


Сопротивление глинистой корки много меньше, чем сопротивление пресного раствора, поэтому наблюдается снижение ρ_k гмз, по отношению к ρ_k пмз. В непроницаемых пластах показания обоих зондов совпадают.

Диаграммы МК используются для детального расчленения тонкослоистого разреза и для выделения проницаемых интервалов.

Индукционный метод

Индукционный каротаж (ИК) является разновидностью электромагнитного каротажа. Он основан на применении электромагнитного поля, которое индуцирует (создает) вторичное электромагнитное поле в горных породах.



Индукционный зонд состоит из двух катушек - генераторной и измерительной. Генераторная катушка создает первичное электромагнитное поле, приводящее к возникновению в горных породах вихревых токов (токов Фуко). Схематически картина выглядит так, будто пространство заполняется элементарными токовыми кольцами с центрами на оси скважины - вихревыми токами. Ток в каждом кольце прямо пропорционален электродвижущей силе E_1 , создаваемой первичным полем в области этого кольца и обратно пропорционален электрическому сопротивлению горных пород, составляющих кольцо.

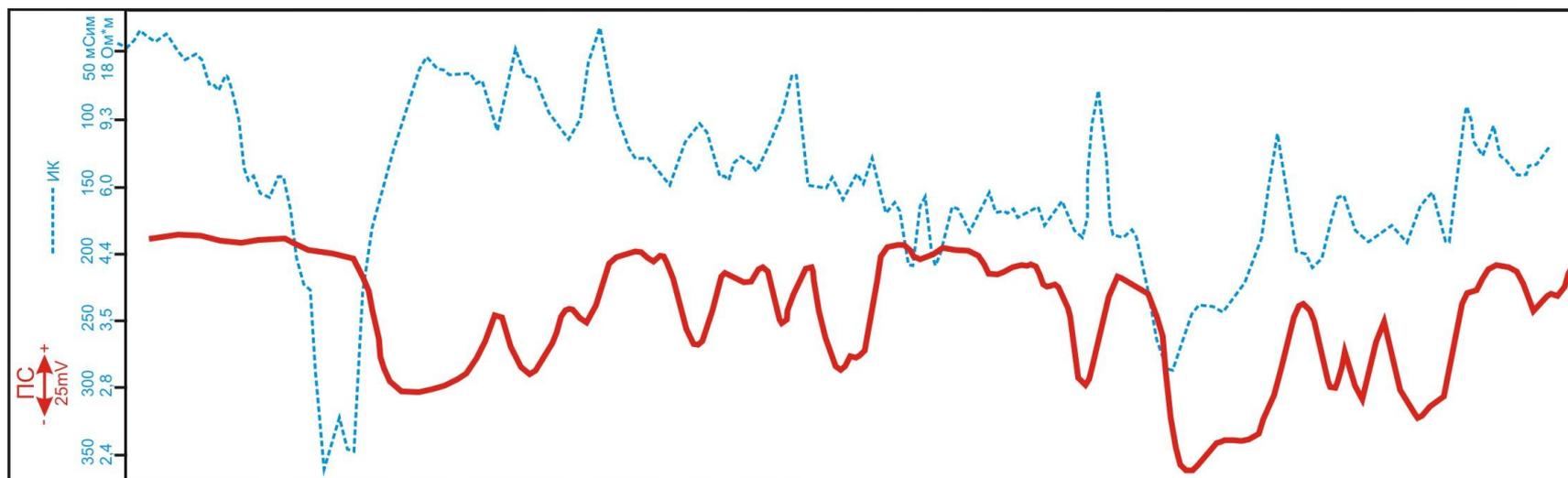
Вихревые токи порождают электромагнитное поле, индуцирующее электродвижущую силу E_2 в приемной катушке. Зависимость E_2 от электропроводности пород приблизительно прямо пропорциональна.

Таким образом, сигнал, регистрируемый приемным устройством, отражает изменение удельной электропроводности пород по разрезу скважины. Единица удельной электропроводности - миллисименс на м – мСмм – величина, обратная ом·метру (Ом·м). Зависимость между удельным электрическим сопротивлением породы ρ_n и удельной электропроводностью породы σ_n - обратно пропорциональная. В связи с этим при малых ρ_n (до 50 Ом·м) небольшому значению ρ_n соответствует большое изменение σ_n . Это означает, что в области малых сопротивлений (ρ_n) метод обладает большой чувствительностью.

Индукционный метод позволяет выделять тонкие прослои глин среди мощных пластов высокого сопротивления, водонефтяной контакт, породы с содержанием проводников, рудные прослои.

В связи с тем, что электромагнитные методы не требуют непосредственного контакта токоведущих элементов с исследуемой средой, их можно применять в скважинах, пробуренных с использованием не проводящих ток пресных промывочных жидкостей и жидкостей на нефтяной основе.

Регистрируемая в процессе измерений удельная проводимость отображается в виде диаграммы в линейном масштабе.



РАДИОАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ

Радиоактивные методы изучения разрезов скважины, основаны на изучении ядерных свойств горных пород и использовании ядерных излучений.

Методы естественной гамма – активности горных пород

Естественная радиоактивность, т.е. самопроизвольный распад неустойчивых атомных ядер, спонтанно превращающихся в ядра других элементов, сопровождается испусканием α , β - частиц, γ - квантов и другими процессами.

Естественная радиоактивность горных пород обусловлена присутствием в них радиоактивных элементов – урана и продукта его распада радия, тория и радиоактивного изотопа калия (K^{40}).

Радиоактивность магматических пород возрастает от основных к кислым. Максимальной радиоактивностью среди магматических пород обладают граниты.

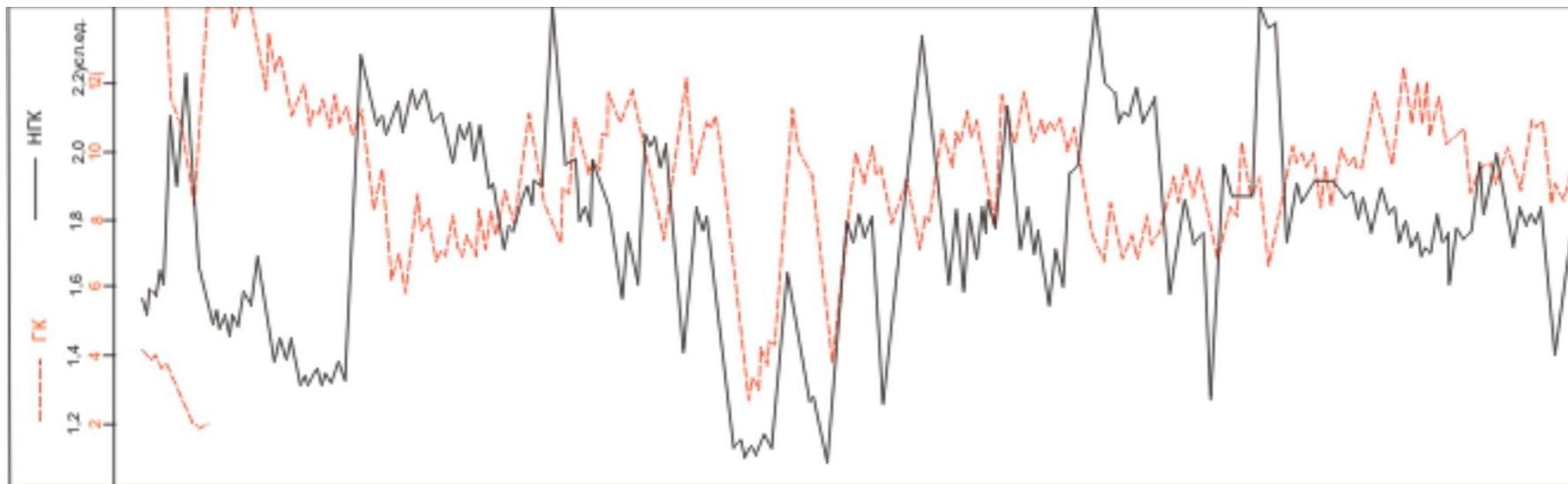
Радиоактивность осадочных пород определяется радиоактивностью породообразующих минералов:

- 1) низкая – кварц, кальцит, доломит, сидерит, гипс, каменная соль;
- 2) средняя – лимонит, магнетит, сульфиды;
- 3) повышенная – глины, слюды, полевые шпаты, калийные соли;
- 4) высокая – циркон, ортит, монацит.

Таким образом, низкой радиоактивностью обладают кварцевые песчаники, известняки, доломиты, каменная соль, угли, гипсы; высокой радиоактивностью характеризуется глины, глинистые и битуминозные сланцы.

Полимиктовые песчаники даже при малой глинистости обладают повышенной радиоактивностью, поскольку у них значительная часть зерен представлена калийсодержащими минералами - полевыми шпатами, микроклинами, глауконитом. Радиоактивность песчаников и алевролитов возрастает с увеличением глинистости.

Естественная радиоактивность горных пород в скважине измеряется специальным измерительным прибором - радиометром. Скважинный радиометр перемещается по стволу скважины снизу вверх, регистрируя радиоактивность горных пород (интенсивность гамма – поля). Цифровые значения гамма – активности (γ) отображаются в линейном масштабе в виде диаграммы красного цвета.



Нейтронные методы

Нейтронный каротаж основан на определении эффекта взаимодействия нейтронов с ядрами атомов горных пород. Нейтронные методы базируются на изучении плотности (интенсивности) тепловых нейтронов и вторичного гамма – излучения.

Плотность тепловых нейтронов обусловлена потерей первоначальной энергии, благодаря столкновению с ядрами легких элементов, главным образом с ядрами водорода. В связи с этим, чем больше в среде водорода, тем ниже плотность нейтронов и ниже показания нейтронного каротажа.

Вторичное гамма – излучение обусловлено выделением энергии при радиационном захвате нейтронов ядрами других элементов. Наибольшая интенсивность гамма – излучения характерна для хлора, наименьшая – для водорода. Это различие в изучаемой энергии позволяет установить водонефтяной контакт по данным нейтронного каротажа.

По нейтронным свойствам осадочные горные породы можно разделить на группы - большого и малого водородосодержания.

К первой группе относятся глины, характеризующиеся высокой влагоемкостью и содержащие значительное количество минералов с химически связанной водой (водные алюмосиликаты); угли, гипсы, содержащие химически связанную воду, а также некоторые очень пористые и проницаемые породы - коллекторы, насыщенные водой или нефтью. На диаграммах НГК эти породы отмечаются низкими показаниями радиационного гамма - излучения.

Во вторую группу пород входят малопористые разности - плотные известняки и доломиты, сцементированные песчаники и алевролиты, а также ангидриты и каменная соль. На диаграммах НГК эти породы выделяются высокими показателями.

Против других осадочных пород (песков, песчаников, пористых карбонатов) показания НГК зависят от их глинистости и содержания в них водорода и хлора (насыщенности водой различной минерализации, нефтью или газом).

Акустический каротаж

Акустические методы исследования разрезов скважин основаны на определении упругих свойств горных пород по данным о распространении в них упругих волн.

При акустических исследованиях горных пород измеряют кинематические и динамические характеристики продольных и поперечных волн.

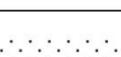
Кинематические характеристики определяют скорость распространения упругих волн в породах: время распространения упругих колебаний между приемником и ближним и дальним излучателем - T_1 и T_2 измеряемое в мксек; интервальное время распространения упругой волны, измеряемое в мксек/м – АК по скорости.

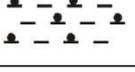
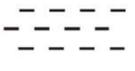
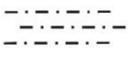
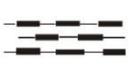
Динамические характеристики связаны с поглощающими свойствами исследуемой среды: относительными амплитудами продольных и поперечных колебаний от ближнего и дальнего излучателей – A_1 и A_2 , измеряемым в мВ; коэффициентом поглощения α для упругих волн, измеряемым в дБ/м – АК по затуханию.

В терригенном разрезе максимальные значения ΔT и α соответствуют углям и глинам, минимальные – плотным песчаником и алевролитам.

В карбонатном разрезе ΔT отражает в основном пористость, отмечая минимальными показаниями плотные участки разреза, максимальными – межзерновые коллекторы.

ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД РАЗРЕЗА

ПО	ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСОБЫЕ ОТЛИЧИЯ	УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА							
			ЭЛЕКТРОКАРОТАЖ				РАДИОАКТИВНЫЙ КАРОТАЖ		АКУСТИЧЕСКИЙ КАРОТАЖ	КАВЕРНОМЕТРИЯ (Д скв)
			КС, Омм	ПС, мВ	ИК, мСим	МЗ, Омм	ГК, γ	НГК имп/ мин	АК скорость мксек/м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
	Крупнозернистый		Очень высокие, до 100	Глубокая отрицательная аномалия	Низкие	Большие приращения	Низкие	Высокие	Низкие и средние	Уменьшение
	Средне- и мелкозернистый однородный		Высокие, 50-70	Средняя отрицательная аномалия по всей мощности	Низкие	Значительные приращения	Низкие	Высокие	Низкие и средние	Уменьшение
	Мелкозернистый алевритистый		Средние, 10-20	Слабая отрицательная аномалия	Средние	Приращения небольшие	Низкие	Средние	Средние	Иногда уменьшение
	Глинистый		Низкие	Очень слабая отрицательная аномалия.	Средние	Приращения отсутствуют	Средние	Средние	Средние	Неизменно
	С прослоями глин, алевролитов		Низкие и средние	Неоднородная отрицательная аномалия	Средние	Приращения чередуются с участками без приращения	Преимущественно низкие	Преимущественно высокие	Низкие и средние	Неизменно
	Известковистый плотный крепкий		Очень высокие до 100 и более	Слабая отрицательная аномалия или отсутствует	Низкие	Высокие без приращения	Низкие	Очень высокие	Очень низкие	Неизменно
	Песчаник известковистый с пиритом		Низкие	Слабая отрицательная аномалия	Очень высокие	Приращения отсутствуют	Низкие	Очень высокие	Высокие и средние	Неизменно

1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
А.	Однородный		Низкие и средние	Слабая отрицательная аномалия	Средние	Приращения отсутствуют	Средние	Средние	Средние	Неизменно
	Песчанистый		Средние	Слабая отрицательная аномалия	Низкие, средние	Незначительные приращения	Средние и выше средних	Средние, иногда высокие	Средние	Иногда уменьшение
	Глинистый		Низкие	Отрицательная аномалия, чаще отсутствует	Высокие, средние	Приращения отсутствуют	Средние	Средние	Средние	Иногда изменяется
ГJ	Однородная		Очень низкие	Отрицательная аномалия отсутствует	Высокие	Приращения отсут., сопротивления очень низкие, полное совпадение кривых	Высокие	Очень низкие	Низкие	Иногда увеличивается, каверны
	Песчаная		Низкие и средние	Отрицательная аномалия отсутствует	Средние	Приращения отсут., сопротивл. средн., но кривые не совпадают	Высокие	Низкие	Средние	Неизменно
AJ	Битуминозный		Очень высокие, до 350	Отрицательные аномалии отсутствуют, кроме трещиноватых разностей	Низкие	Приращения отсут., сопротивления высокие, полное совпадение кривых	Очень высокие	Высокие	Высокие	Неизменно
	Углистый		Высокие и средние	Аномалия отсутствует, иногда слабая	Очень низкие	Приращения отсут., сопротивления сред. и низкие, несовпадение кривых	Низкие и средние	Низкие	Высокие	Увеличивается до большой каверны
УГОЛЬ			Очень высокие, 100-250	Слабая отрицательная аномалия, часто отсутствует	Очень низкие	Приращения отсутствуют, несовпад	Очень низкие	Очень низкие	Очень высокие	Иногда очень большие каверны

Список использованной литературы

Основная учебная литература

1. Добрынин В.М., Виндельштейн Б.Ю., Резванов Р.А., Африкян А.И. Промысловая геофизика: Учебник. – М.: Изд. «Нефть и газ», 2004. – 180 с.
2. Ильина Г.Ф. _Промысловая геофизика: учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 148 с.
3. Ежова А. В. Геологическая интерпретация геофизических данных: Учебное пособие. – Томск, Изд. ТПУ, 2009. – 114 с.
4. Промысловая геофизика: учебник / В.М. Добрынин и др. - М.: Изд. «Нефть и газ», 2004. – 397 с.

Дополнительная учебная литература

1. Ежова, Александра Викторовна. Геологическая интерпретация геофизических данных: учебное пособие / А. В. Ежова; Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд.. — 1 компьютерный файл (pdf; 2.2 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008.
2. Ильина, Галина Фёдоровна. Промысловая геофизика: учебное пособие / Г. Ф. Ильина; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011.
3. Меркулов, Виталий Павлович. Геофизические исследования скважин: учебное пособие / В. П. Меркулов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 5.02 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008.