

# Formation Evaluation

---

**LITHOLOGY LOGS**

**SP LOG**

# Введение

**ПС, SP – метод самопроизвольных потенциалов**

**Измеряет: самопроизвольное образование  
в скважине и вблизи неё поля электрических  
токов (самополяризация)**

**Вертикальное разрешение: 80 см**

**Единицы измерения: mV, мВ**

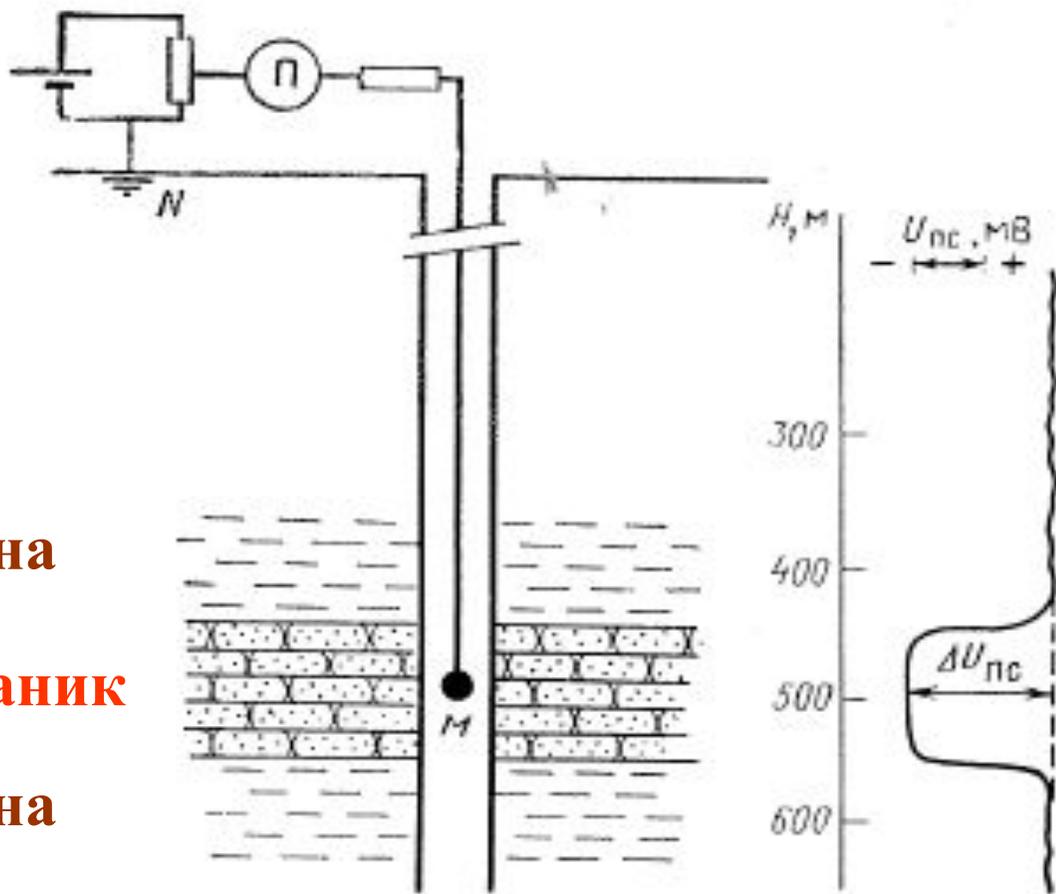
# Задачи метода

- **Выделение коллекторов (проницаемых зон);**
- **Оценка глинистости;**
- **Определение сопротивления пластовой воды,  $R_w$  ;**
- **Корреляция разреза.**

# Условия образования ПС

- **Буровой раствор на водной основе;**
- **Различие сопротивлений бурового раствора и пластовой воды (разная минерализация);**
- **Наличие зон с хорошей проницаемостью и пористостью.**

# Принципиальная схема



Регистрируется  
разность между  
М и N

$U_{sp N} = \text{const}$

$U_{sp M} = \text{потенциал}$   
ВДОЛЬ СТВОЛА

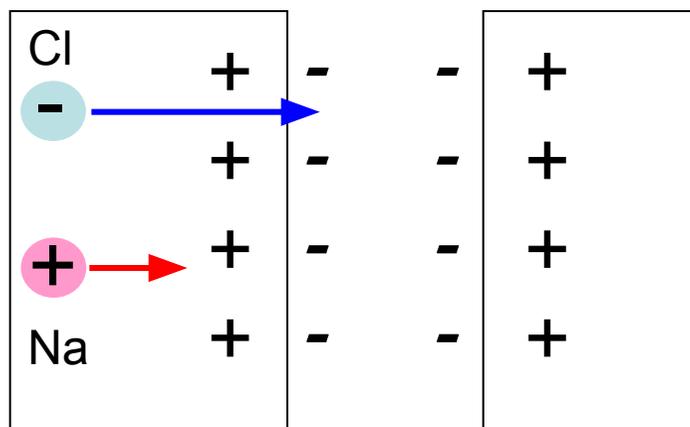
Глина

Песчаник

Глина

# Природа ПС (пласт)

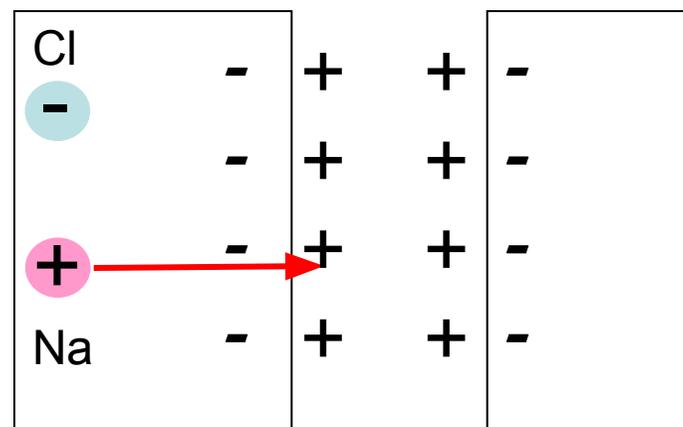
Диффузионный потенциал  
(liquid junction potential)



Проницаемый  
песчаник

Адсорбционный потенциал  
(shale potential)

Мембранный потенциал



Непроницаемая  
глина

$$R_w < R_m$$

Water Salinity > Mud Filtrate Salinity

# Теория метода ПС

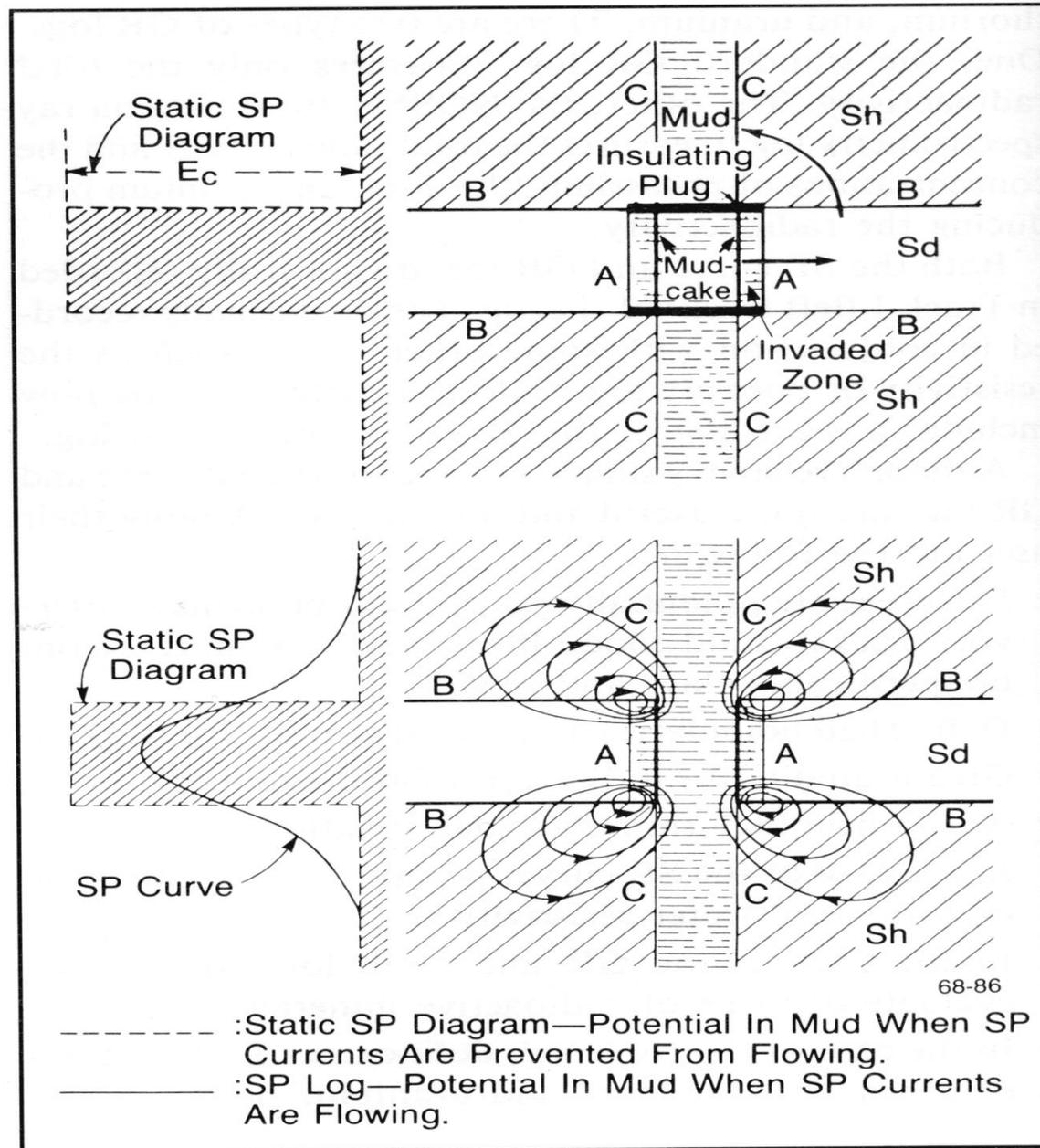
Общий потенциал ПС:

$$E = E_{sh} - E_d = -k \lg\left(\frac{R_{mf}}{R_w}\right)$$

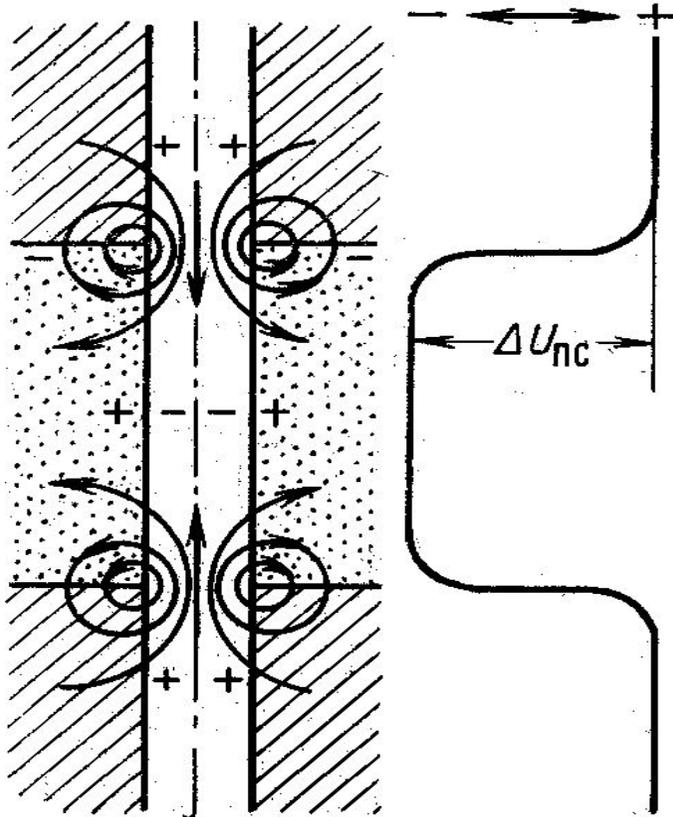
$$k = f(T) \Rightarrow$$

$$k = -(61 + 0.133T) \text{ } ^\circ F$$

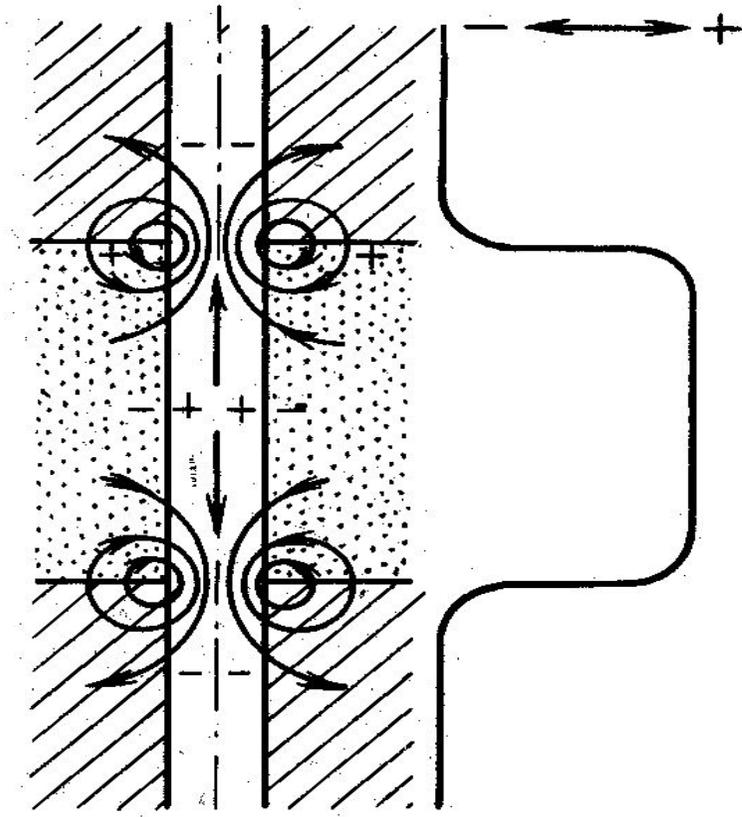
$$k = -(65 + 0.24T) \text{ } ^\circ C$$



# Поле токов ПС и кривая потенциала

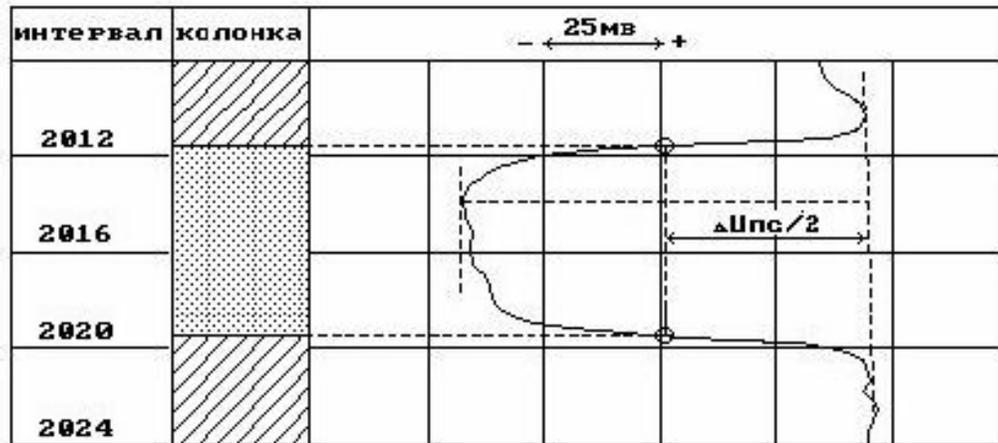


Минерализация пластовой воды >  
минерализации промывочной жидкости



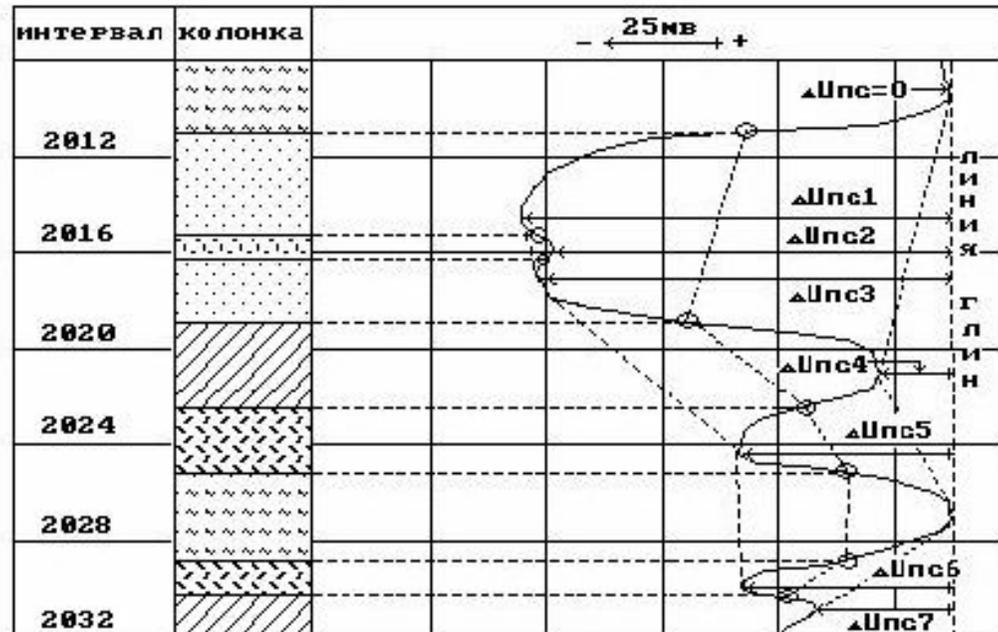
Минерализация пластовой воды <  
минерализации промывочной жидкости

# Применение метода ПС



а)

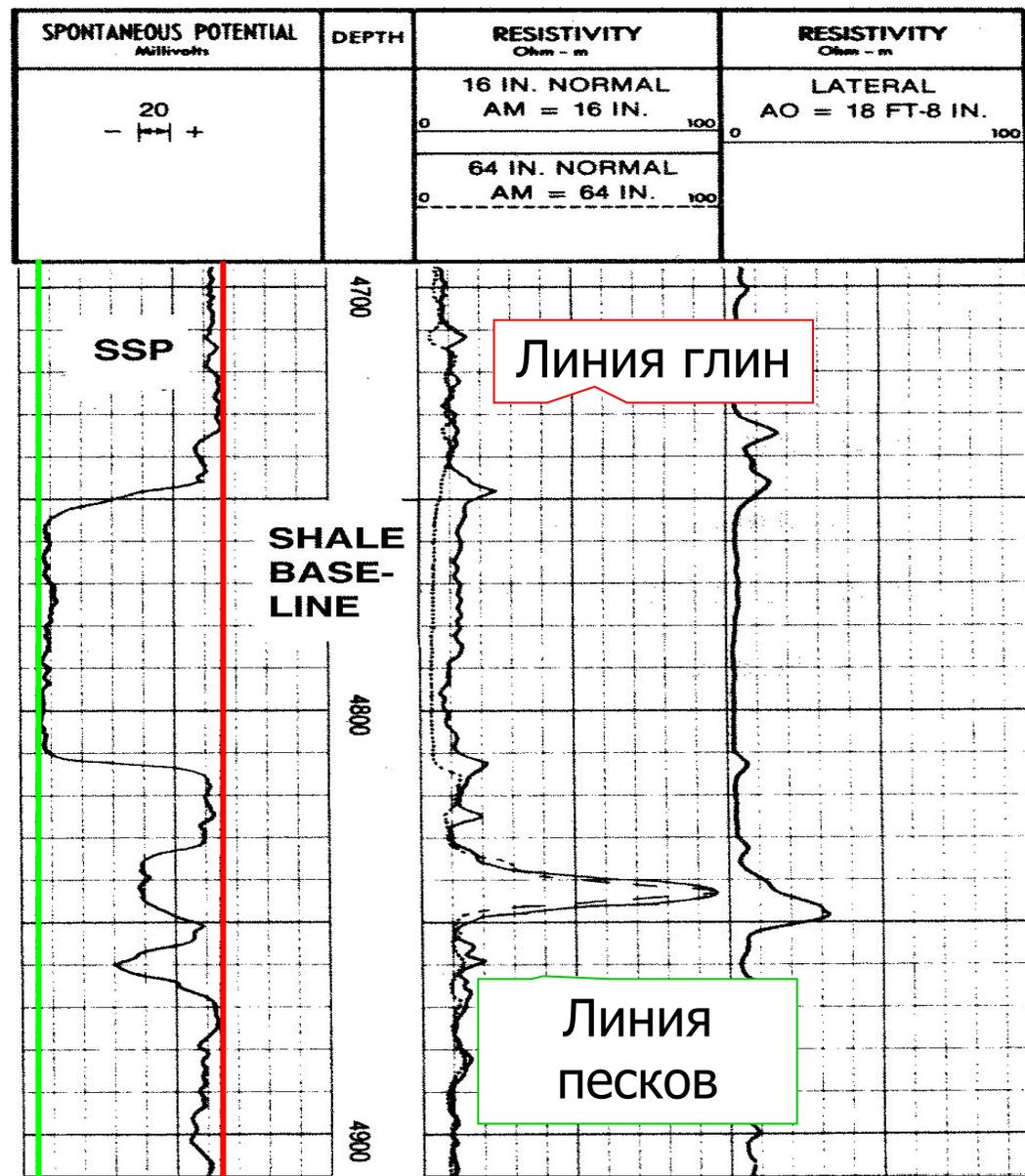
Определение границ пласта по аномалии  $U_{пс}$  (а),  
расчленение разреза и определение относительных амплитуд  $U_{пс}$  (б)



б)

# Выделение линии глин и песков

- Для быстрой оценки свойств пласта необходимо провести линии соответствующие 100% песчаника и 100% глин по отметкам максимального и минимального отклонения кривой ПС на каротажной диаграмме.
- Однако, отклонение ПС уменьшаются из-за наличия в пласте углеводородов, и при глубоком проникновении. Частичное отклонение ПС не всегда означает зону глин и песчаников



# Определение глинистости

$$V_{sh} = \frac{U_{sp} - U_{sp \min}}{U_{sp \max} - U_{sp \min}}$$

- $U_{sp}$  - показания ПС
- $U_{sp \min}$  – показания в чистых песчаниках
- $U_{sp \max}$  – показания в глинах

# Определение глинистости

$$\alpha SP = \frac{U_{sp \max} - U_{sp}}{U_{sp \max} - U_{sp \min}}$$

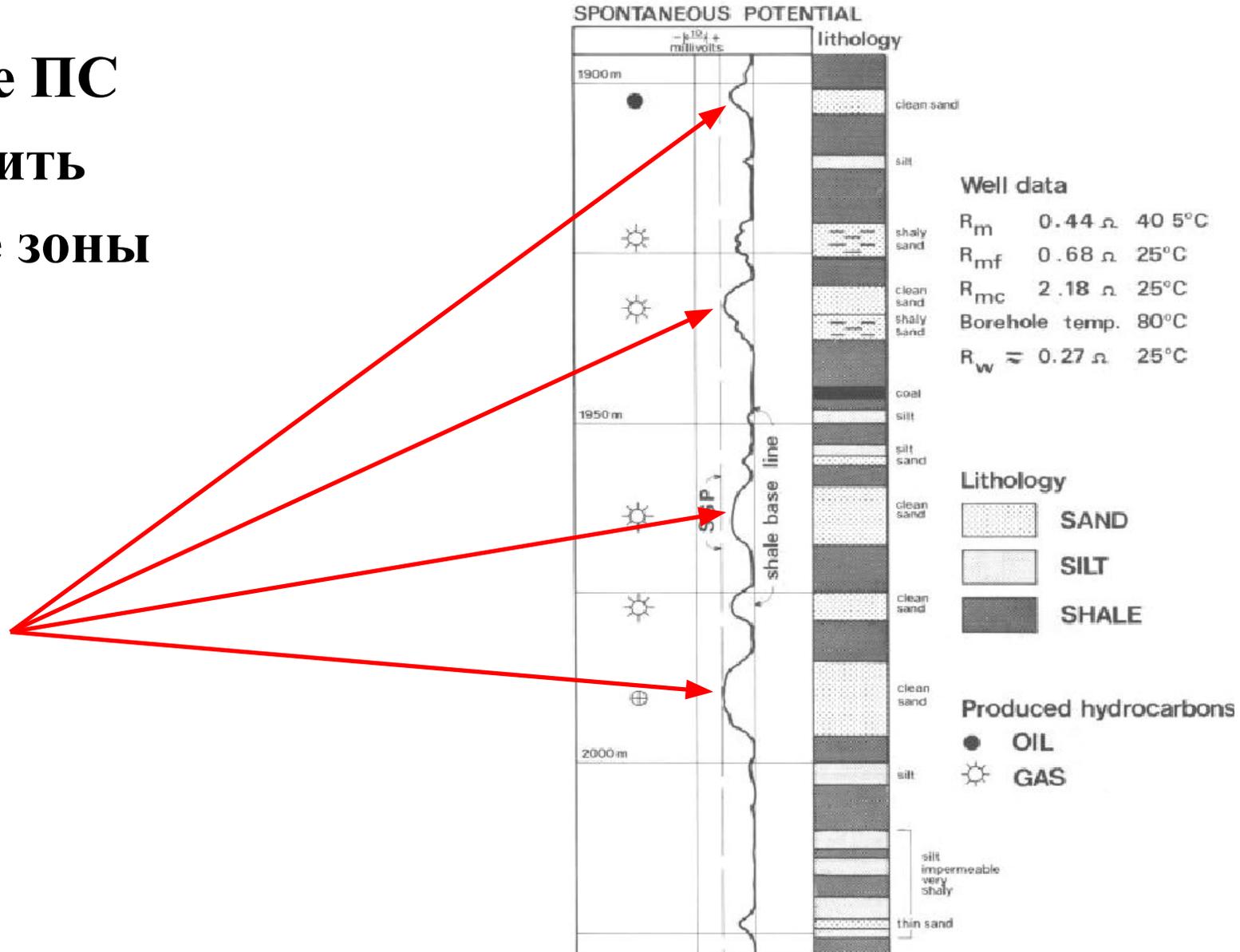
$$Vsh = 1 - \alpha SP$$

- $U_{sp}$  - показания ПС
- $U_{sp \min}$  – показания в чистых песчаниках
- $U_{sp \max}$  – показания в глинах

# Выделение проницаемых зон

По диаграмме ПС  
можно выделить  
проницаемые зоны

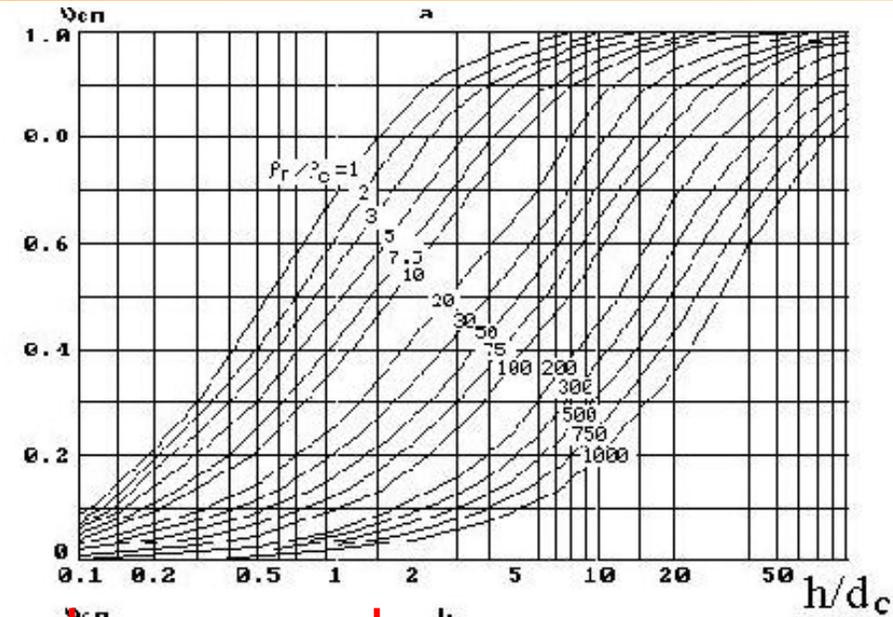
Песчаник



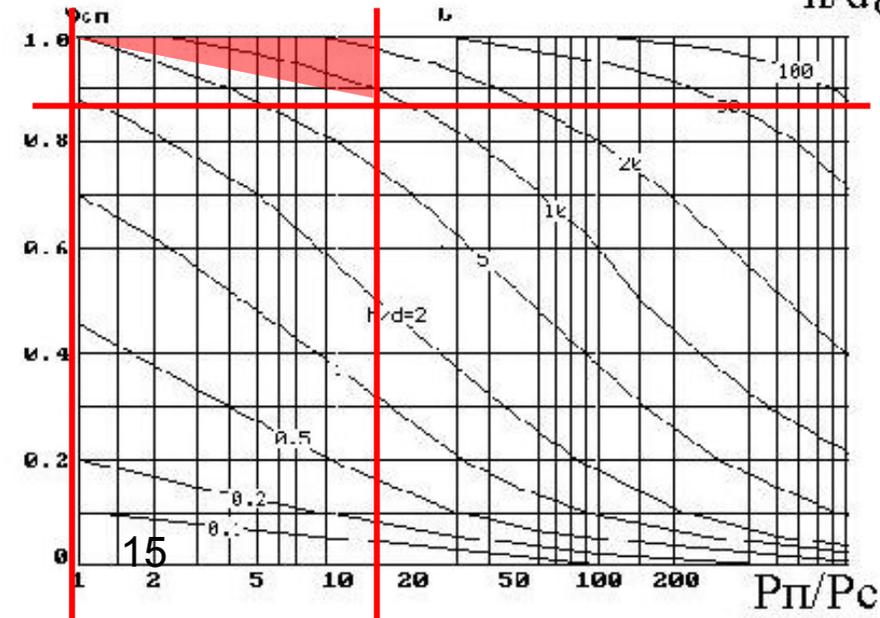
# Влияющие факторы

- **Мощность пласта ( $h$ );**
- **Диаметр скважины ( $h/d_c$ );**
- **Сопротивление пласта ( $R_t$ );**
- **Сопротивление вмещающих пород;**
- **Соотношение сопротивления пластовой воды и фильтрата бурового раствора ( $R_w/R_{mf}$ );**
- **Проникновение фильтрата в пласт;**
- **Присутствие глинистых прослоев в пласте**

# Влияние мощности пласта



1. Влияние мощности пласта и диаметра скважины.
2. Влияние удельного сопротивления пласта и бурового раствора.

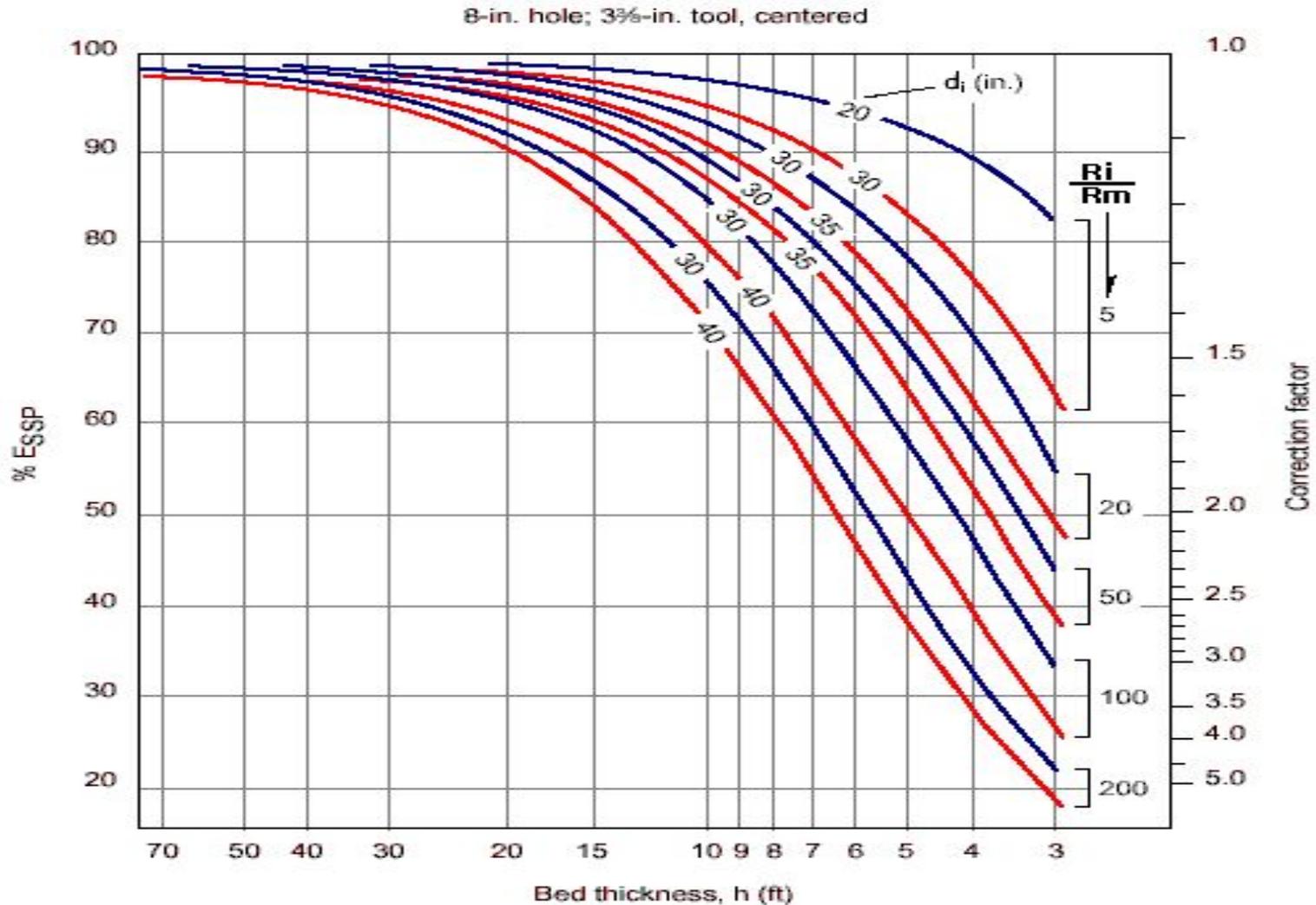


В пластах мощностью  $> 2-3$  м поправка не требуется

# Влияние мощности пласта

$$SP = ASP * C_f$$

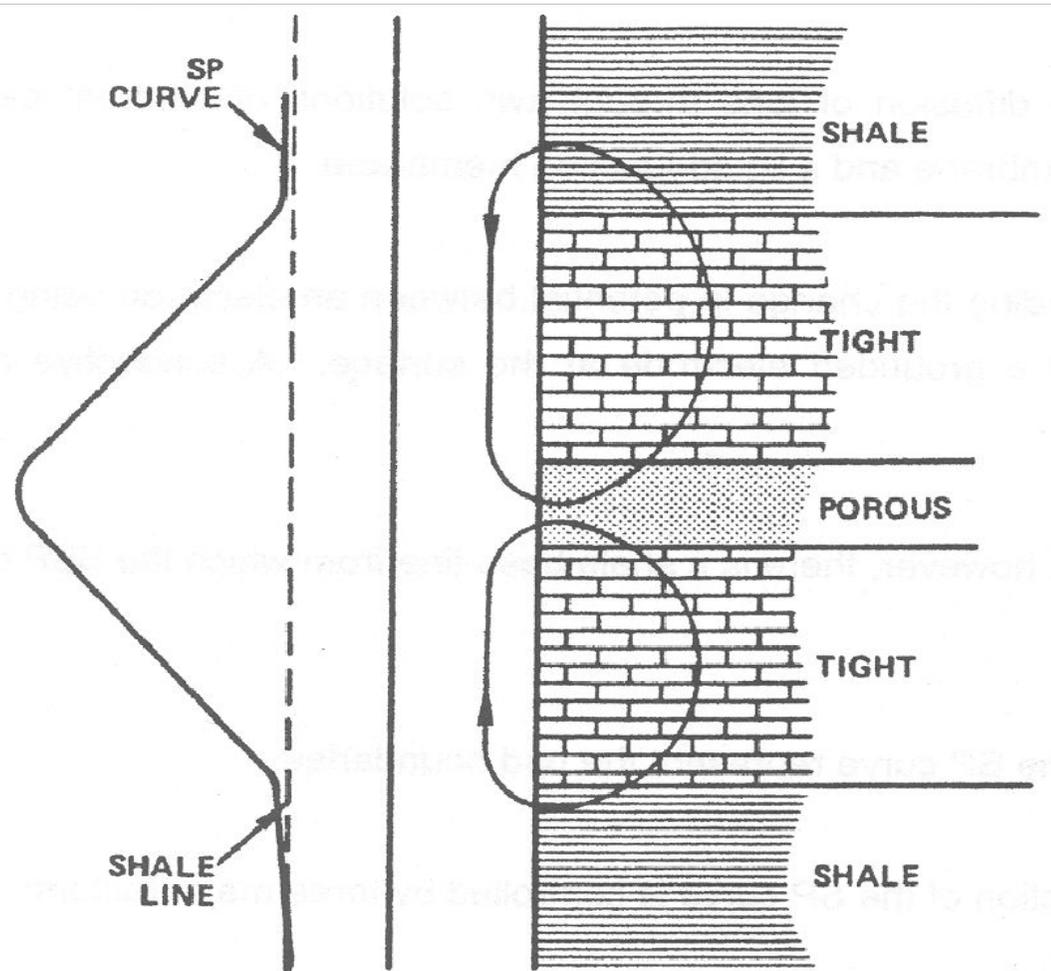
Где  $C_f$  –  
Correction  
factor



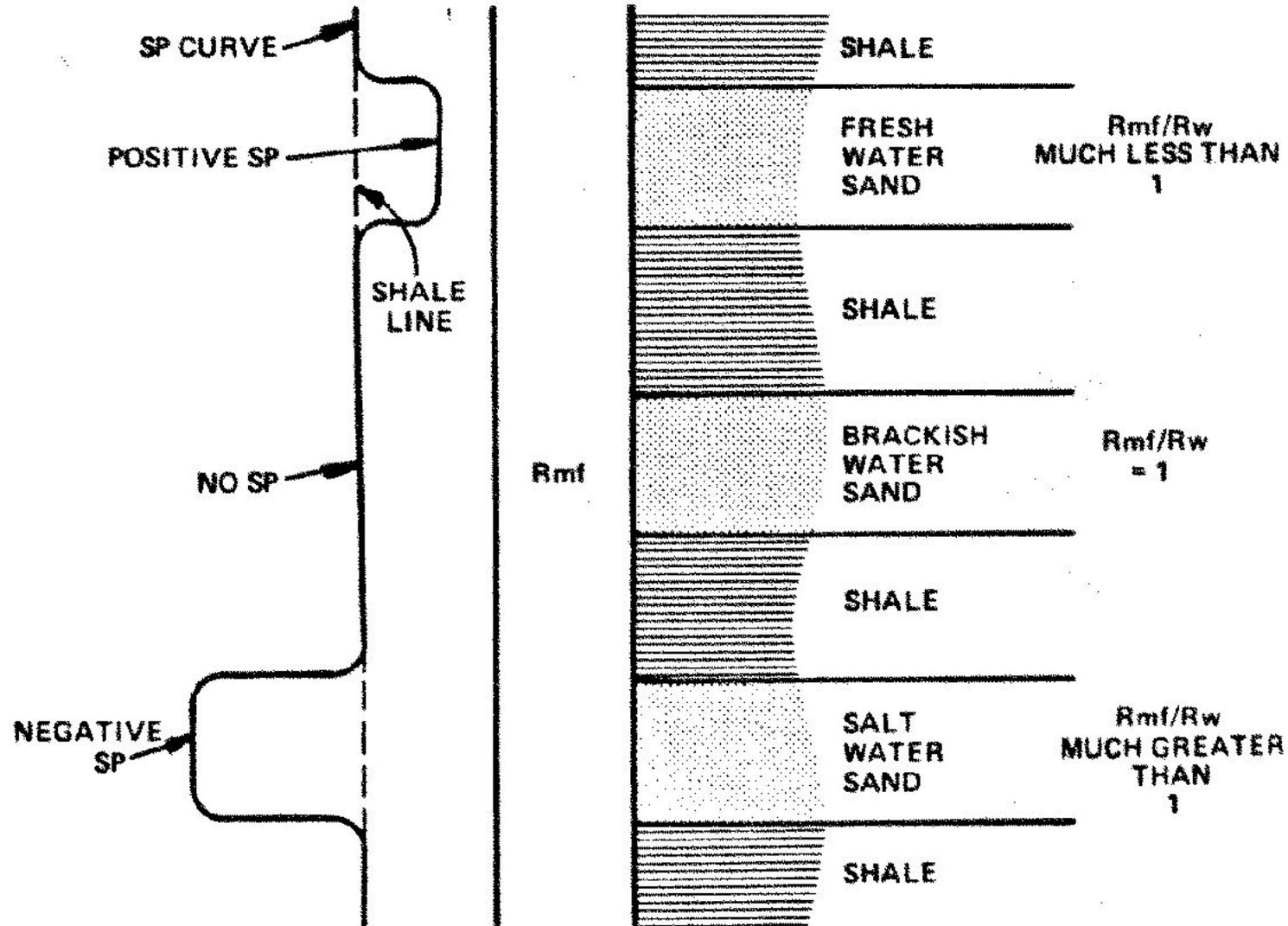
# Влияние УЭС пласта и вмещающих пород

Если вмещающие пласты очень высокого сопротивления, кривая становится вытянутой, менее выраженной.

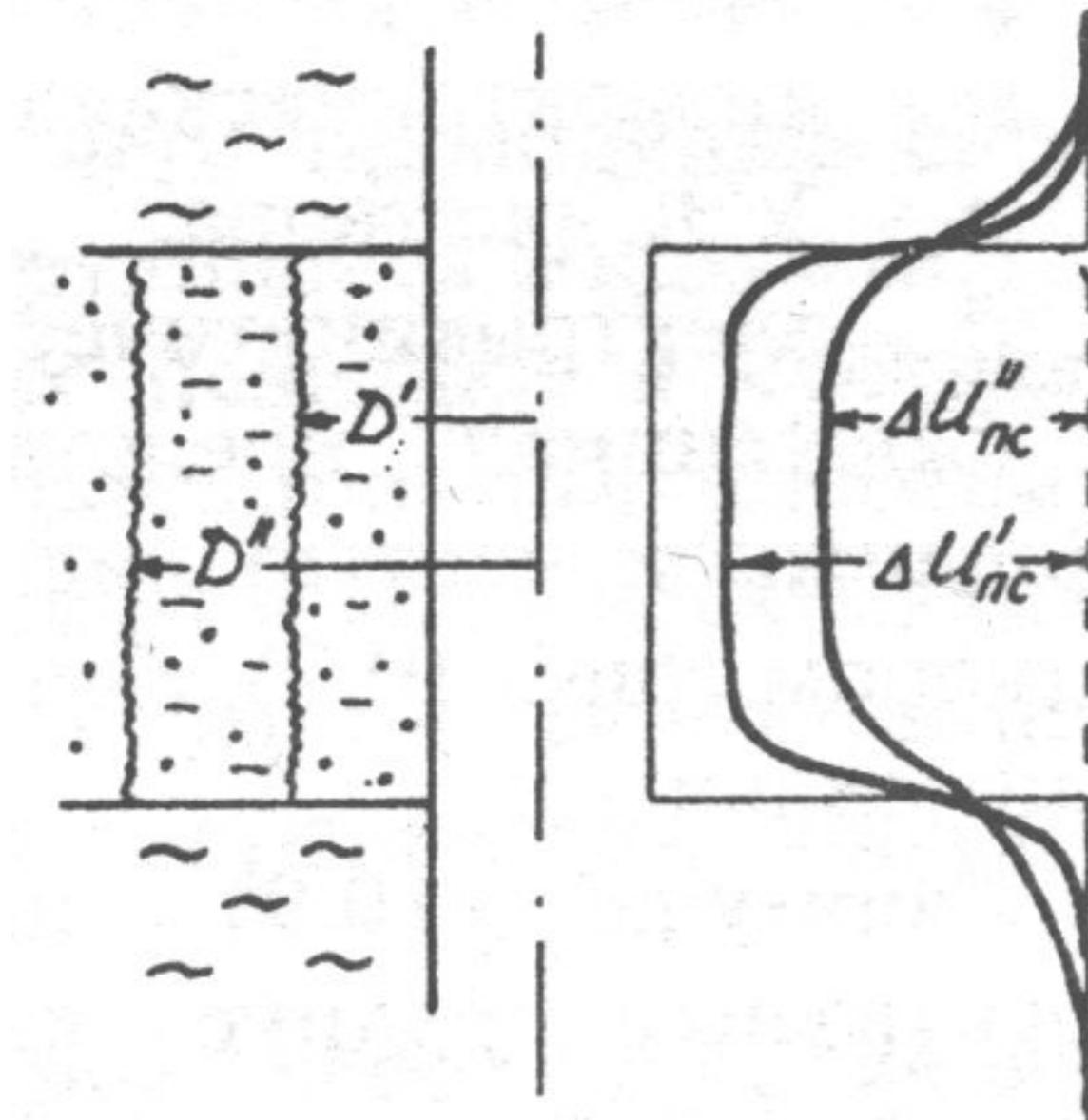
Выделение проницаемых пластов затруднено.



# Соотношение $R_w$ и $R_{mf}$

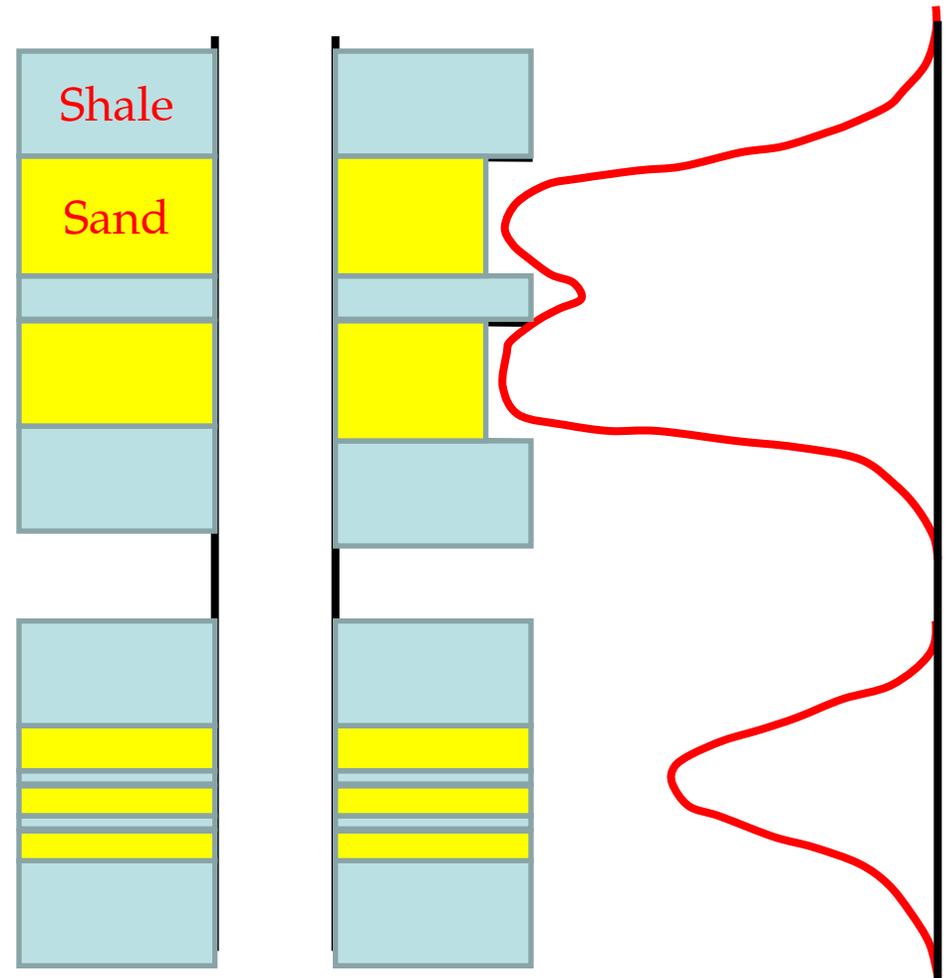


# Влияние проникновения



# Влияние глинистости

**При чередовании  
пластов  
наблюдаются  
локальные  
минимумы и  
максимумы**

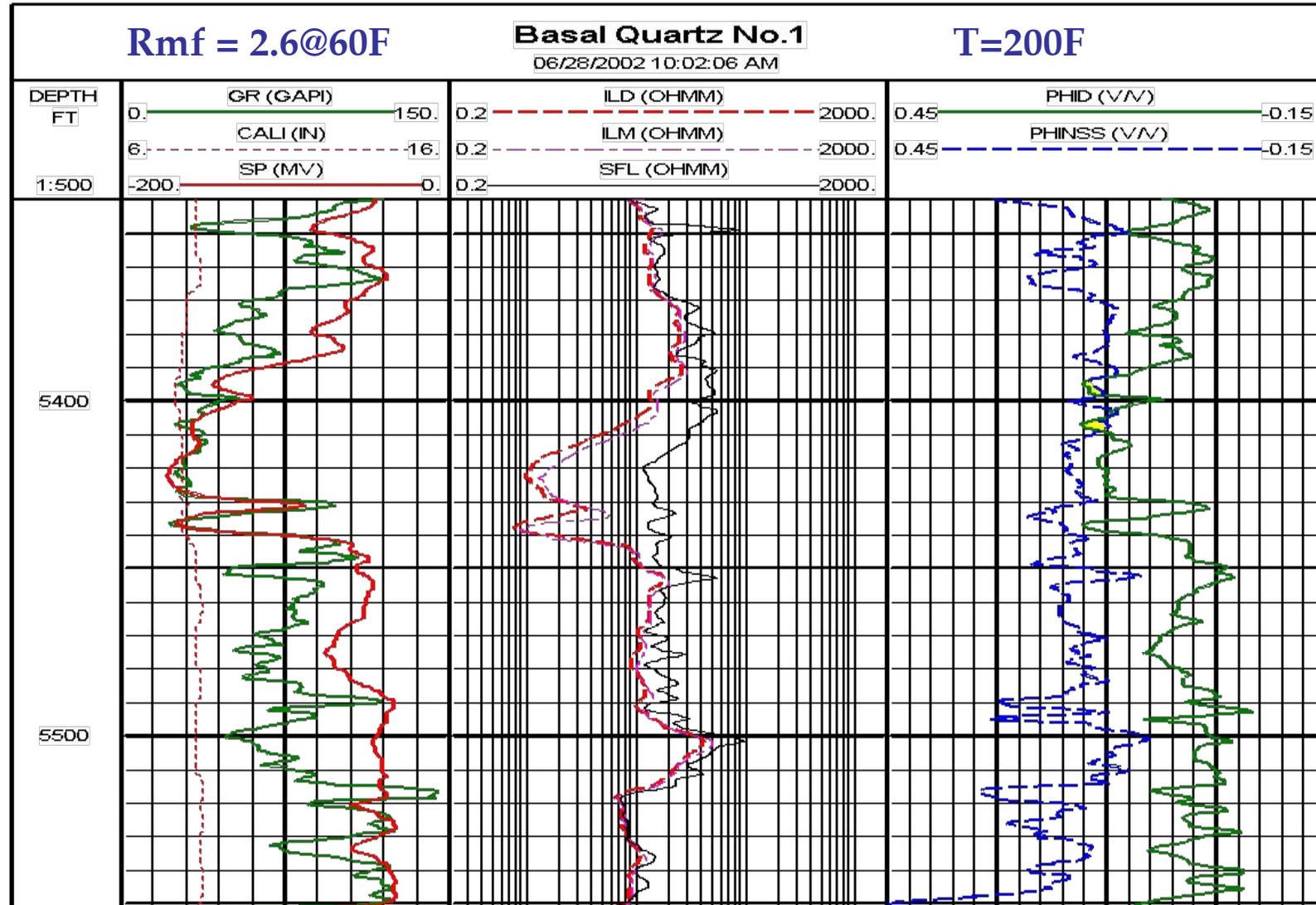


# Вычисление $R_w$ по кривой ПС

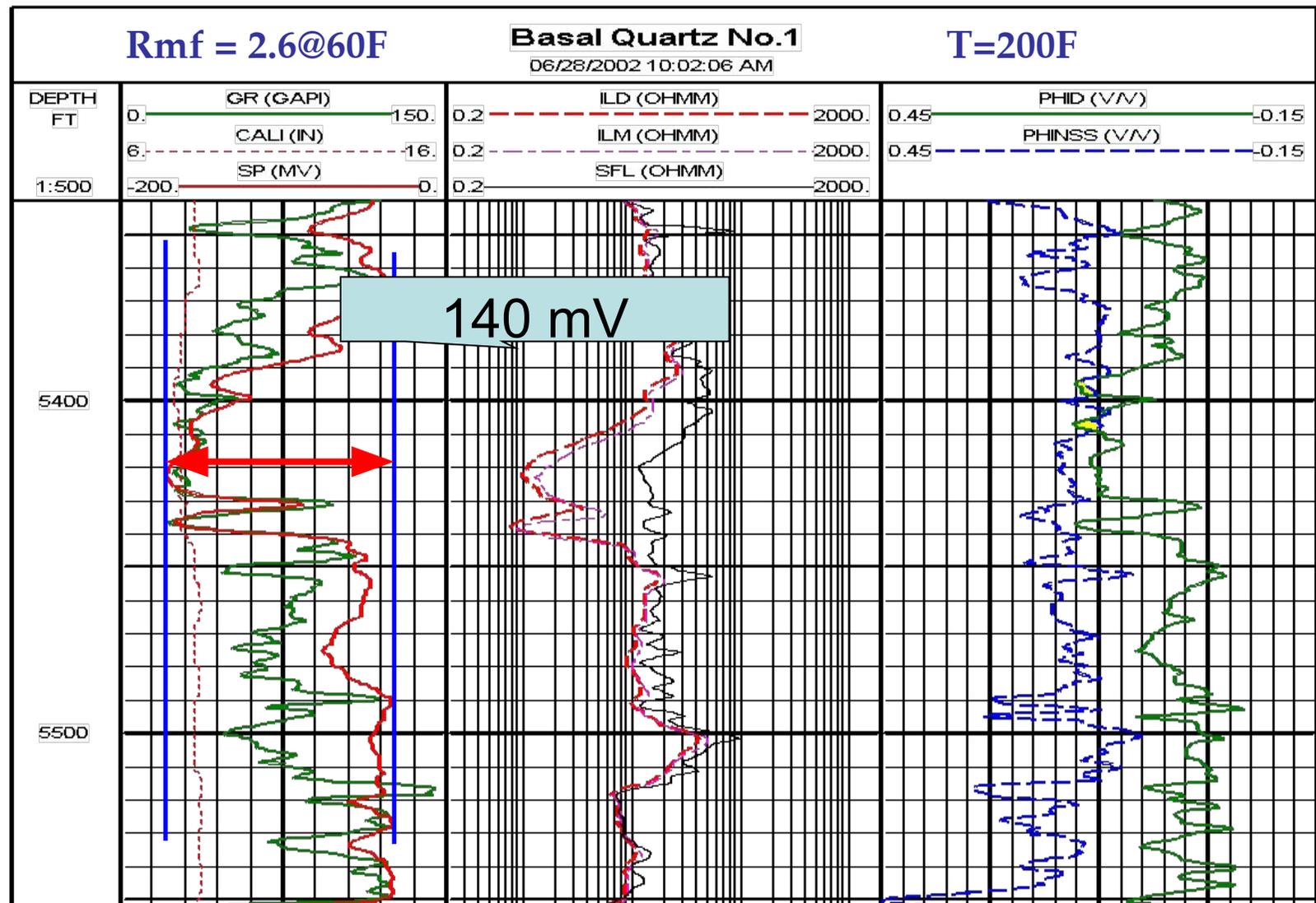
## Алгоритм

- **Получите измеренное значение  $R_{mf}$** . Температура на забое скважины берется из заголовка каротажной диаграммы (ВНТ – bottom hole temperature)
- **Вычислите  $R_{mf}$  при пластовой температуре (Gen-9).**
- **Вычислите SSP из каротажа** как максимум отклонения (в чистой, мощной водонасыщенной зоне).
- **Преобразуйте  $R_{mf}$  в  $R_{mfe}$  (эквивалентное) при температуре пласта (FT).**
- **Используя номограмму SP-1 с SSP, FT и  $R_{mfe}$ , вычислите  $R_{we}$  (эквивалентное).**
- **Из номограммы SP-2 преобразуйте  $R_{we}$  в  $R_w$  при температуре пласта**

# Исходные данные



# Вычисление SSP



# Rmf при пластовой t

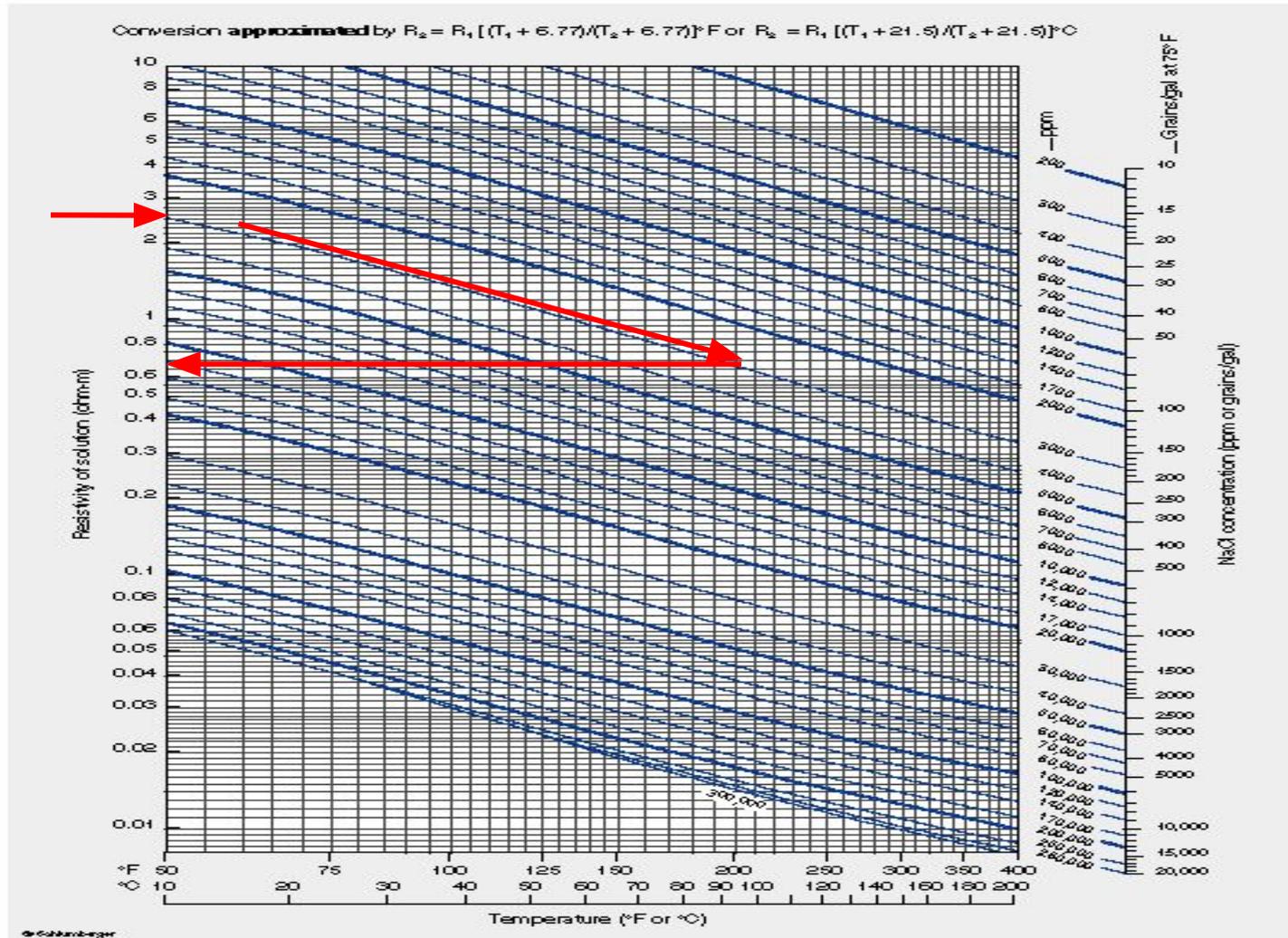
Basic Material

Resistivity of NaCl Solutions

Schlumberger

Geo-9

Geo



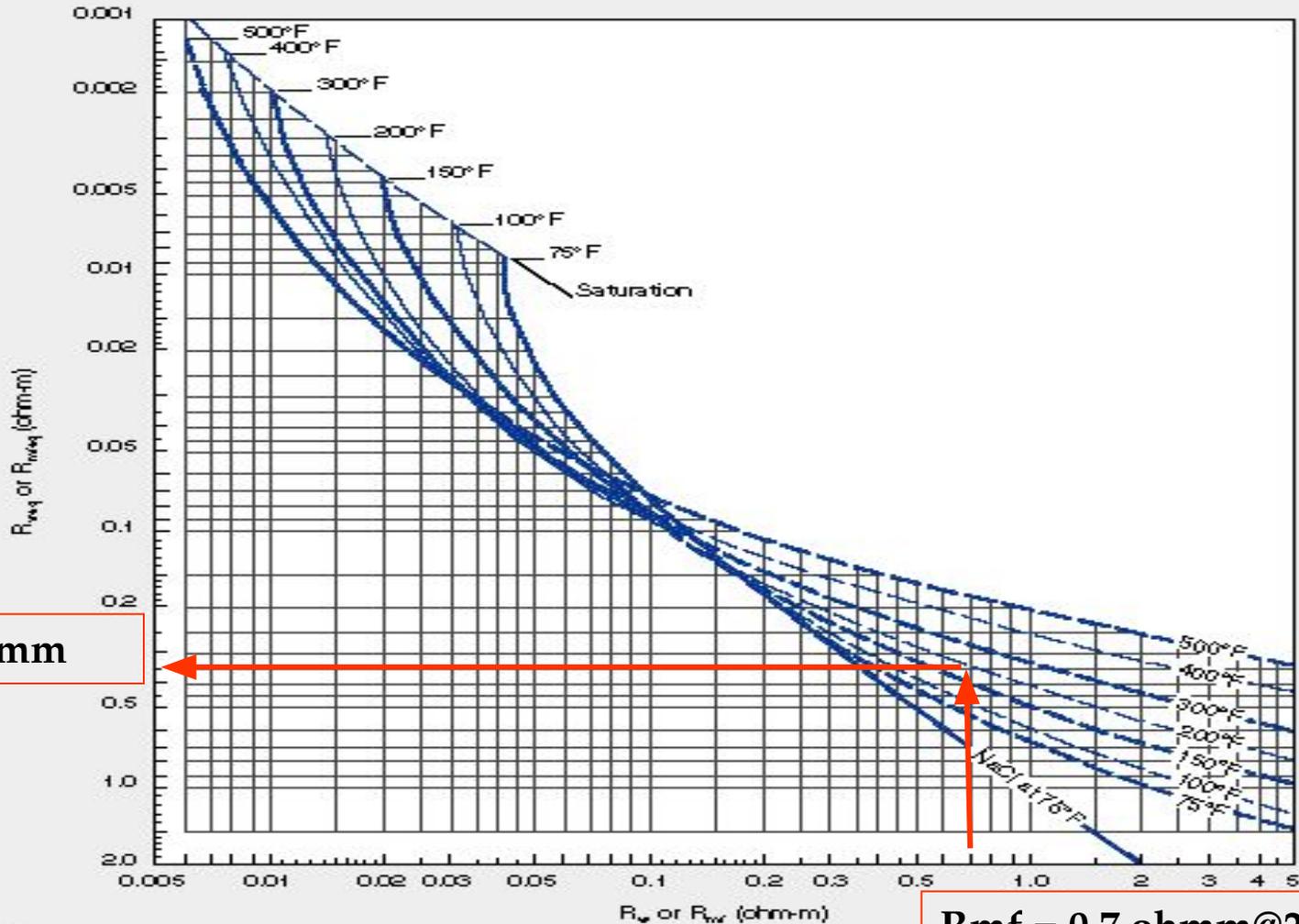
Rmf =  
2.6@60F

Rmf =  
0.7@200F

# Получение Rmfe

$R_w$  versus  $R_{weq}$  and Formation Temperature

SP-2  
(English)



$R_{mfe} = 0.35$  ohm-m

$R_{mf} = 0.7$  ohm-m@200F.

# Получение Rwe

## Gamma Ray and Spontaneous Potential

### $R_{weq}$ Determination from $E_{SSP}$ Clean Formations

This chart and nomograph calculate the equivalent formation water resistivity,  $R_{weq}$ , from the static spontaneous potential,  $E_{SSP}$ , measurement in clean formations.

Enter the nomograph with  $E_{SSP}$  in mV, turning through the reservoir temperature in °F or °C to define the  $R_{matq}/R_{weq}$  ratio. From this value, pass through the  $R_{matq}$  value to define  $R_{weq}$ .

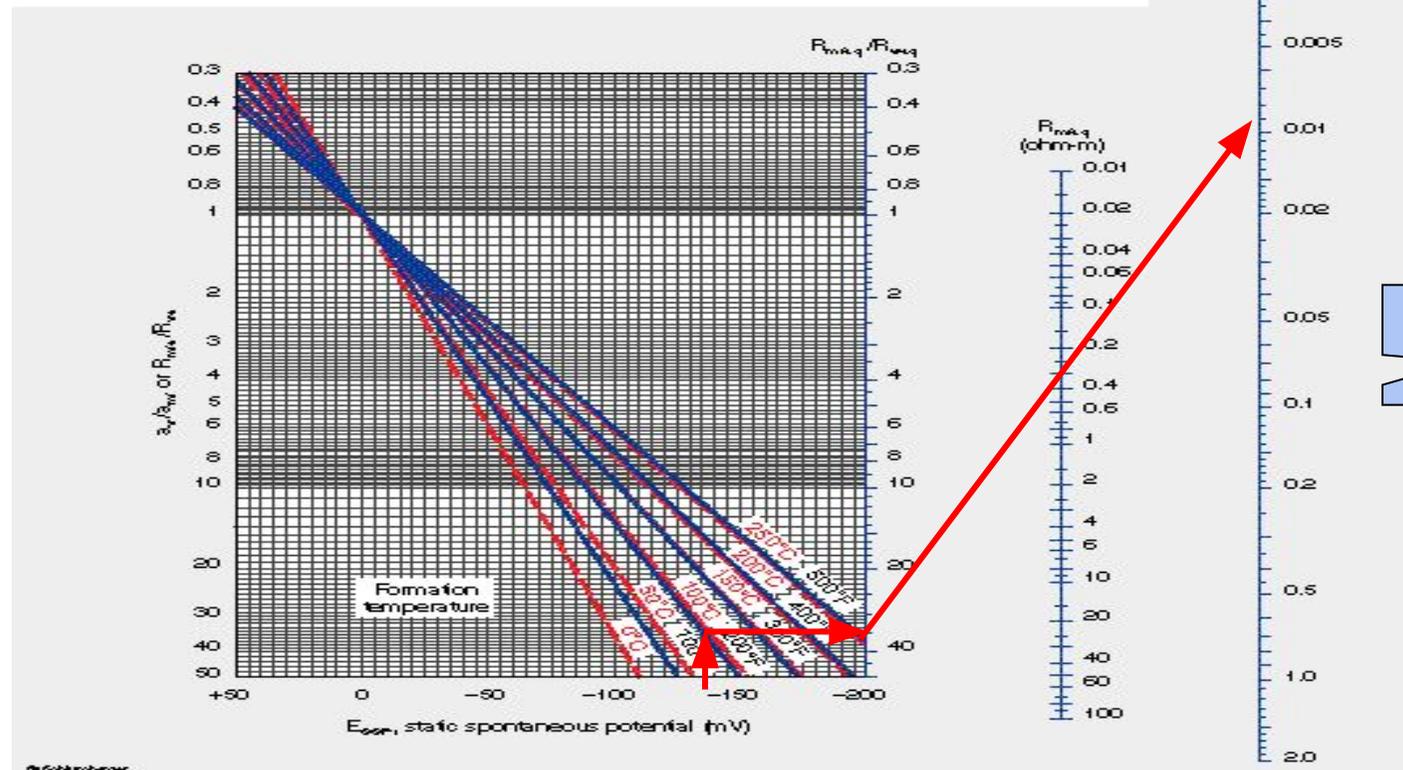
For predominantly NaCl muds, determine  $R_{matq}$  as follows:

- If  $R_{mat}$  at 75°F (24°C) is greater than 0.1 ohm-m, correct  $R_{mat}$  to formation temperature using Chart Gen-9, and use  $R_{matq} = 0.85 R_{mat}$
- If  $R_{mat}$  at 75°F (24°C) is less than 0.1 ohm-m, use Chart SP-2 to derive a value of  $R_{matq}$  at formation temperature.

*Example:*  $SSP = 100$  mV at 250°F  
 $R_{mat} = 0.70$  ohm-m at 100°F  
 or 0.33 ohm-m at 250°F  
 Therefore,  $R_{matq} = 0.85 \times 0.33$   
 $= 0.28$  ohm-m at 250°F  
 $R_{weq} = 0.025$  ohm-m at 250°F  
 $E_{SSP} = -K_c \log(R_{matq}/R_{weq})$   
 $K_c = 61 + 0.133 T_{°F}$   
 $K_c = 65 + 0.24 T_{°C}$

Schlumberger

SP-1



**$R_{we} = 0.0086 \Omega m$**

**$R_{mfe} = 0.35 \Omega m$**

**$SSP = -140$ mv  
 $FT = 200$ F**

# Получение $R_w$

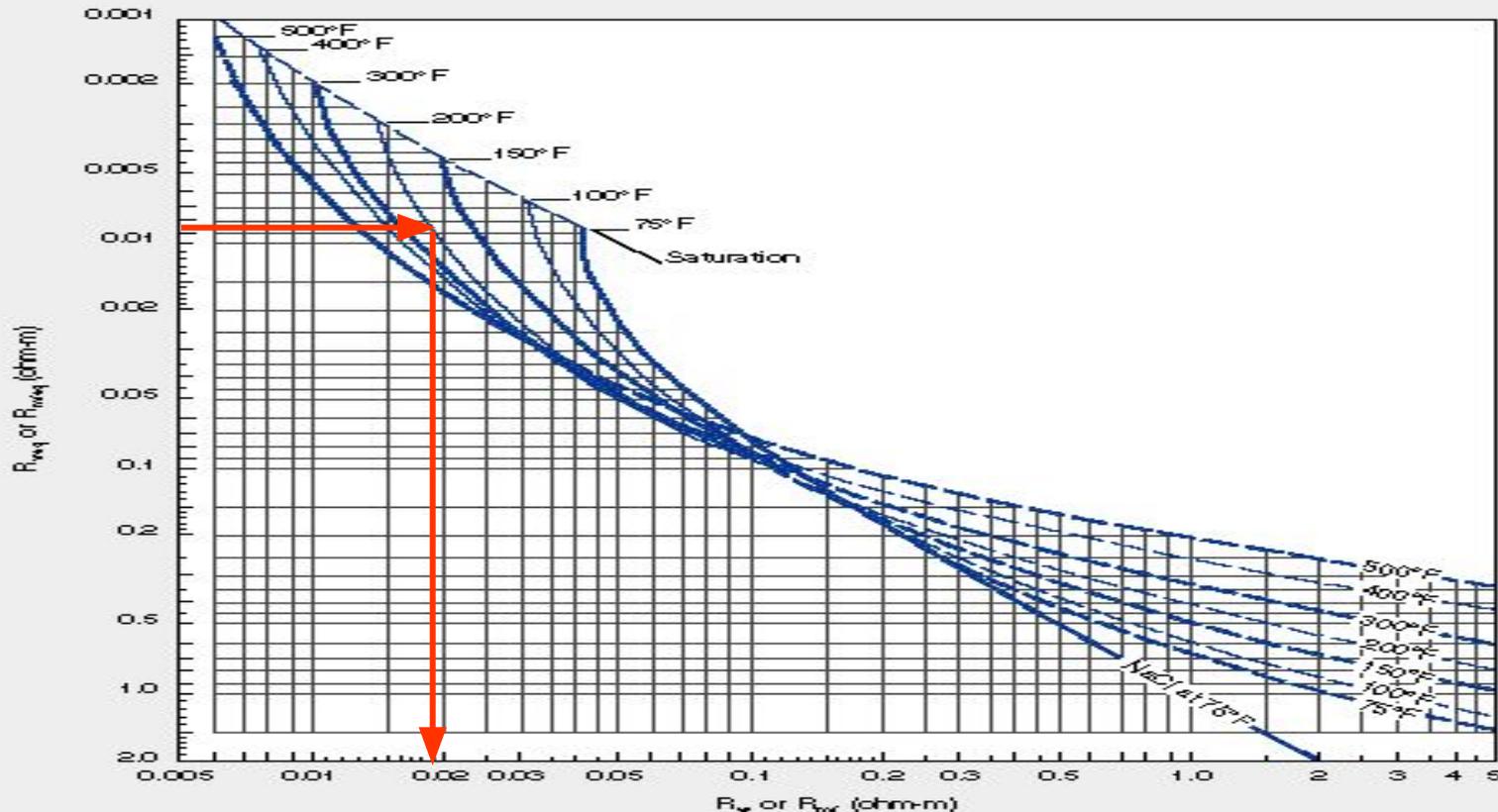
Gamma Ray and Spontaneous Potential

Schlumberger

$R_w$  versus  $R_{weq}$  and Formation Temperature

SP-2  
(English)

$R_{we} =$   
0.0086



$R_w = 0.019 \text{ ohm-m} @ \text{ FT } 200$

These charts convert equivalent water resistivity,  $R_{weq}$ , from Chart SP-1 to actual water resistivity,  $R_w$ . They may also be used to convert  $R_{ms}$  to  $R_{msaq}$  in saline muds.

Use the solid lines for predominantly NaCl waters. The dashed lines are approximate for "average" fresh formation waters (where effects of salts other than NaCl become significant). The dashed portions may also be used for gyp-base mud filtrates.

*Example:*  $R_{weq} = 0.025 \text{ ohm-m}$  at  $120^\circ\text{C}$   
From chart,  $R_w = 0.031 \text{ ohm-m}$  at  $120^\circ\text{C}$

Special procedures for muds containing Ca or Mg in solution are discussed in Reference 3. Lime-base muds usually have a negligible amount of Ca in solution; they may be treated as regular mud types.

# Резюме

- Регистрирует изменение потенциалов, вызванное электрохимической и электрокинетической активностью.
- Разделяет непроницаемые глины от проницаемых песчаников и карбонатов.
- Показания в песчаниках отклоняются влево, в глинах – вправо. (для условий Сибири).
- Разрешение хорошее в высокопористых пластах и плохое - в низкопористых.
- Величина амплитуды зависит от соотношения между сопротивлениями пластовой воды и бурового раствора.
- По диаграмме можно вычислить сопротивление пластовой воды.
- По диаграмме можно определить содержание глин.