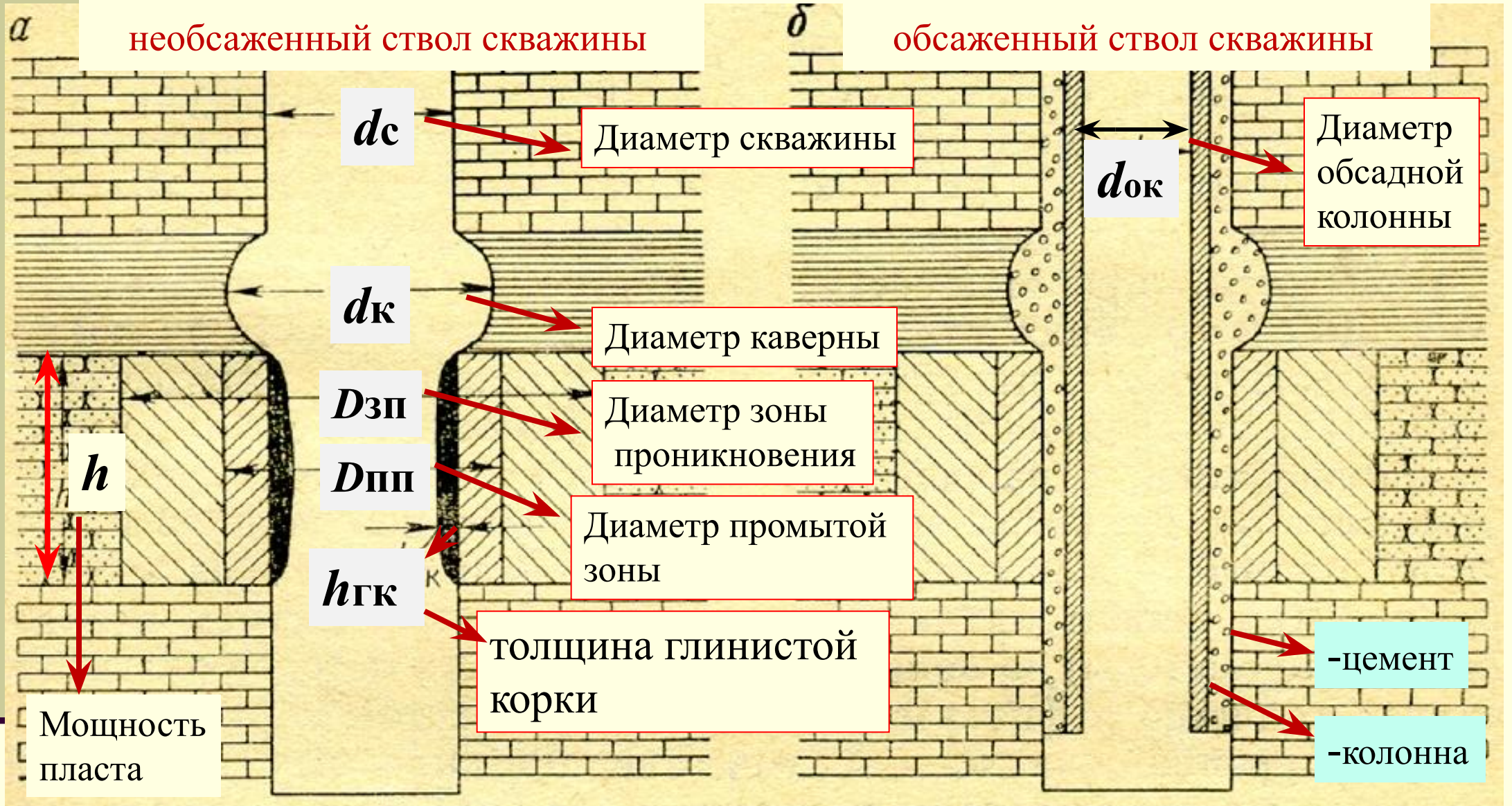


Дисциплина
«Геофизические исследования
скважин».

**Метод потенциалов собственной
поляризации**

Жылкыбаева Гульнара
Ахметовна

СКВАЖИНА - ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИС



- известняк плотный
- песчаник проницаемый
- промытая зона
- глина
- зона проникновения фильтрата промывочной жидкости
- цемент
- колонна

Метод ПС

- Метод ПС появился на 2 года позднее метода КС, в 1929 году. До этого потенциалы ПС рассматривались только как помеха при записи КС и от них стремились избавиться, применяя компенсаторы поляризации при поточечной записи КС и пульсаторы при непрерывной.
- Позднее было замечено, что если эту помеху регистрировать, то можно получить дополнительную информацию. С тех пор метод ПС стал применяться вместе с методом КС, причем была разработана аппаратура, позволяющая одновременно записывать обе диаграммы. Комплекс КС+ПС - *стандартный электрический картаж.*

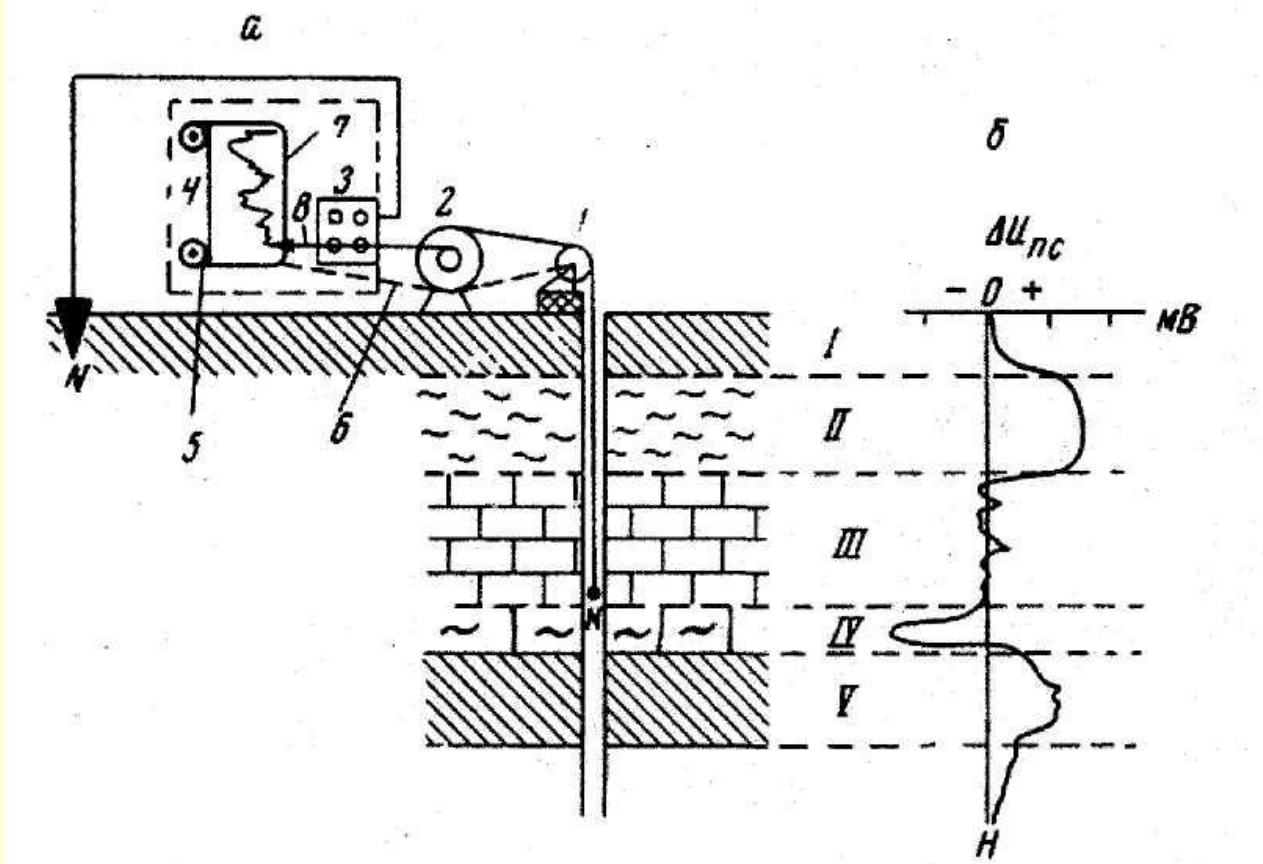
Сущность метода ПС

- Метод потенциалов собственной поляризации **ПС** аналогичен методу естественного поля (**ЕП**) в полевой электроразведке.
- Сущность метода **ПС** заключается в измерении разности естественных электрических потенциалов между электродами **MN**.
- Образование **естественных электрических потенциалов** в скважинах связано с физико-химическими процессами, протекающими на границе раздела между скважиной и горной породой и внутри горных пород.
- Потенциалы **ПС** делятся на: **диффузионно-адсорбционные, фильтрационные и окислительно-восстановительные.**

Зонды для измерения ПС

- Зонды для измерения ПС - свинцовые приемные электроды.
- ПС чаще выполняются способом потенциала - неподвижный приемный электрод N заземлен вблизи устья скважины, электрод M перемещается по скважине.
- При наличии электрических помех, запись ПС ведется способом градиента потенциала - оба приемных электрода M и N передвигаются по скважине, а расстояние между ними остается постоянным (1 - 2 м).
- Измеряемая величина - потенциал электрического поля ПС U_{nc} или разность потенциалов ΔU_{nc} . Единица измерения - милливольт (мВ).
- Стандартный каротаж - регистрация потенциалов ПС и КС одним или двумя не фокусированными (потенциал- и градиент-зонд) зондами, длины которых выбраны постоянными для данного района работ

Схема каротажа ПС способом потенциала



а - схема установки:

- 1 - блок-баланс,
- 2 - лебедка с коллектором,
- 3 - милливольтметр,
- 4 - регистратор,
- 5 - лентопротяжный механизм,
- 6 - гибкий валик 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

Диаграммы ПС

- По аномалиям на диаграммах **ПС** выделяются пласты с разной **электрохимической активностью**.
- 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**.

Задачи, решаемые ПС

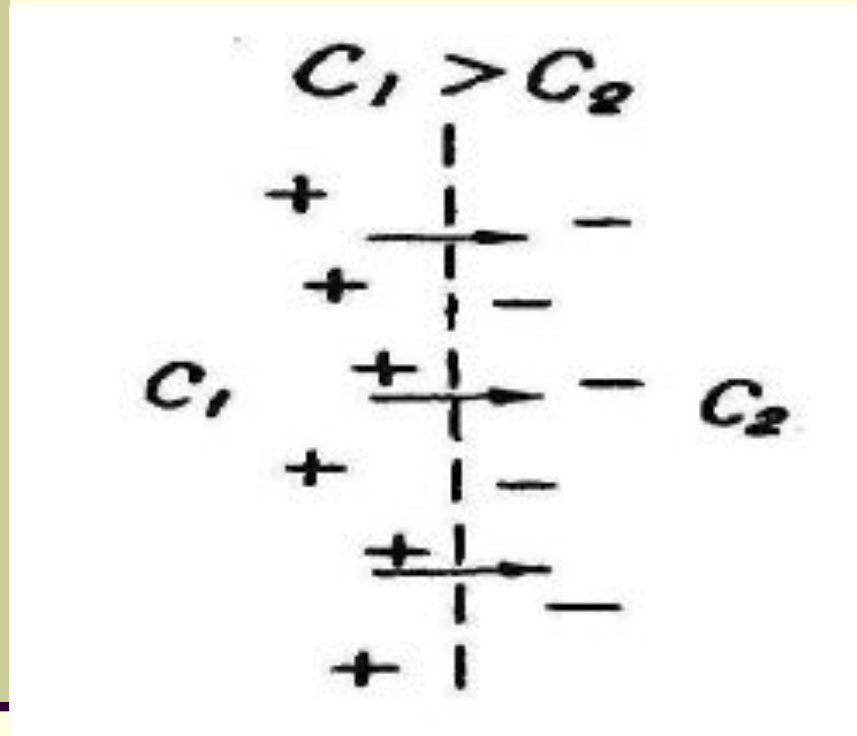
Исследования методом ПС служат

- 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

Причины возникновения ПС

- Основные источники ПС — фильтрационный, мембранный, диффузионный потенциалы и поляризационный потенциал рудной минерализации.
- В нефтяных скважинах потенциалы связаны в основном с границами в глинистых образованиях, особенно с границами глины—пески.
- Основной эффект при каротаже нефтяных скважин возникает главным образом благодаря электрохимическому потенциалу (диффузионный плюс мембранный),
- При каротаже рудных зон основным является поляризационный потенциал рудной минерализации.

Возникновение диффузионной ЭДС на контакте двух растворов



- Диффузионная ЭДС возникают вследствие различия в химическом составе и концентрации солей, растворенных в пластовых водах и буровом растворе.
- На контакте происходит диффузия ионов из более концентрированного раствора в менее концентрированный.
- Скорость диффузии у катионов (+) меньше чем у анионов (-).
- В более слабом растворе накапливается избыток отрицательных ионов, а в концентрированном - положительных, и эти растворы приобретут соответствующий заряд.

Уравнение Нэрнста

$$E_{\delta} = \frac{RT}{n \cdot F} \cdot \frac{u - v}{u + v} \cdot \ln \frac{c_1}{c_2},$$

Уравнение В. Нэрнста

- $R=8,314$ Дж/К*моль – универсальная газовая постоянная
- $F=96500$ Кл/моль - постоянная Фарадея
- T - абсолютная температура
- n — валентность ионов в растворе;
- u - подвижность катионов; v - подвижность анионов;
- c_1, c_2 — концентрации контактирующих растворов.
- При $T = \text{const}$ все параметры, стоящие перед знаком логарифма, дают постоянную величину - *коэффициент диффузионных потенциалов*.

$$E_{\delta} = 2,3 \frac{RT}{nF} \cdot \frac{u - v}{u + v} \lg \frac{c_1}{c_2} = K_{\delta} \lg \frac{c_1}{c_2}.$$

- Формула **пэрнста** справедлива для сильно разбавленных растворов одной и той же соли.

Диффузионно-адсорбционный потенциал

- *Мембранный или диффузионно-адсорбционный потенциал* – E_{da} возникает когда контакт растворов разной концентрации происходит через *перегородку* из горных пород, которая обладает способностью задерживать определенные ионы.
- K_{da} зависит от адсорбционных свойств мембраны и отличается от K_d как по величине, так и по знаку.
- Наибольшей величины *диффузионно-адсорбционные потенциалы* достигают на границе пород с минимальной и максимальной адсорбционной активностью, т.е. на границе чистых кварцевых песчаников и тонкодисперсных глин:
- Для чистых кварцевых песков и песчаников, обладающих нулевой адсорбционной активностью, $K_{da} - K_d = -11,6$ мВ (при $t=20$ °С), для тонкодисперсных глин, имеющих максимальную адсорбционную активность, $K_{da} = +58$ мВ. У глинистых песчаников, алевролитов и др. пород K_{da} имеет промежуточное значение.

Диффузионно-адсорбционный потенциал

- Глинистые отложения хорошо проницаемы для катионов натрия Na^+ , но мало проницаемы для анионов хлора Cl^-
- Мембранный потенциал образуется в том случае, когда ионы Na^+ диффундируют из минерализованных пластовых вод песчаных пластов в соседние глинистые пласты, а затем — в слабо минерализованную промывочную жидкость.
- Дополнительно возникает диффузионный потенциал на границе между фильтратом пресной промывочной жидкости в зоне проникновения и минерализованными пластовыми водами за ее пределами;
- Так как подвижность анионов Cl^- больше, чем катионов Na^+ , возникает избыточный поток Cl^- в зону проникновения.

Возникновение диффузионно-адсорбционной ЭДС

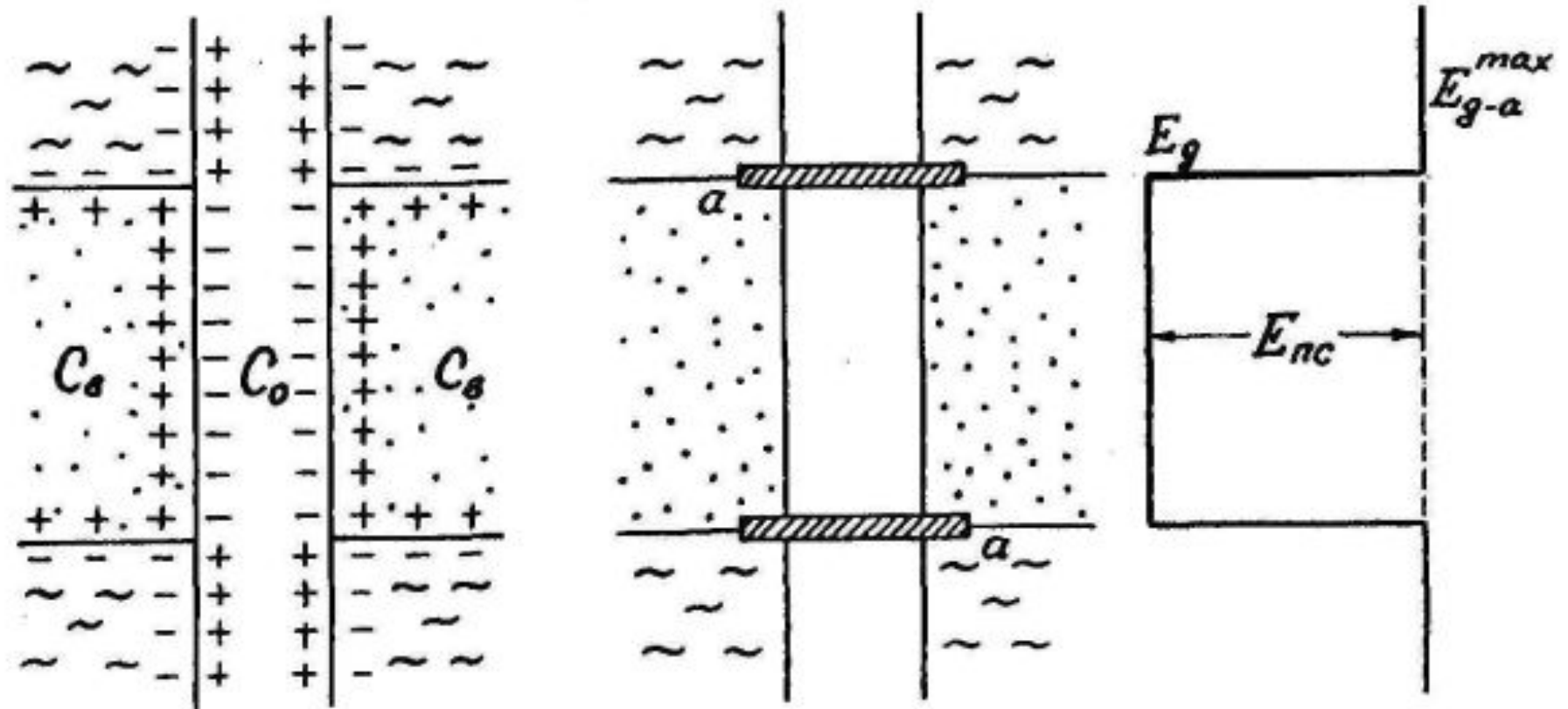


Рис. 10.2. Возникновение диффузионно-адсорбционной ЭДС в скважине при "прямом" поле ($c_0 < c_s$)

Прямое поле ПС

- Против **песчаного пласта** менее концентрированный **буровой раствор** заряжается **отрицательно**, **песчаник**, насыщенный соленой пластовой водой, - **положительно**.
- Далее идет контакт **пластовой воды с буровым раствором** через **глину**, которая играет роль мембраны.
- **Глина** не пропускает **анионы (-)** и пропускает **катионы (+)** и очень скоро раствор **меньшей** концентрации заряжается **положительно** по отношению к **более** концентрированному.
- Раствор в скважине против **глин** приобретает **положительный** заряд, против **песчаников** - **отрицательный**.
- Такое распределение знаков ПС при $C_0 < C_v$ называется **прямое поле ПС**.

Обратное поле ПС

- При обратном соотношении $C_0 > C_v$ имеет место *обратное поле ПС*, когда **глины** в скважине выделяются **положительными**, а **песчаники** - **отрицательными** потенциалами.
- **Обратное поле ПС** встречается довольно редко потому, что пластовые воды нефтяных месторождений имеют повышенную минерализацию; буровой же раствор мало минерализован, $C_0 < C_v$.
- **Обратное поле ПС** может иметь место при бурении скважин в засушливых районах, когда для приготовления бурового раствора приходится использовать солоноватую воду местных источников, а подземная вода - пресная ($C_0 > C_d$).

- Если изолировать при помощи перегородок из непроводящего материала участок столба бурового раствора против пласта-коллектора то между пластом и вмещающими его глинами будет зарегистрировано "статическое" значение **потенциала собственной поляризации** $E_{пс}$.
- В реальных условиях таких перегородок нет, и всегда существует циркуляция токов $I_{пс}$ в скважине, замыкающихся через сопротивление самой скважины R_c , пласта $R_{пл}$ и вмещающих пород $R_{вм}$. По этой причине наблюдаемая амплитуда $\Delta U_{пс}$ составляет лишь часть "статической" и равна падению напряжения на участке цепи, образованном скважиной - R_c .

$$\Delta U_{пс} = i_{пс} \cdot R_c = E_{пс} - i_{пс} (R_{пл} + R_{вм}).$$

-
- По результатам интерпретации **диффузионно-адсорбционных ПС** можно не только определить границы пластов с различными диффузионно-адсорбционными свойствами, но и определять **сопротивление и минерализацию пластовых вод**

Фильтрационные потенциалы

- **Фильтрационные потенциалы** или потенциалы течения наблюдаются при фильтрации бурового раствора из скважины в пласт или пластовых вод из пласта в скважину.
- **Потенциалы течения** возникают в связи с адсорбцией ионов поверхностью частиц, слагающих горную породу.
- Вследствие **преобладающей адсорбции** ионов одного знака в **направлении движения жидкости** образуется недостаток этих ионов, и на концах канала (капилляра) возникает разность потенциалов.

Схема возникновения фильтрационных и кинетических потенциалов

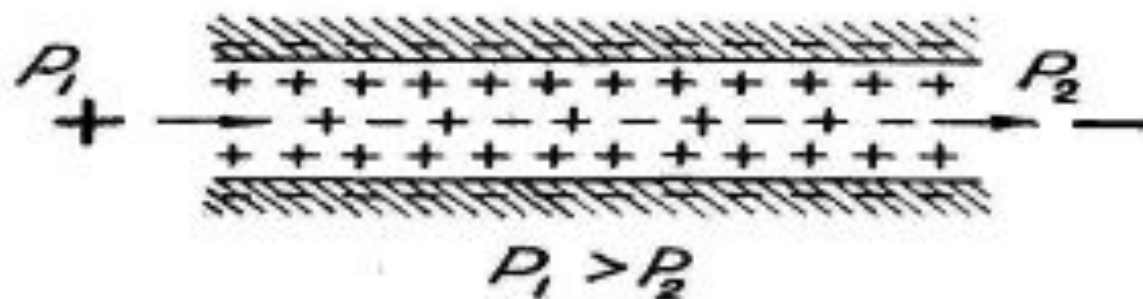


Рис. 10.6. Схема возникновения фильтрационных потенциалов

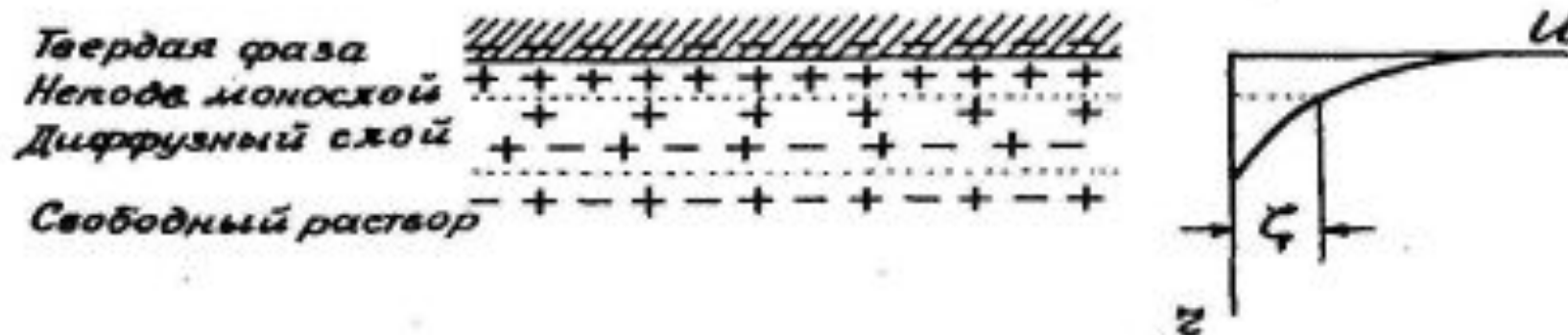


Рис. 10.7. Электрокинетический потенциал

Формула Гельмгольца

- Математическое обоснование теории фильтрационных потенциалов по Гельмгольцу:

$$E_f = \frac{\epsilon \rho \xi}{4\mu} \cdot \Delta p,$$

- Δp - перепад давлений;
- μ - вязкость раствора;
- ϵ - диэлектрическая проницаемость;
- ρ - УЭС раствора;
- f - электрокинетический или ξ -потенциал - разность потенциалов между неподвижной частью диффузного слоя ионов в капилляре и свободным раствором,
- ξ - потенциал может быть как положительным, так и отрицательным.
- Формула справедлива для пористой среды, средний эффективный радиус капилляров которой существенно превышает толщину двойного электрического слоя у стенки капилляра.
- Знак фильтрационной **разности потенциалов** определяется знаком ξ - потенциала и направлением фильтрации

Окислительно-восстановительные потенциалы

- Окислительно-восстановительные потенциалы наблюдаются при окислительно-восстановительных реакциях, в результате которых окисляющаяся среда, отдавая электроны, приобретает положительный заряд, а восстанавливающая, присоединяя электроны - отрицательный.
- Разность этих потенциалов удовлетворяет уравнению:

$$E_{ОВ} = \frac{RT}{nF} \ln K \frac{c'}{c''}$$

- где, K - константа равновесия реакции, протекающей в окислительно-восстановительной среде; c' и c'' - концентрации веществ, находящихся в высшей и низшей степени окисления.

Окислительно-восстановительные потенциалы

- Большие значения E_{ov} наблюдаются в зонах сульфидной минерализации в результате окисления рудных минералов кислородом воздуха или растворенным в подземных водах (и буровом растворе).
- Катионы Fe избирательно сорбируются на поверхности пирита, заряжая его положительно, а воды, насыщающие породу приобретают отрицательный заряд.
- E_{ov} над рудными подсечениями в скважинах может достигать 300-400 мВ. Такая большая величина объясняется не только интенсивностью окислительно-восстановительных процессов, но и низким сопротивлением рудных тел электрическому току.
- Аналогичные поля наблюдаются над углистыми сланцами, ископаемыми углями, графитом. Причиной их возникновения является окисление не только углей, но и вкраплений сульфидных минералов.

Окислительно-восстановительные потенциалы

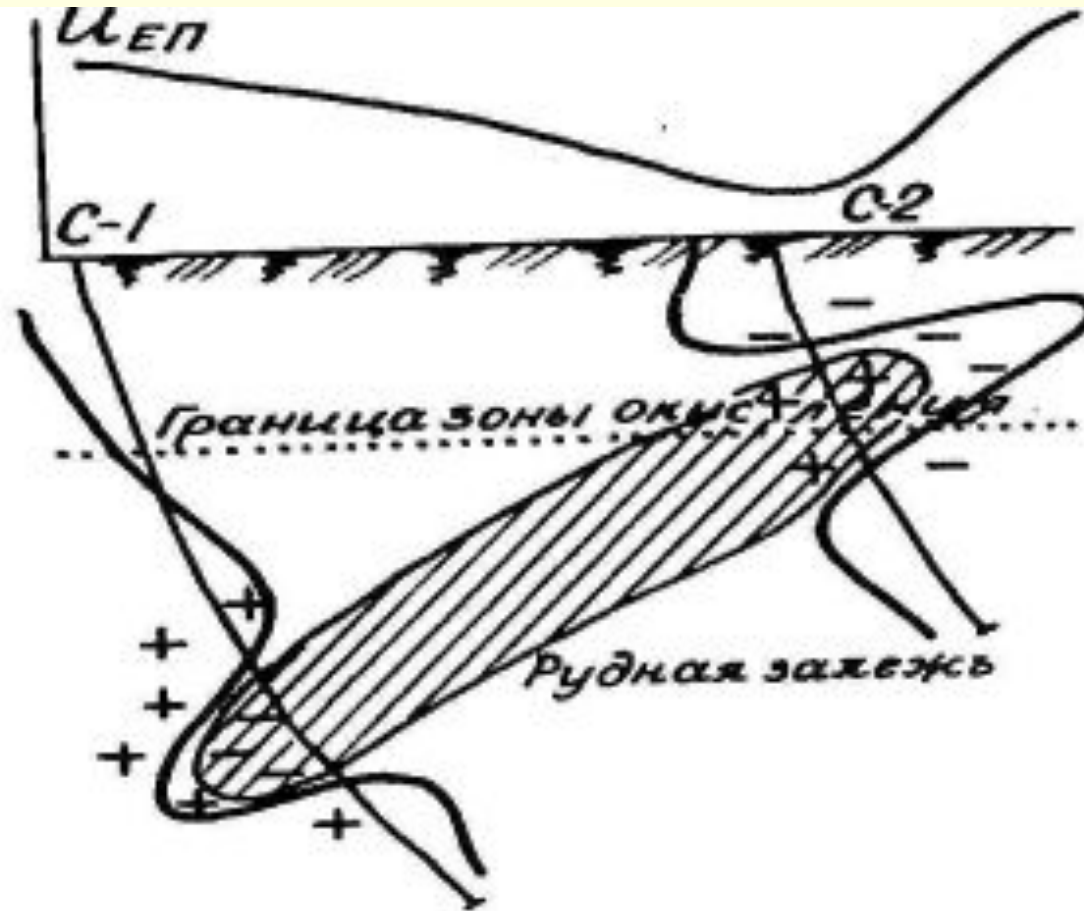


Рис. 10.8. Возникновение окислительно-восстановительных потенциалов ПС над рудной залежью

В общем случае аномалии **ПС** в скважинах могут быть обязаны действию не одной, а сразу нескольких причин. Например, на песчано-глинистых разрезах проявляются и **диффузионно-адсорбционные, и фильтрационные** процессы, а на бурых углях - и **диффузионно-адсорбционные, и фильтрационные, и окислительно-восстановительные**

Контрольные вопросы

1. Перечислите физико-химические процессы, вызывающие образование естественных электрических полей в скважинах.
2. Напишите формулу Нэрнста и объясните значение всех параметров, входящих в нее.
3. Чем отличается подвижность ионов в растворе от скорости их движения?
4. Что такое "прямое" и что такое "обратное" поле ПС?
5. Какую интенсивность имеют аномалии ПС диффузионно-адсорбционного происхождения?
6. Какие условия необходимы для возникновения диффузионно-адсорбционных потенциалов?
7. От чего зависит знак фильтрационных потенциалов?
8. Какую величину имеют фильтрационные потенциалы?
9. Почему фильтрационные потенциалы на поверхности намного интенсивнее, чем в скважинах?
10. Объясните возникновение окислительно-восстановительных потенциалов.
11. Какую величину имеют аномалии ПС окислительно-восстановительного происхождения?
12. Объясните, какой знак имеют аномалии ПС над обсадными трубами.

Схема записи диаграмм ПС

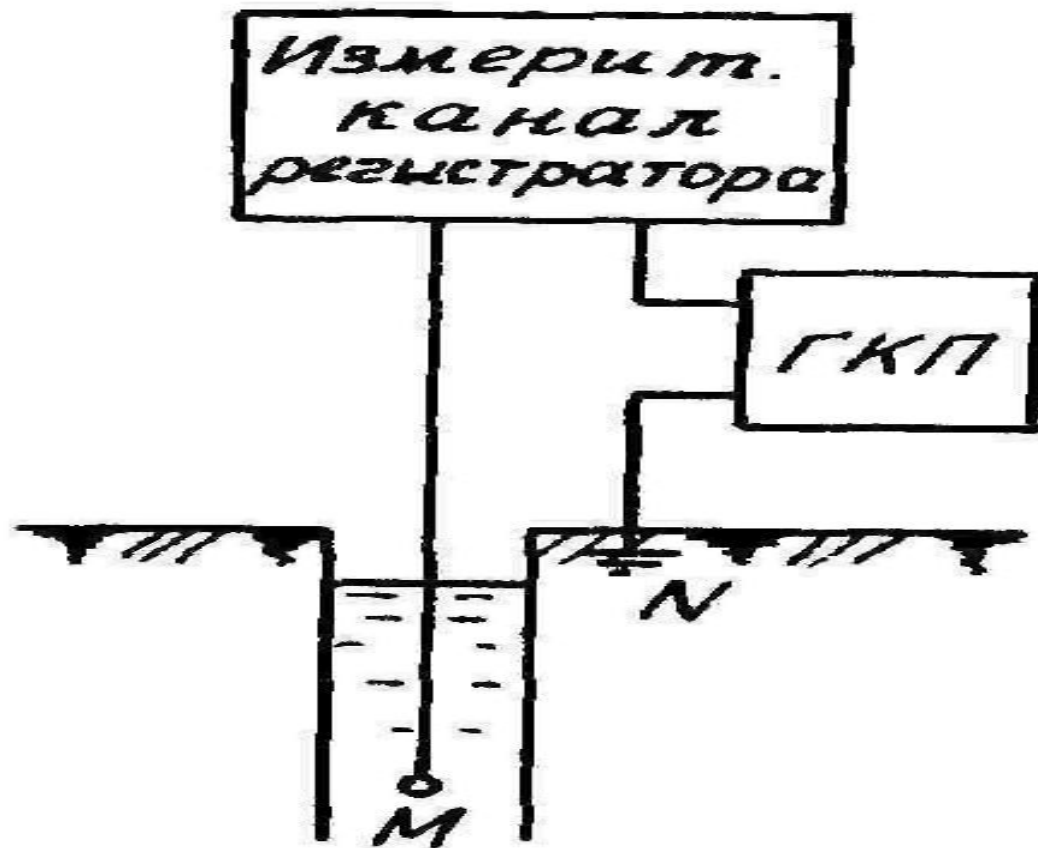


Рис. 11.1. Схема регистрации диаграмм ПС

- 2 приемных электрода
- измерительный канал регистратора,
- градуированный компенсатор поляризации ГКП, с помощью которого устанавливают масштаб записи и выводят блик гальванометра фоторегистратора на середину диаграммной ленты перед началом записи.
- Масштаб l диаграммы ПС равен постоянной измерительного канала по напряжению t , мВ/см

Помехи при записи диаграмм ПС

- Простота электрической схемы ПС является, с одной стороны, достоинством метода, а с другой - недостатком.
- Недостаток проявляется в том, что вход регистратора в схеме ПС открыт для разнообразных помех.
- По физической природе выделяют следующие виды этих помех: поляризация электродов, потенциалы гальванокоррозии, потенциалы трибополяризации, потенциалы осаждения и потенциалы блуждающих токов.

Поляризация электродов

- Создает помеху при записи **ПС** когда электродный потенциал одного из электродов (или обоих) подвергается изменениям в процессе каротажа. Чаще всего это случается при переходе электрода в раствор иного состава, чем тот, в котором он был ранее.
- Изменение **электродных потенциалов** приводит к постепенному смещению кривой **ПС** в ту или другую сторону.
- Во избежание помех электродной поляризации электроды для записи **ПС** изготавливают из **Pb**, т.к. в кислородосодержащей среде он покрывается пленкой окисла **PbO** и по сравнению с другими материалами дает **наиболее устойчивый электродный потенциал**.
- Если этой меры недостаточно, используют **неполяризующиеся электроды**.

Потенциалы гальванокоррозии

- Проявляются при использовании грузов, состоящих из разных металлов. В растворе такой груз представляет собой один или несколько гальванических элементов, цепь которых замыкается через буровой раствор, создавая на электроде М потенциал, пропорциональный сопротивлению среды: (R – расстояние электрода М от груза).
- При наличии потенциалов гальванокоррозии диаграмма ПС прямо или зеркально повторяет диаграмму КС. При этом аномалии ПС смещаются относительно аномалий КС на расстояние, равное МО в масштабе диаграммы.
- Помехи такого же происхождения возникают и в случае, если в зумпфе, где установлен поверхностный электрод N, имеются другие металлы.
- Кривые ПС, записанные с помехой гальванокоррозии, считаются браком.
- Для исключения этих помех можно использовать следующие меры: применять грузы, состоящие из одного металла; изолировать груз от раствора с помощью полихлорвиниловой изоленты или параленты; увеличить расстояние от электрода М до груза (по технической инструкции оно должно быть не менее 1,5 м); поменять положение поверхностного электрода

Потенциалы гальванокоррозии

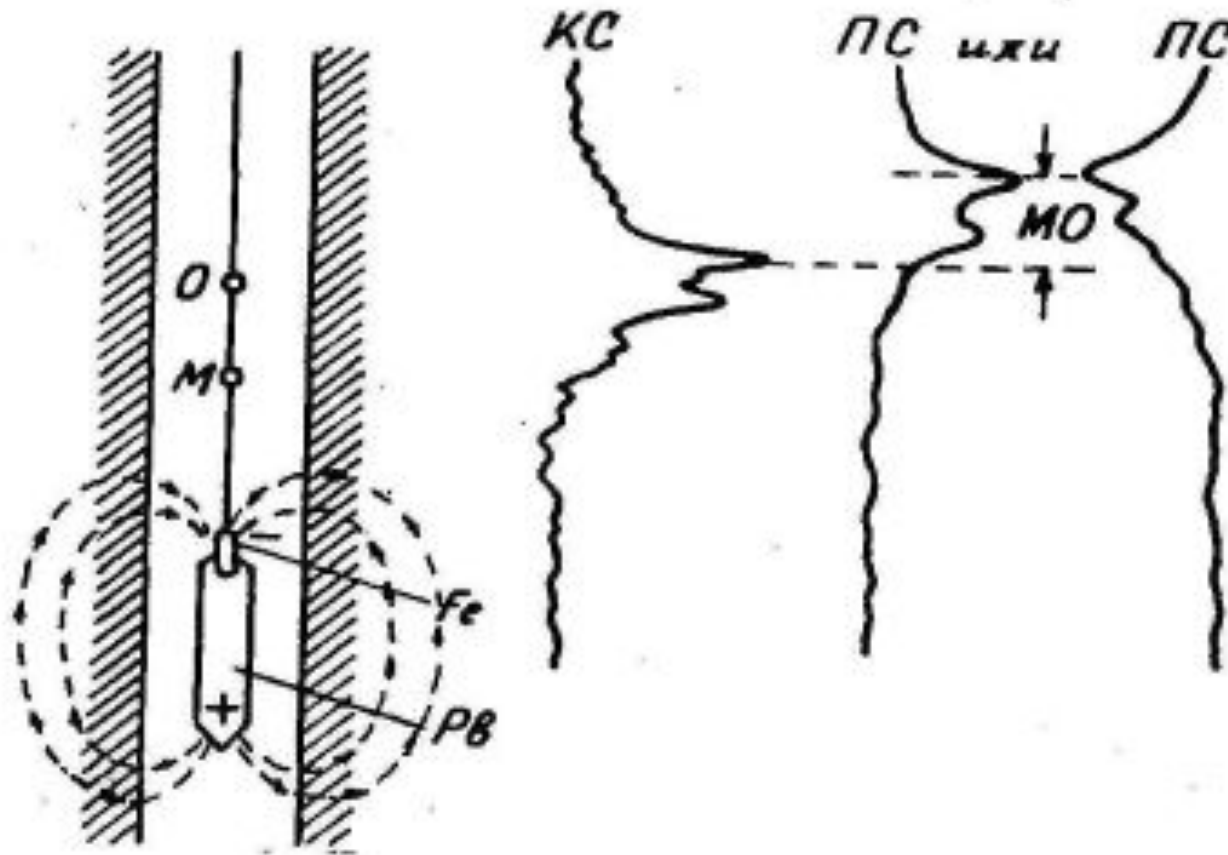


Рис. 11.2. Возникновение потенциалов гальванокоррозии и их проявление на диаграммах ПС

Потенциалы трибополяризации (движения)

- Возникают при движении электродов в буровом растворе. При движении нарушается **двойной электрический слой** на поверхности металлического электрода, в результате чего меняется и его **электродный потенциал**.
- При движении с **постоянной скоростью** изменение электродного потенциала достаточно **стабильное**. При остановке зонда потенциал электрода **M** мгновенно повышается.
- От **потенциалов трибополяризации** легко избавиться, надев на электрод матерчатый чехол, однако они дают дополнительную информацию. Благодаря им на **диаграммах ПС** отчетливо фиксируется **момент отрыва зонда от забоя и все остановки зонда**.
- В технике известно использование явления **трибополяризации** для измерения **скорости движения жидкости**.

Потенциалы осаждения (седиментационные)

- Возникают при использовании некачественного бурового раствора в процессе бурения. Такой раствор не удерживает в себе шлам, который осаждаясь на забой, избирательно **сорбируют анионы**.
- В результате от забоя к устью наблюдается повышение потенциала **ПС**, достигающее иногда нескольких В.
- Выделить аномалии, связанные с изменением литологии разреза на фоне такой помехи, практически невозможно.
- Для устранения влияния **седиментационных потенциалов** скважину перед каротажем необходимо промыть кондиционным буровым раствором или чистой водой.

■

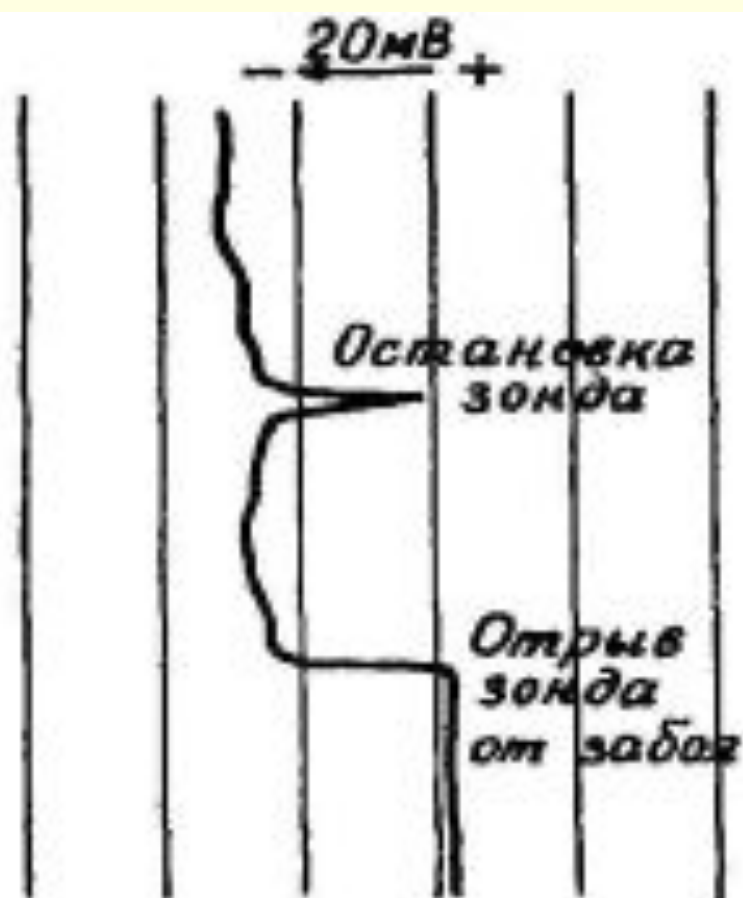


Рис. 11.3. Проявление помех от трибополяризации на диаграмме ПС

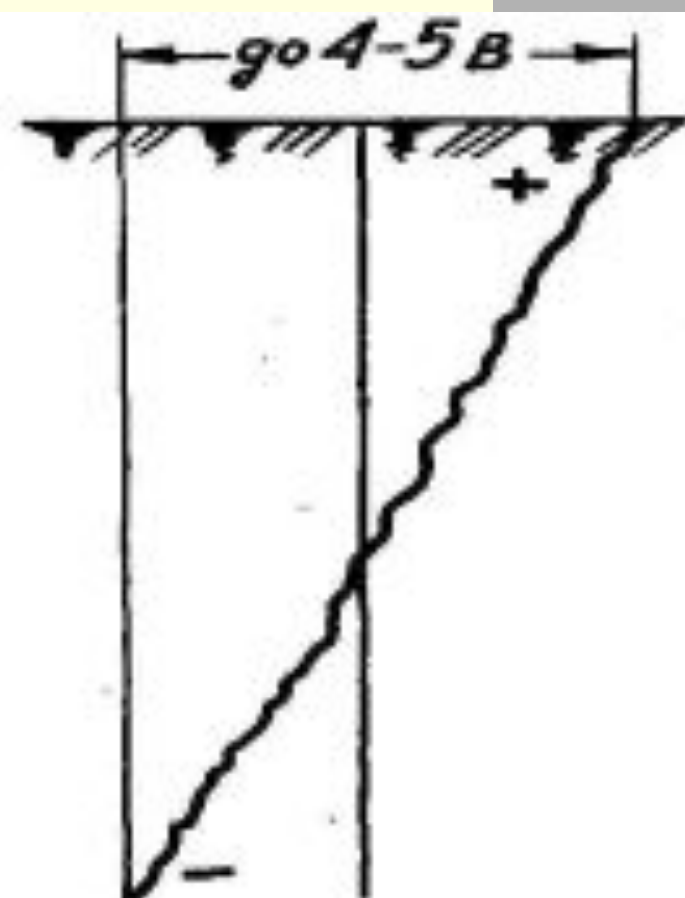


Рис. 11.4. Потенциалы осаднения на диаграмме ПС

Потенциалы осуждающих и теллурических токов

- **Теллурические токи** имеют естественное происхождение, они являются частью общего электромагнитного поля Земли.
- **Блуждающие токи** имеют промышленное происхождение. Блуждающие токи распространяются на десятки км от источника.
- При записи **ПС теллурические и блуждающие** токи создают помехи, амплитуда которых пропорциональна плотности этих токов в данный момент, среднему **УЭС** среды между электродами **М** и **Н** и расстоянию между ними.
- Эти помехи искажают диаграммы **ПС**, а иногда и не дают возможности их записать - при неподвижном зонде показания регистрирующего прибора непрерывно меняются, блик гальванометра "бродит" по диаграмме.
- Одна из основных мер по устранению помех блуждающих токов - это выбор времени, когда они имеют наименьшую интенсивность. Кроме того, влияние этих помех можно исключить, записывая градиент потенциала **ПС** или применяя специальные зонды.
- При записи градиента **ПС** помеха минимальна, поскольку электроды **М** и **Н** находятся очень близко друг к другу однако диаграммы $grad U_{nc}$ слишком изрезаны и трудно интерпретируются.
- Специальный зонд **ПС** состоит из точечного электрода **М** и линейного электрода **Н**. Линейный электрод осредняет потенциал **ПС** в скважине на всем своем протяжении, благодаря чему он меняется мало и не резко, а малое расстояние между **М** и **Н** обеспечивает близкое значение потенциала, создаваемого на этих электродах блуждающими токами.

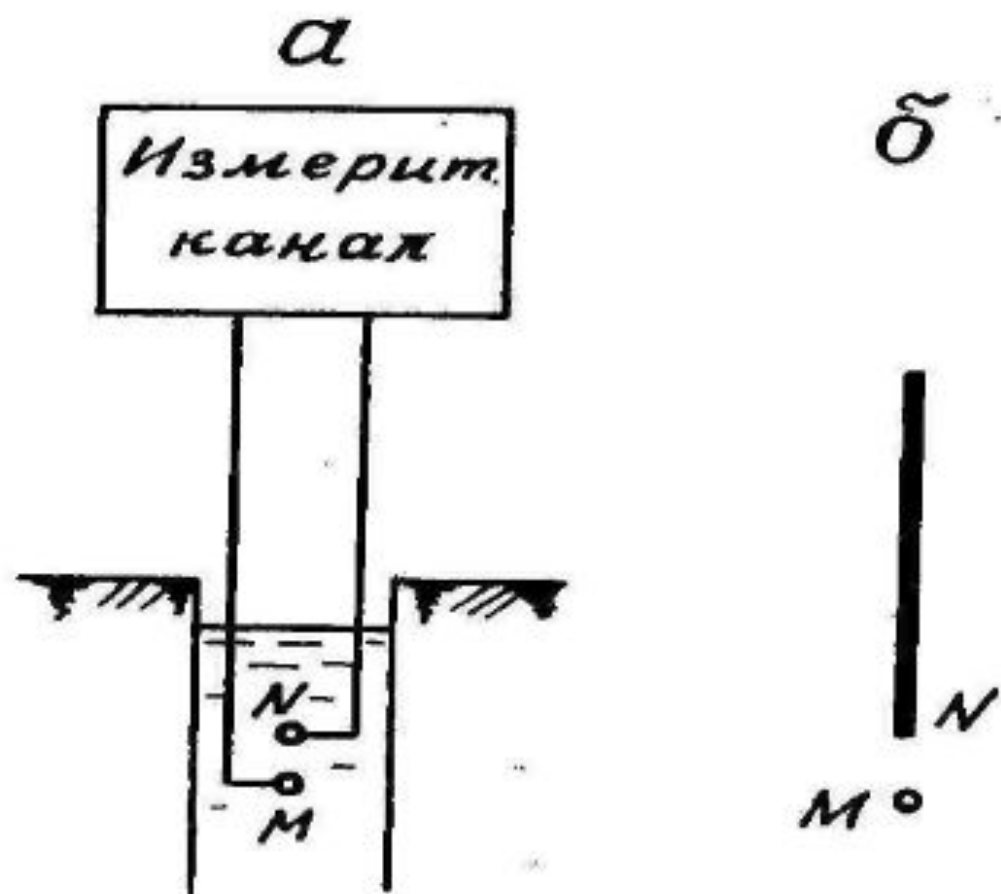


Рис. 11.5. Меры борьбы с помехами от блуждающих токов. Запись градиента ПС (а) и специальный зонд ПС (б)

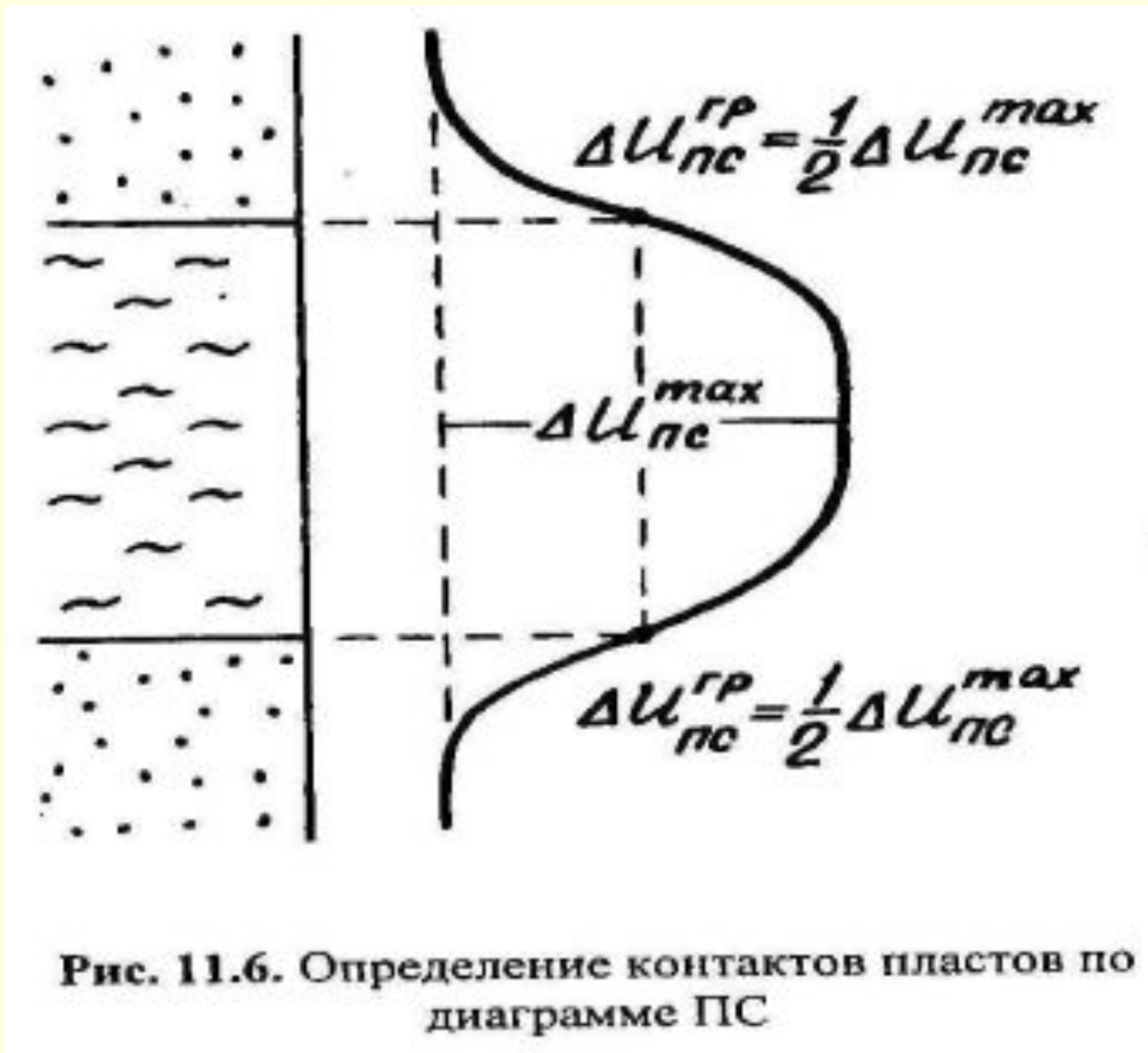
Качественная интерпретация диаграмм ПС

- Заключается в литологическом расчленении разрезов скважин. Наилучшие результаты дает метод ПС на **песчано-глинистых разрезах**, породы которых обладают различной **адсорбционной активностью**.
- При прямом поле ПС ($c_o < c_v$) глины характеризуются **положительными**, а песчаники - **отрицательными** аномалиями ПС.
- Для исключения неоднозначности интерпретации диаграммы ПС нужно рассматривать в комплексе с диаграммами других методов ГИС: КС, МЗ, ГК, НТК, АК и пр.

Количественная интерпретация

- Заключается в решении вопросов как определение **мощности пластов, минерализации пластовых вод, глинистости и пористости коллекторов** и некоторых др.
- **Определение мощности пластов** по диаграммам **ПС** производится по правилу полумаксимума (или полуминимума) аномалии, как это показано на рис. 11.6.
- **Определение минерализации пластовых вод** возможно при диффузионно-адсорбционном происхождении полей **ПС**.
- Как следует из теории:
$$\Delta U_{ПС} = \beta \cdot K_{\text{да}}^i \cdot \lg \frac{c_0}{c_a} = \beta \cdot K_{\text{да}}^i \cdot \lg \frac{\rho_a}{\rho_0}.$$
- **Амплитуду аномалии ПС** отсчитывают от уровня чистых глин (от самых высоких показаний) с учетом масштаба диаграммы.
- Величину коэффициента учета мощности β определяют по специальной номограмме.

Определение контактов пластов по диаграмме ПС



Определение глинистости коллекторов по ПС

- Основано на зависимости глубины аномалии ПС над коллекторами от содержания в них глинистого материала. Для определения используют эмпирические зависимости относительной амплитуды аномалии $a_{ПС}$ от глинистости. Пример такой зависимости представлен на рис. 11.7.

$$\alpha_{ПС} = \frac{\Delta U_{ПС}^X}{\Delta U_{ПС}^{оп}}$$

- где $\Delta U_{ПС}^X$ - амплитуда аномалии ПС над исследуемым пластом;
- $\Delta U_{ПС}^{оп}$ - то же для чистых кварцевых песчаников, обе аномалии отсчитываются от уровня мелкодисперсных "чистых" глин.
- Зависимости справедливы для водоносных песчаников с большой пористостью.

Определение пористости по ПС

- Основано на использовании статистической связи между коэффициентом пористости K_p и амплитудой аномалии ПС, установленной путем сопоставления диаграмм ПС с результатами лабораторных исследований керна.
- Поскольку аномалия ПС зависит от соотношения сопротивлений ρ_a и ρ_0 и мощности пласта, то измеренные аномалии $AU_{ПС}$ пересчитывают, приводят к стандартным условиям, соответствующим $h = \infty$ и $\rho_0 = 1$ Ом-м, или вычисляют параметр $a_{ПС}$.
- Благоприятными условиями для применения этого способа является постоянство минерализации пластовых вод, однородный состав глинистого цемента и отсутствие карбонатного цемента в исследуемом разрезе.
- Определение пористости по ПС имеет все недостатки, свойственные методам, использующим статистически установленные связи, и в настоящее время используется редко.
- Кроме рассмотренных здесь задач, метод ПС может быть использован еще и для определения пластовых давлений по фильтрационным потенциалам.

Определение глинистости водонасыщенных песчаников по $\alpha_{пс}$

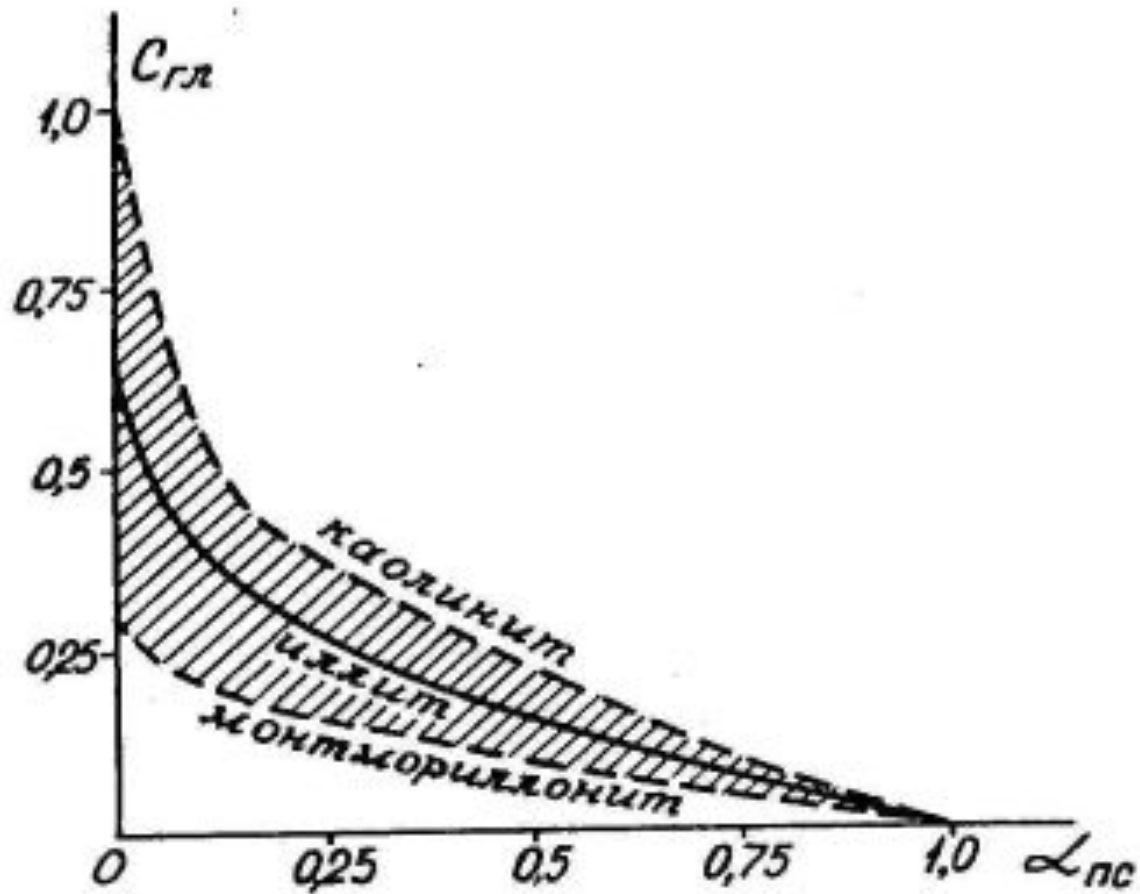
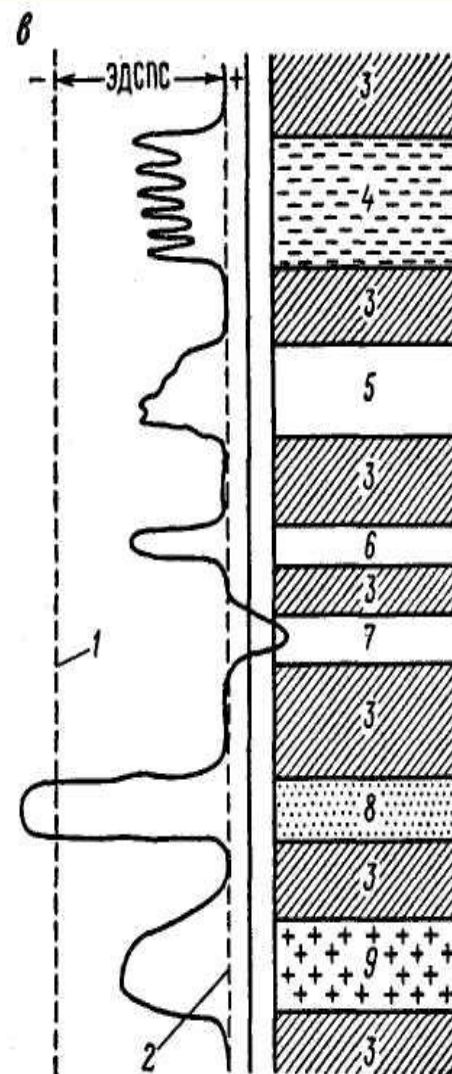
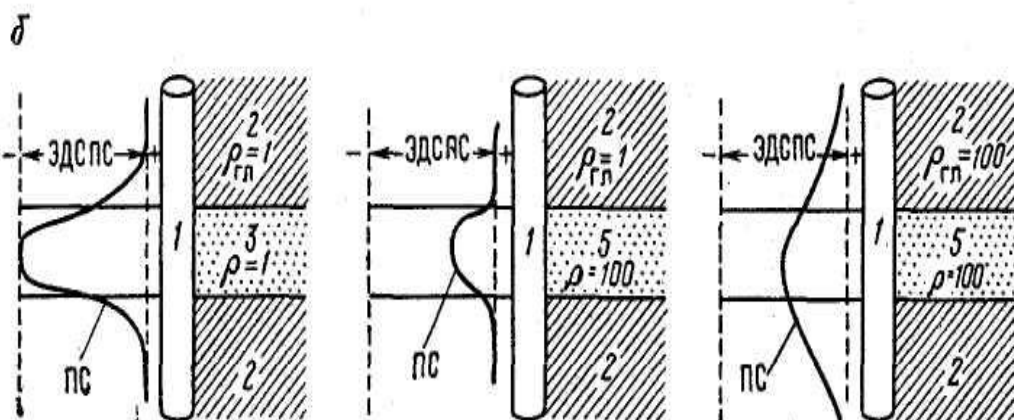
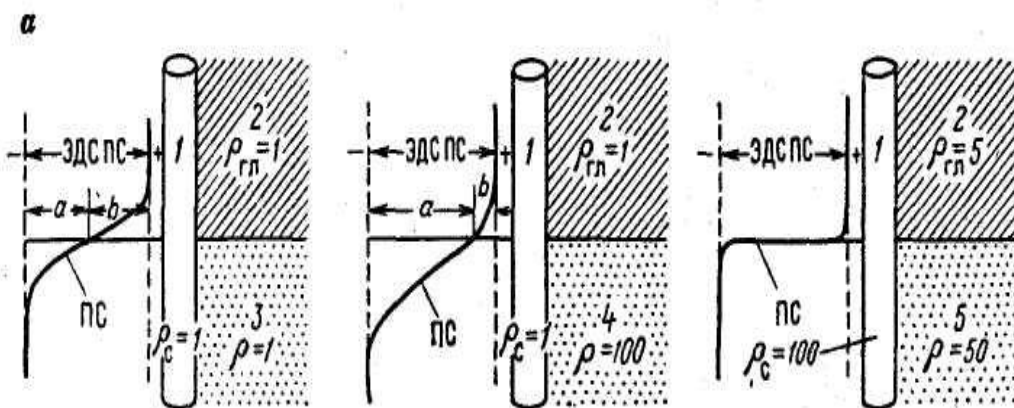


Рис. 11.7. Определение глинистости водонасыщенных песчаников по параметру $\alpha_{пс}$
(по Р. Дебранду)

Формы кривых ПС при каротаже нефтяных скважин

- При исследовании нефтяных скважин по методу ПС преследуются три основные цели:
 - 1) установление границ между глинистыми и пористыми пластами;
 - 2) корреляция между скважинами;
 - 3) определение удельного сопротивления пластовых вод.
- Разным геологическим разрезам соответствуют различные формы кривых ПС, поэтому при корреляции можно установить увеличение мощности, выклинивание и падение пластов.
- Изменения солёности пластовых вод, что может происходить при крупных региональных несогласиях, отражаются на диаграммах в виде резких отклонений кривых ПС от базовой линии глин.

Кривые ПС для песчано-глинистого разреза



- а** — для мощных пластов;
б — для тонких пластов;
 1 — скважина;
 2 — глины;
 3 — пески с соленой водой;
 4 — пористые известняки;
 5 — нефтенасыщенные пески;
в — характерные кривые ПС для различных пород;
 1 — линия песков;
 2 — линия глин;
 3 — глины;
 4 — слоистые глинистые пески;
 5 — пески с рассеянной глинистостью;
 6 — лигниты
 восстановительная реакция);
 7 — темные глины
 (окислительная реакция);
 8 — пески с рассеянным FeS;
 9 — риолиты.

Контрольные вопросы

1. Схема регистрации диаграмм ПС. Ее достоинства и недостатки.
2. Какие помехи искажают диаграммы ПС.
3. Меры борьбы с помехами от электродной поляризации, гальванокоррозии, потенциалов осаждения, блуждающих и теллурических токов.
4. Как определить амплитуду аномалии ПС?
5. Как определяют границы пластов по диаграммам ПС?
6. 7. Чему равен параметр $a_{пс}$?
8. Как по диаграмме ПС оценить глинистость песчаника, если неизвестен минеральный состав глинистого материала?
9. Всегда ли на диаграммах ПС глинам соответствуют положительные аномалии, а песчаникам - отрицательные? Если не всегда, то при каких условиях?