

Геофизические исследования скважин

Лекция 11.

В чем цель?

- Увеличение разрешающей способности по сравнению с наземными измерениями
 - Получение информации о физических свойствах пород – пористости, проницаемости, насыщенности
 - Получение информации при сокращении количества керна
-

В чем особенности?

- Конструкция скважин
 - Изменение пород при бурении скважин
 - Обсаженные и открытые скважины
 - Техника и методика измерений
-

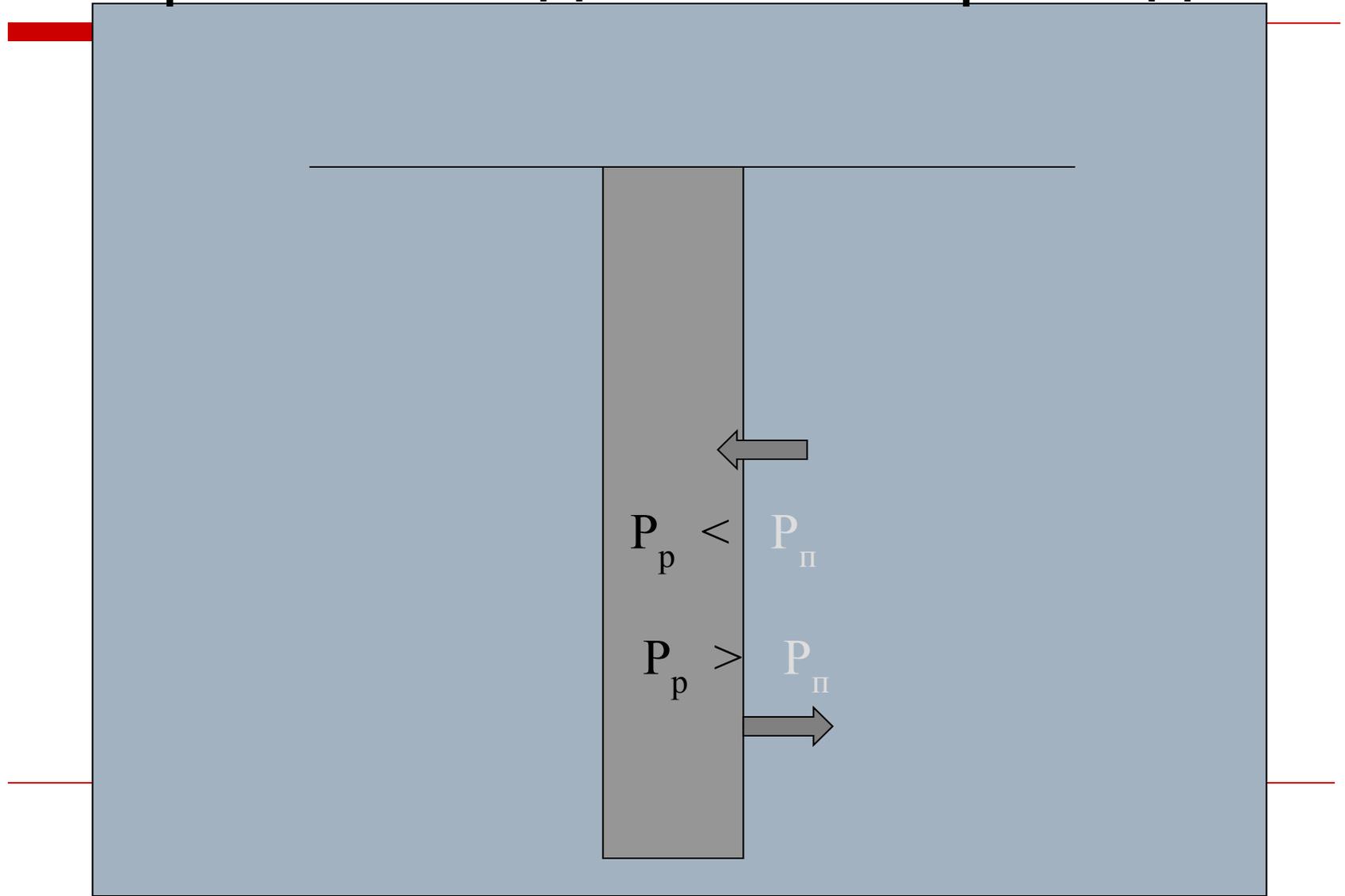
Область применения

- Нефтяные и газовые месторождения
 - Рудные месторождения
 - Месторождения подземных вод
 - Геологическое картирование
 - Инженерные изыскания
-

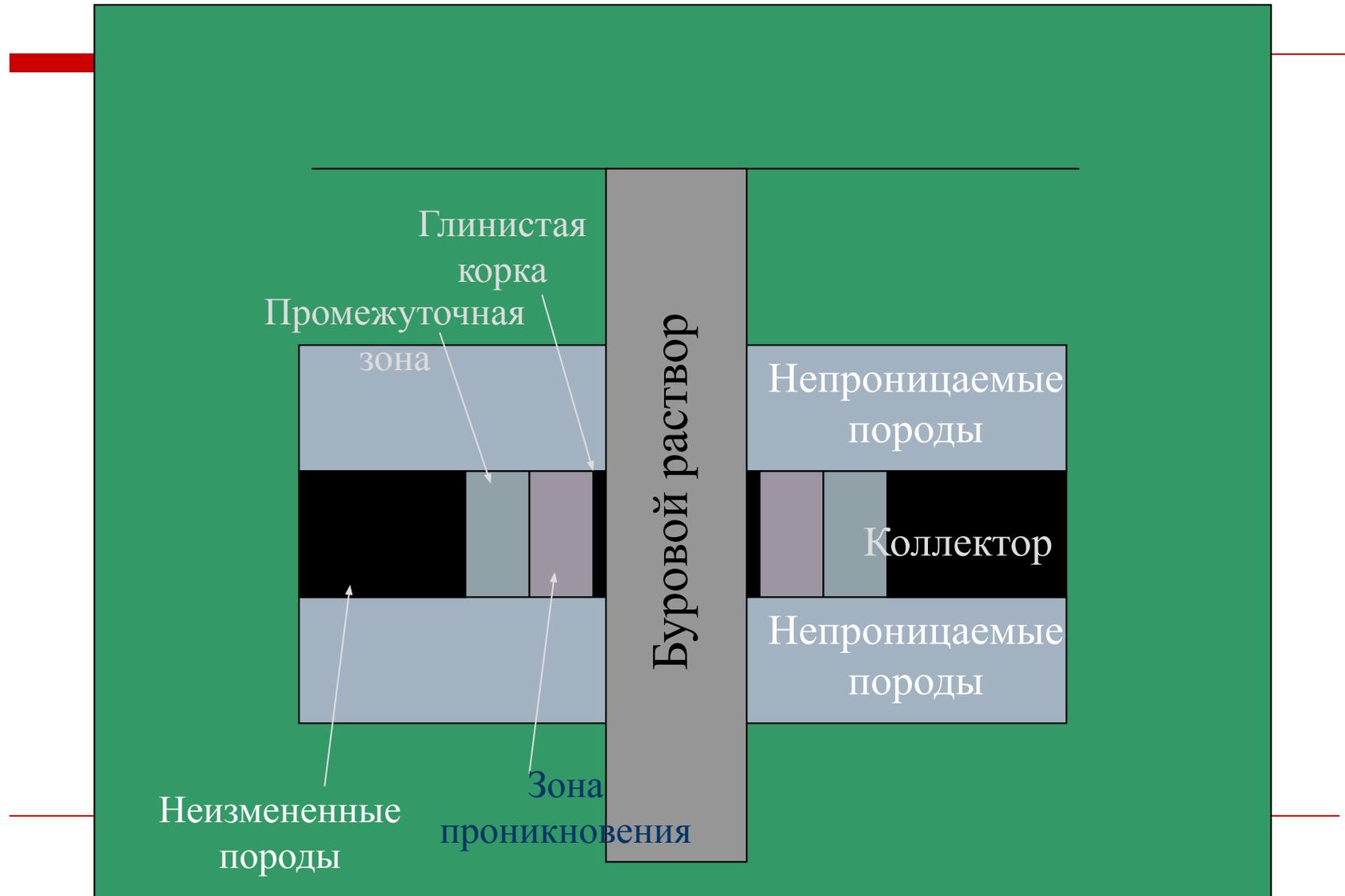
11.1 Влияние бурения скважин на породы: роль бурового раствора

- Охлаждение и смазка бурового инструмента
 - Вынос шлама на поверхность
 - Стабилизация стенок скважины
-

Направление движения флюида?



Зоны вокруг скважины



11.2 Информация о скважине

- Керн и поровая жидкость
 - Скорость бурения
 - Информация о шламе
 - Геофизические данные
-

11.3 Нефтяные скважины

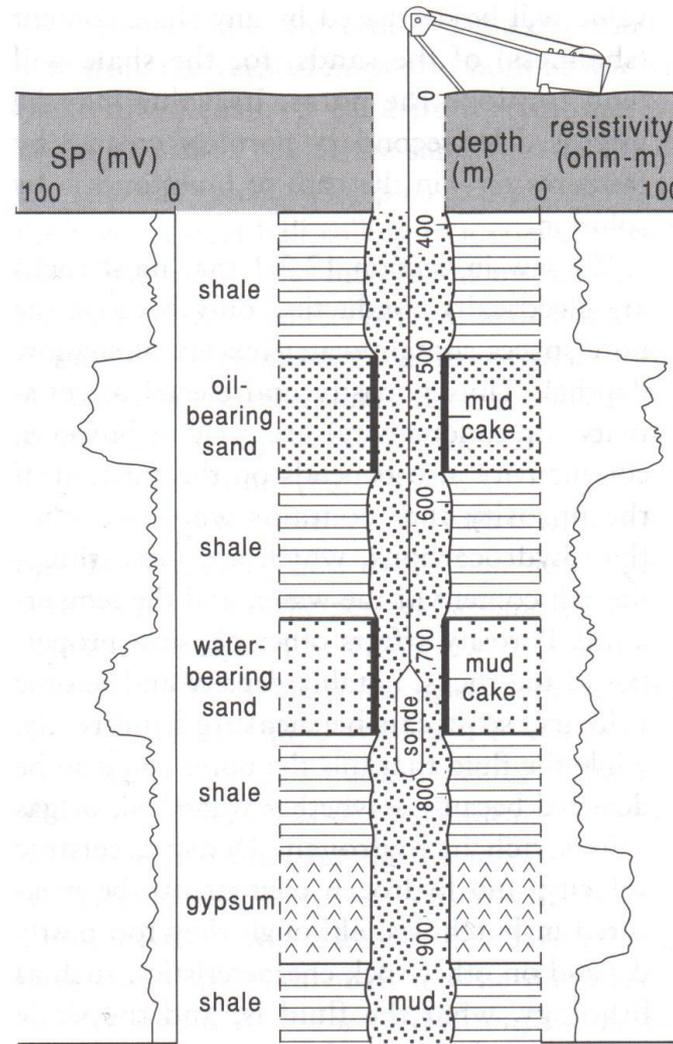
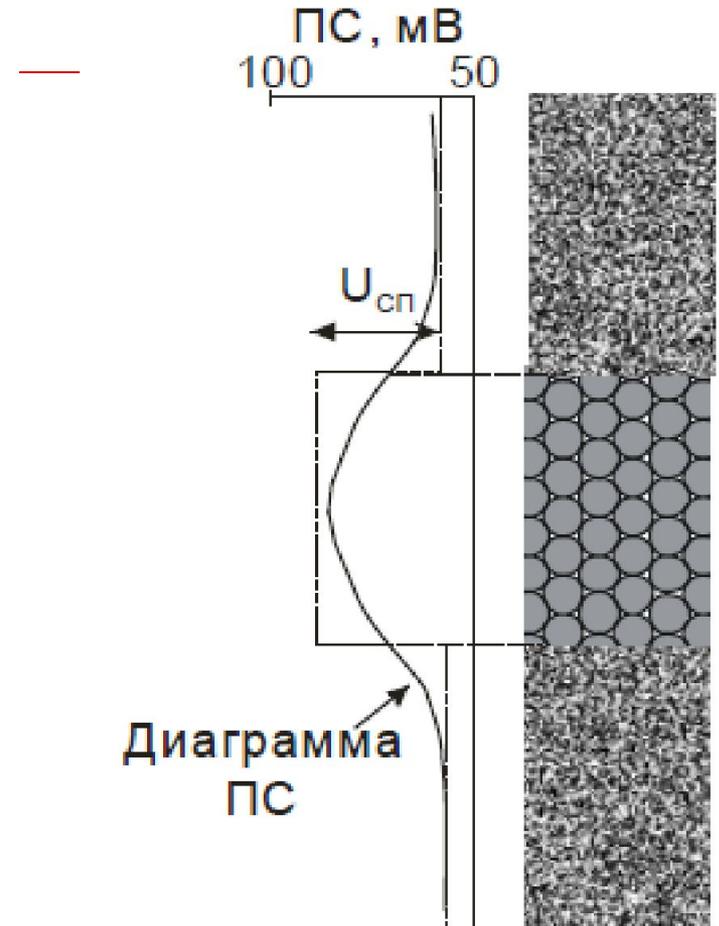
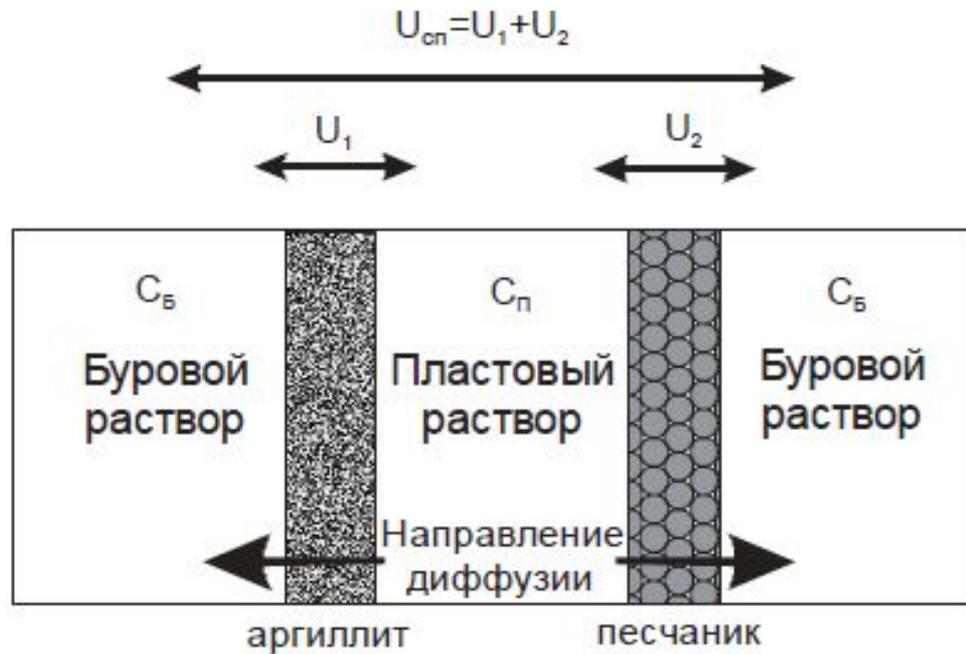


Figure 18.2 A typical well-logging arrangement and two logs.

Цель – оценка физических свойств горных пород

- Пористость
 - Нефтенасыщенность
 - Водонасыщенность
 - Проницаемость
-

Каротаж ПС



$$U_1 = K_a \ln \frac{C_P}{C_B}$$

$$U_2 = K_n \ln \frac{C_B}{C_P}$$

$$U_{сп} = (K_a - K_n) \ln \frac{C_P}{C_B}$$

$$U_{сп} \approx -70 \lg \frac{\rho_B}{\rho_P}$$

Каротаж КС

- Обычный каротаж, его недостатки
 - Каротаж фокусирующим зондом
 - Индукционный каротаж
-

Обычный каротаж КС

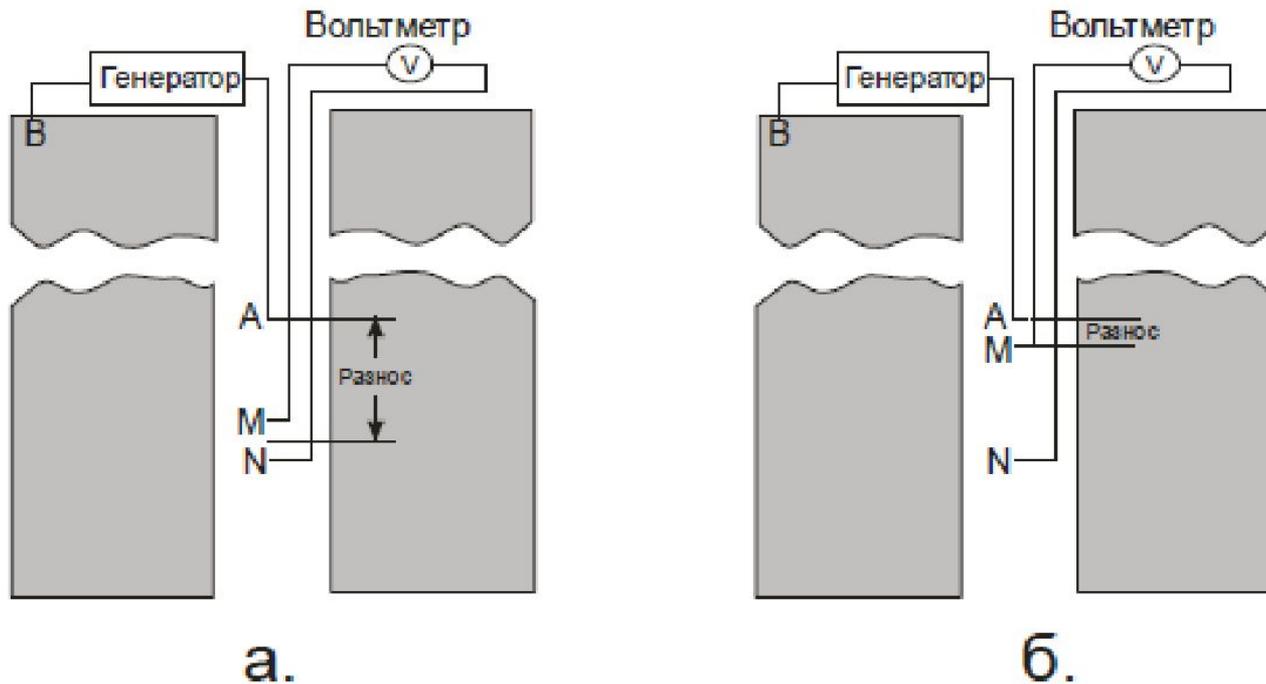


Рис. 8.6. Градиент-зонд (а) и потенциал-зонд (б) каротажа сопротивления.

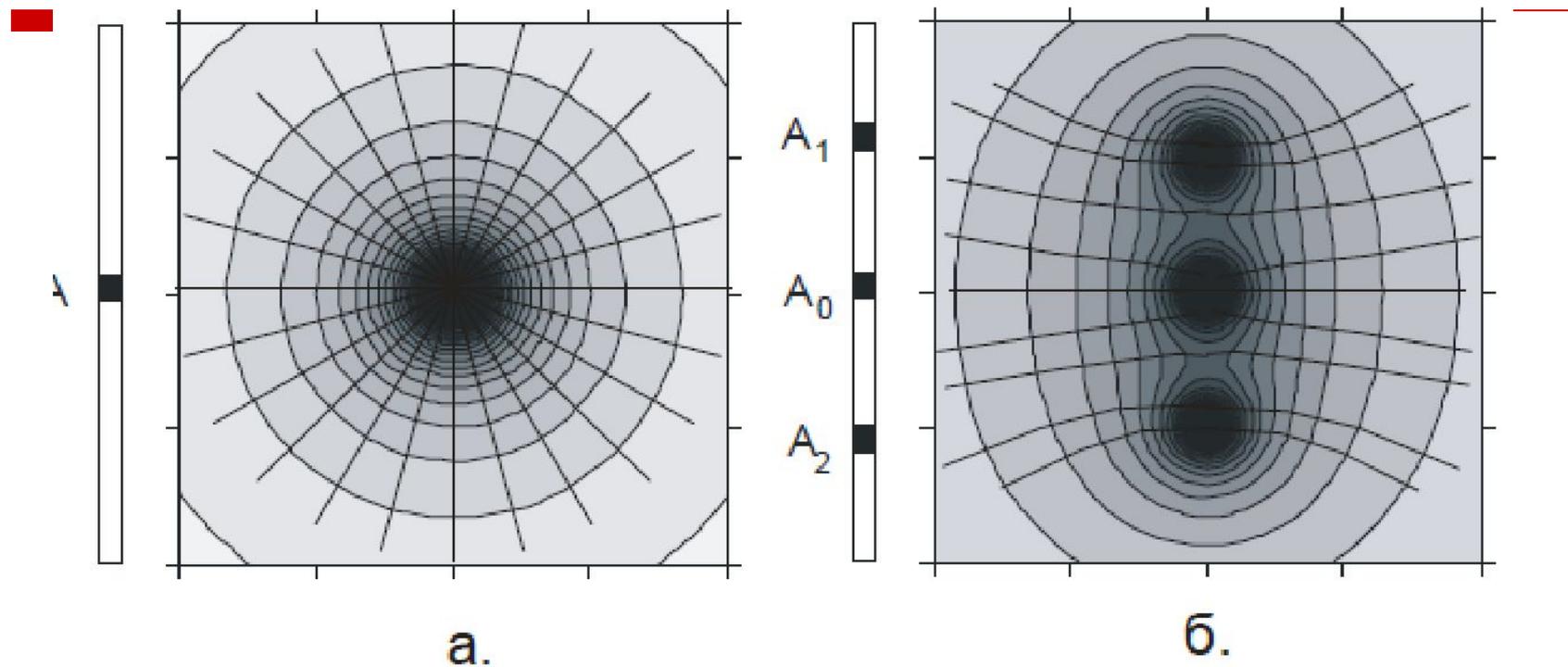
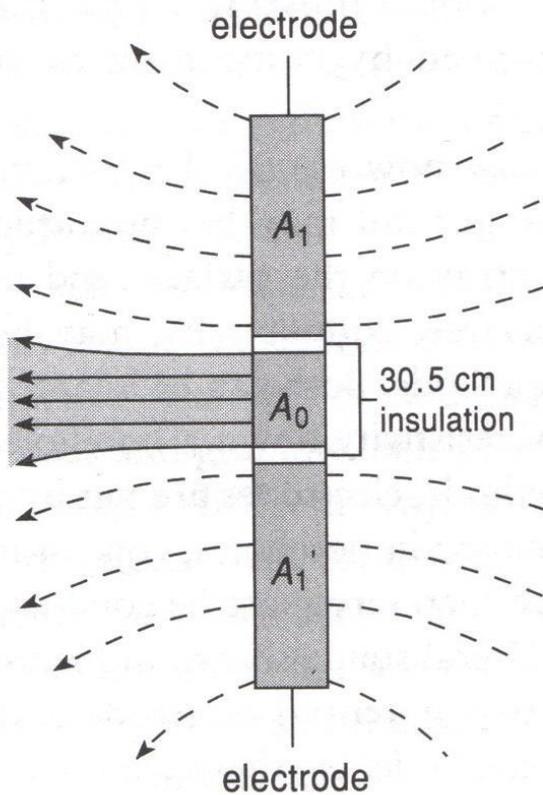


Рис. 8.7. Распределение потенциала и силовых линий электрического поля точечного источника (а) и трех точечных источников (б) в однородном пространстве.

Каротаж фокусирующим зондом

(a) laterolog 3



(b) laterolog response to resistive beds in conductive mud

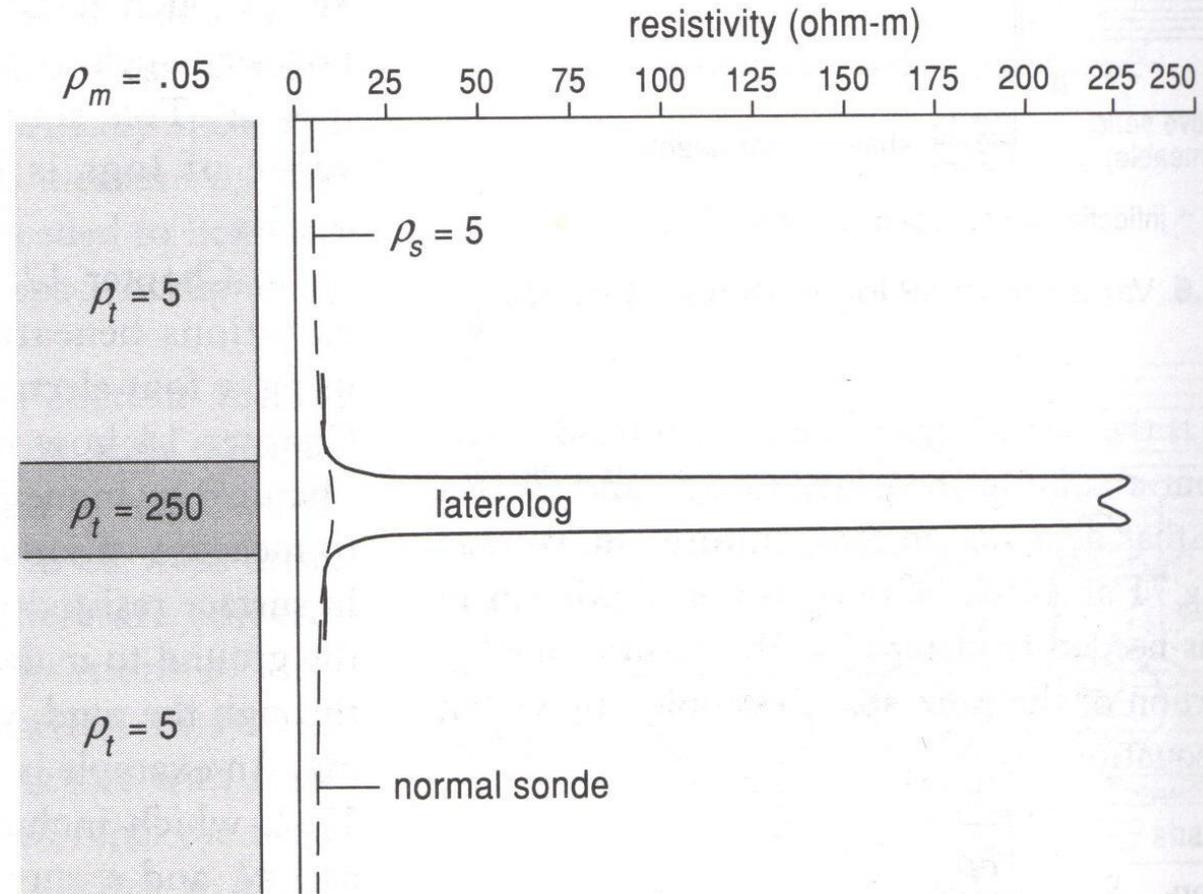


Figure 18.8 The laterolog 3.

Индукционный каротаж



Резистивиметрический каротаж

- *Резистивиметрический каротаж* используют для измерения удельного сопротивления бурового раствора. Применяется четырехэлектродный симметричный зонд небольшого размера (10-15 см). Зонд помещают в изолирующий корпус, чтобы избежать влияния стенок скважин.
-

Инклинометрия, наклонометрия, кавернометрия

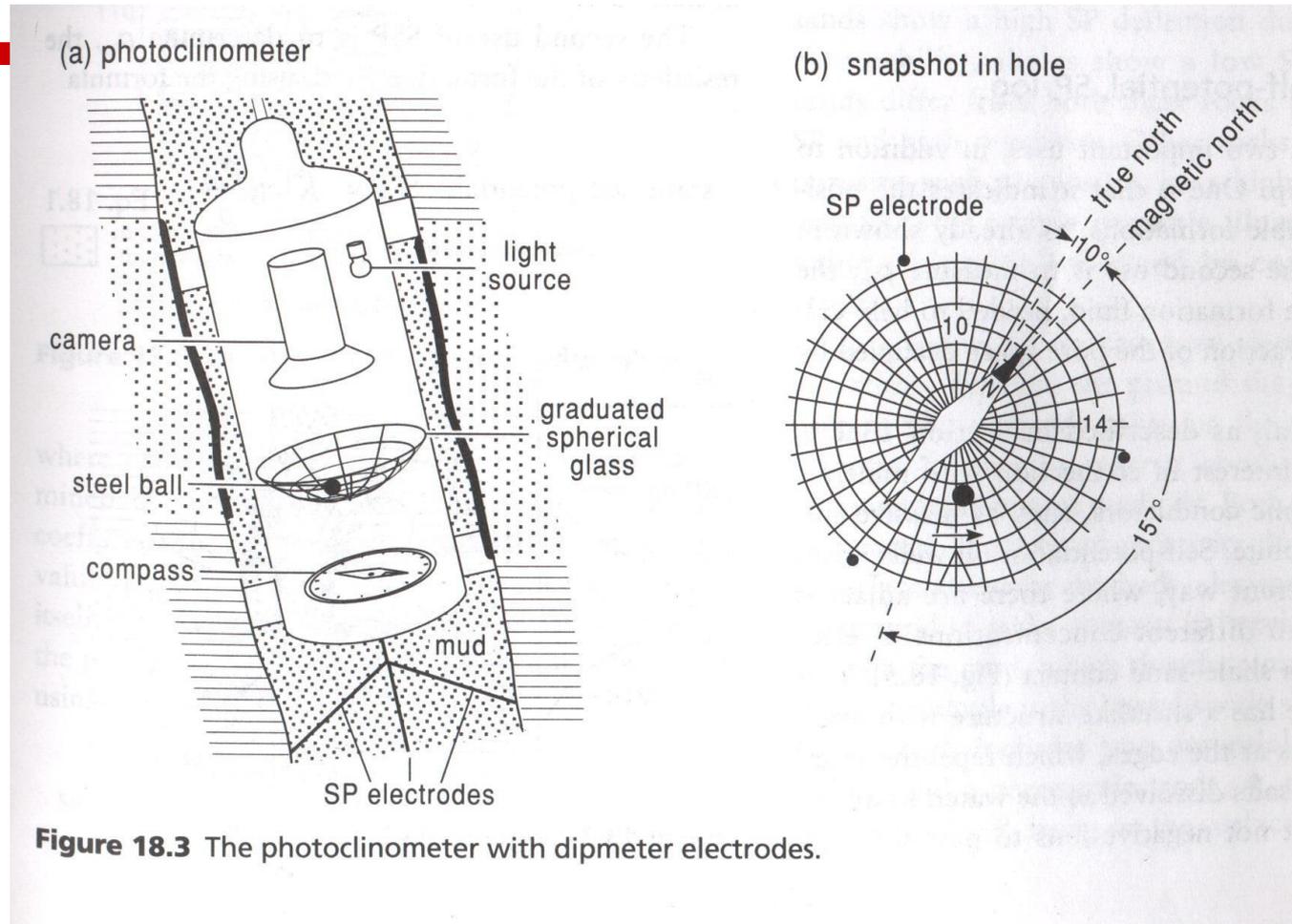


Figure 18.3 The photoclinometer with dipmeter electrodes.

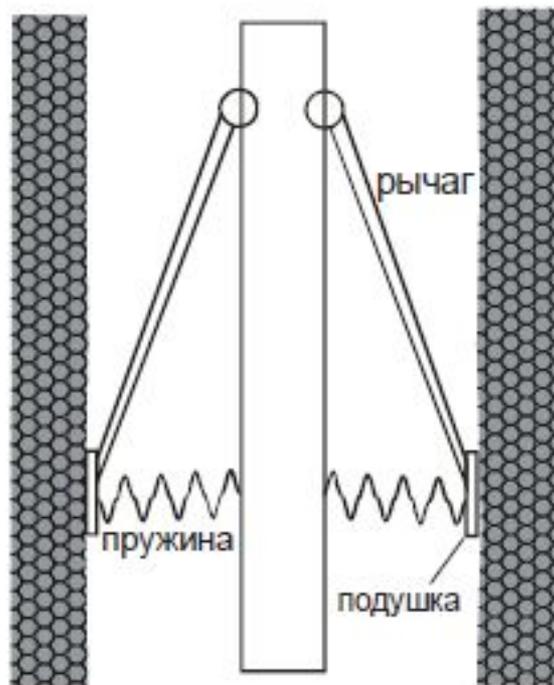


Рис. 8.3 Принцип действия
каверномера

Гамма-каротаж

$$q_{\Gamma} = \frac{I - I_{\text{МИН}}}{I_{\text{МАКС}} - I_{\text{МИН}}}$$

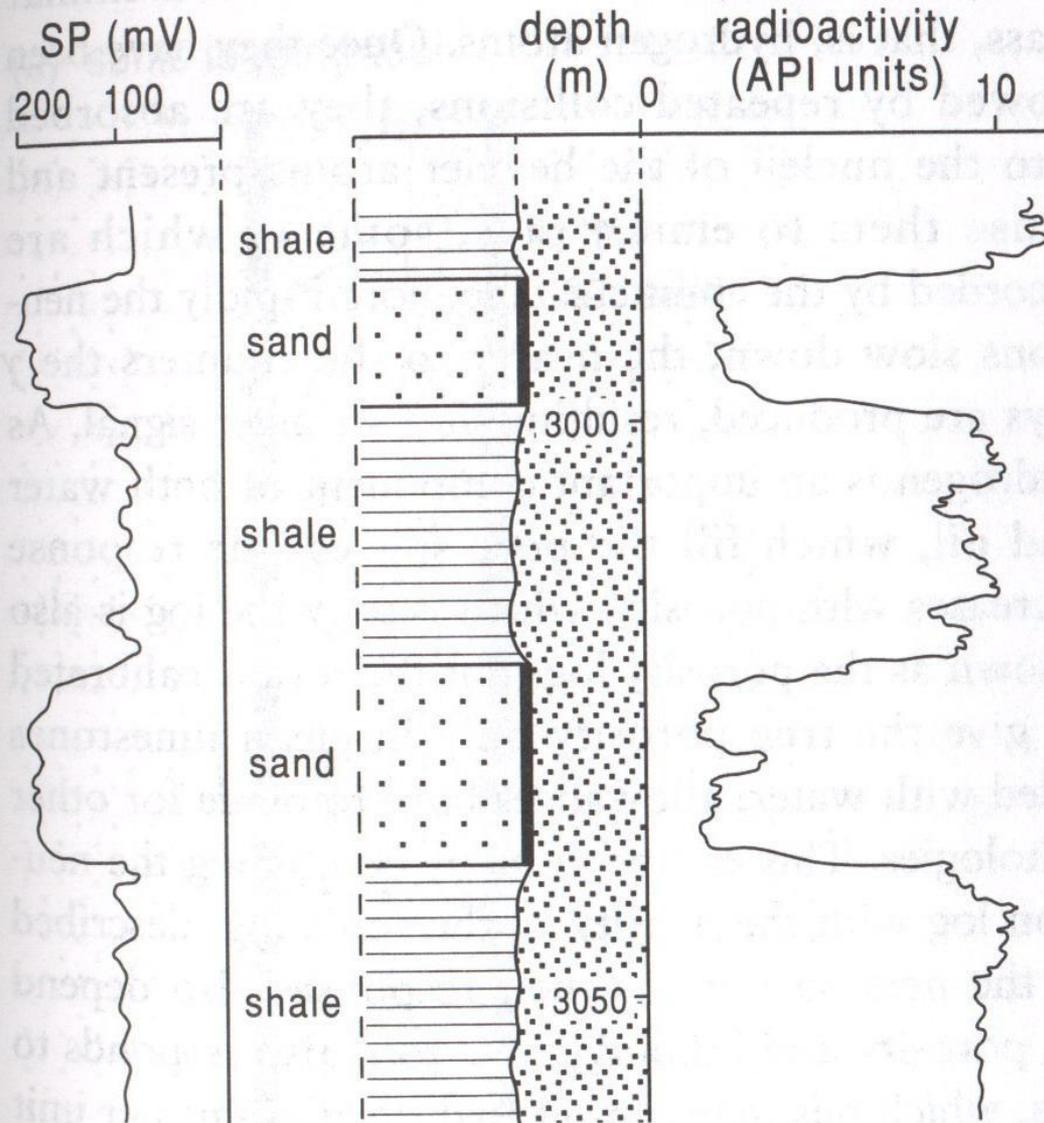


Figure 18.10 γ ray and SP logs in a sand–shale sequence.

Гамма-гамма Плотностной каротаж

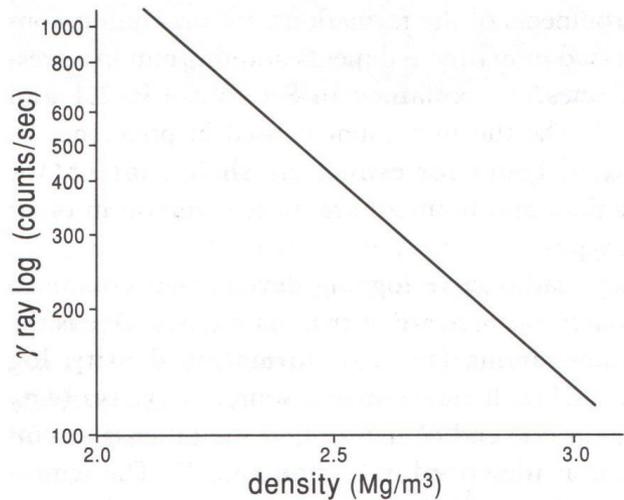


Figure 18.12 Relation between density logger count and density.

$$\sigma = \sigma_{\phi} n + \sigma_{\tau}(1 - n)$$

$$n = \frac{\sigma_{\tau} - \sigma}{\sigma_{\tau} - \sigma_{\phi}}$$

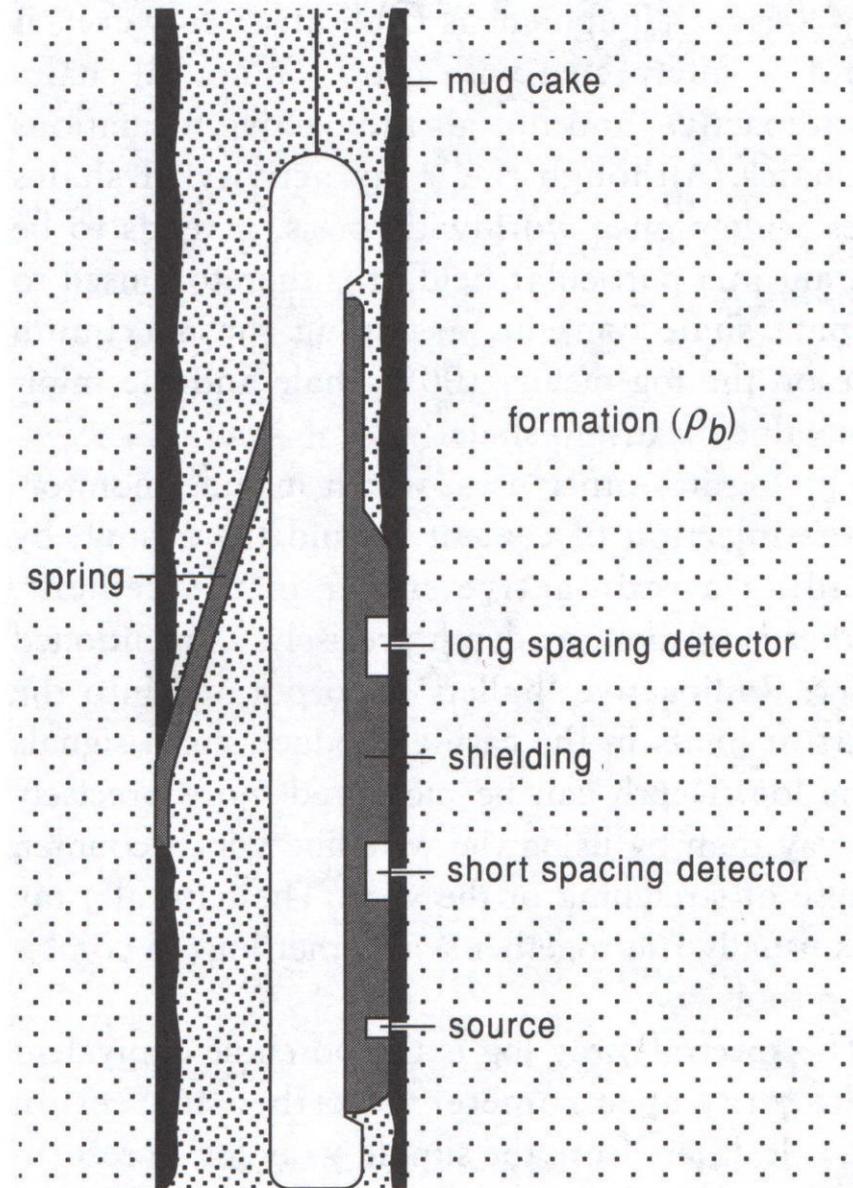


Figure 18.11 The γ - γ , or formation density, logger.

Нейтронный-гамма каротаж

Источник нейтронов: плутоний-бериллиевый

Приемник – сцинтилляционный счетчик

В основе метода: выделение гамма квантов при поглощении нейтронов ядрами водорода

Акустический каротаж

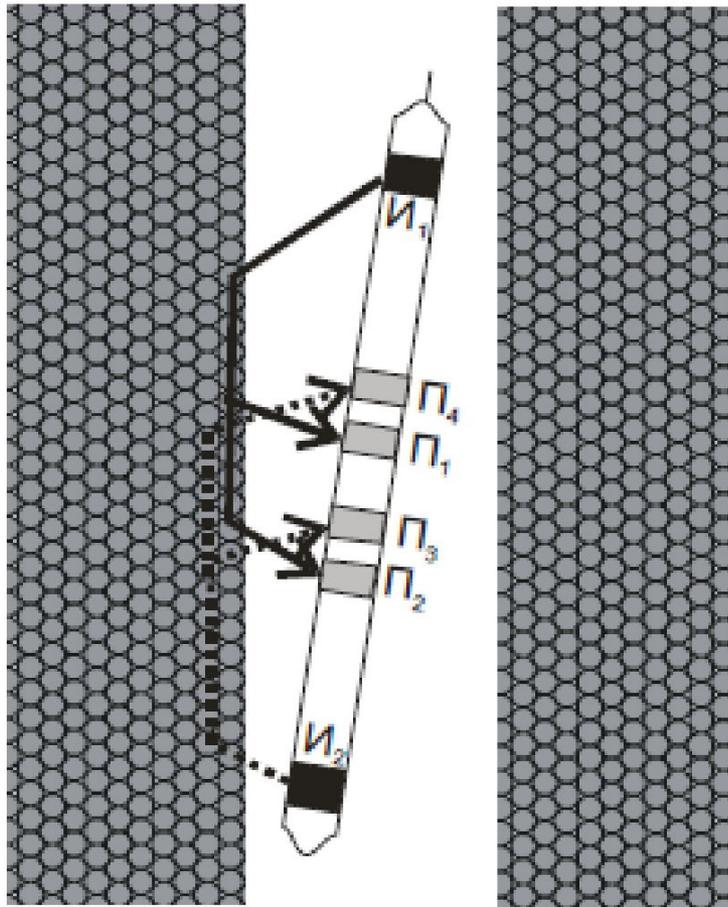
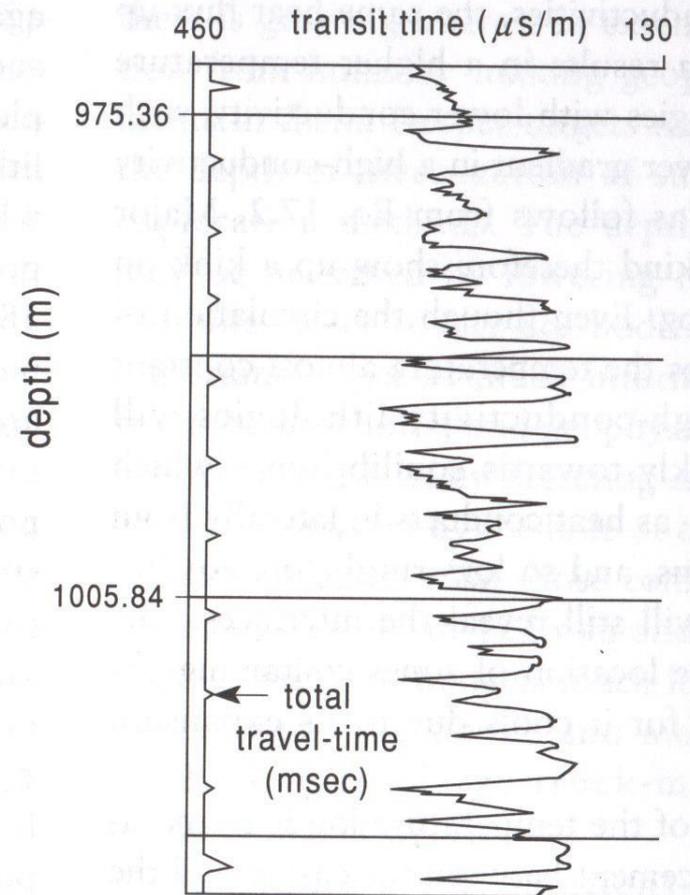


Figure 18.13 $n = \frac{\Delta t - \Delta t_T}{\Delta t_\phi - \Delta t_T}$

(b) sonic log



Интервальное время – время за которое волна распространяется на 1 м

Температурный каротаж

- Данные для геотермии
- Данные о породах с разной теплопроводностью
- Аномалии температуры в связи с водопритоком
- Поправки в сопротивление

$$\rho(t) = \rho_{18} (1 + \alpha(18 - t))$$

$$\alpha = 2.2 \times 10^{-2}$$

градус⁻¹

Ядерно-магнитный каротаж

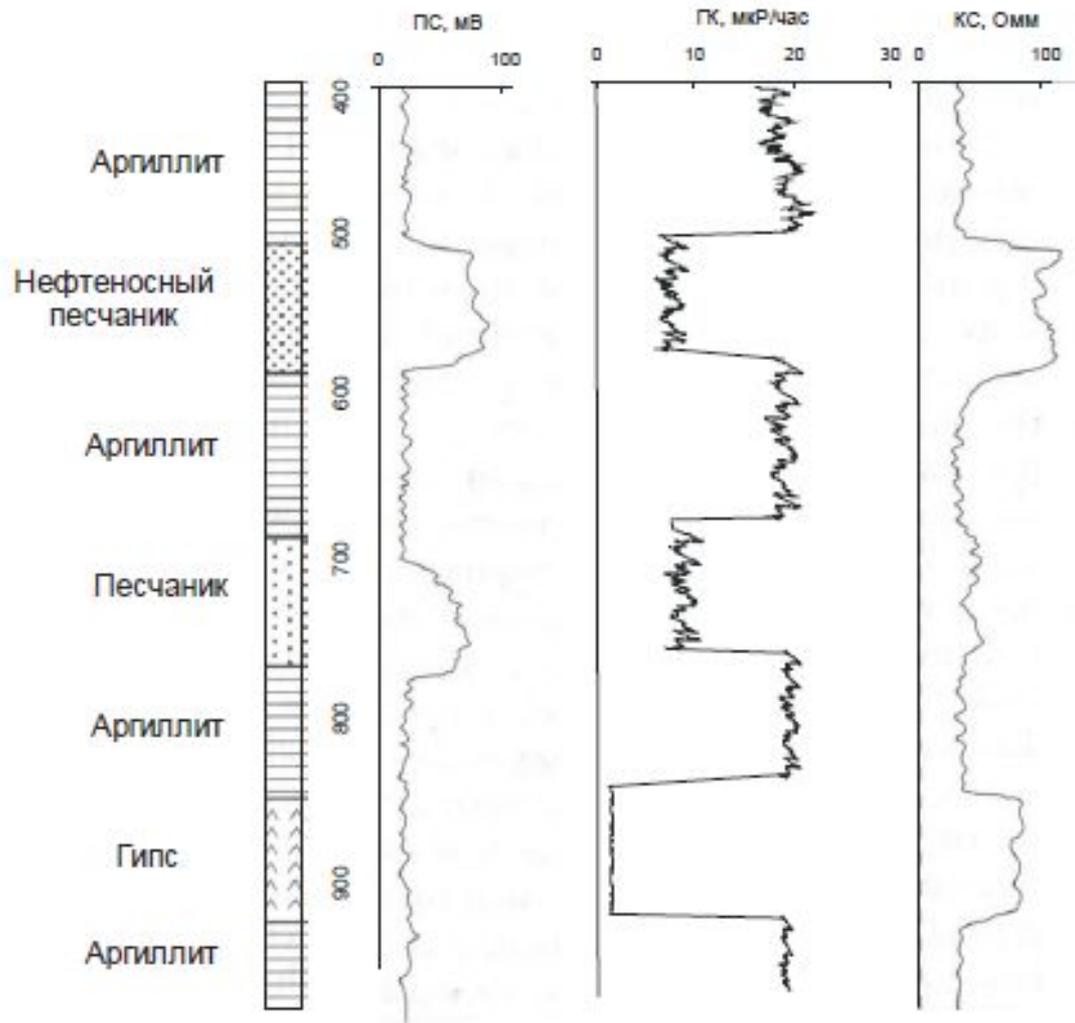
- Виды пористости
 - Измерение э.м. поля ядер под действием внешнего импульсного магнитного поля
 - Амплитуда э.м. поля относительно велика только для протонов, входящих в состава свободной жидкости
 - Объем свободного флюида отнесенный к объему породы называют индексом свободного флюида.
-

Прочие виды каротажа

- Каротаж магнитной восприимчивости
 - Каротаж ВП
 - Расходомерный каротаж
-

Применение каротажа в нефтегазовом деле

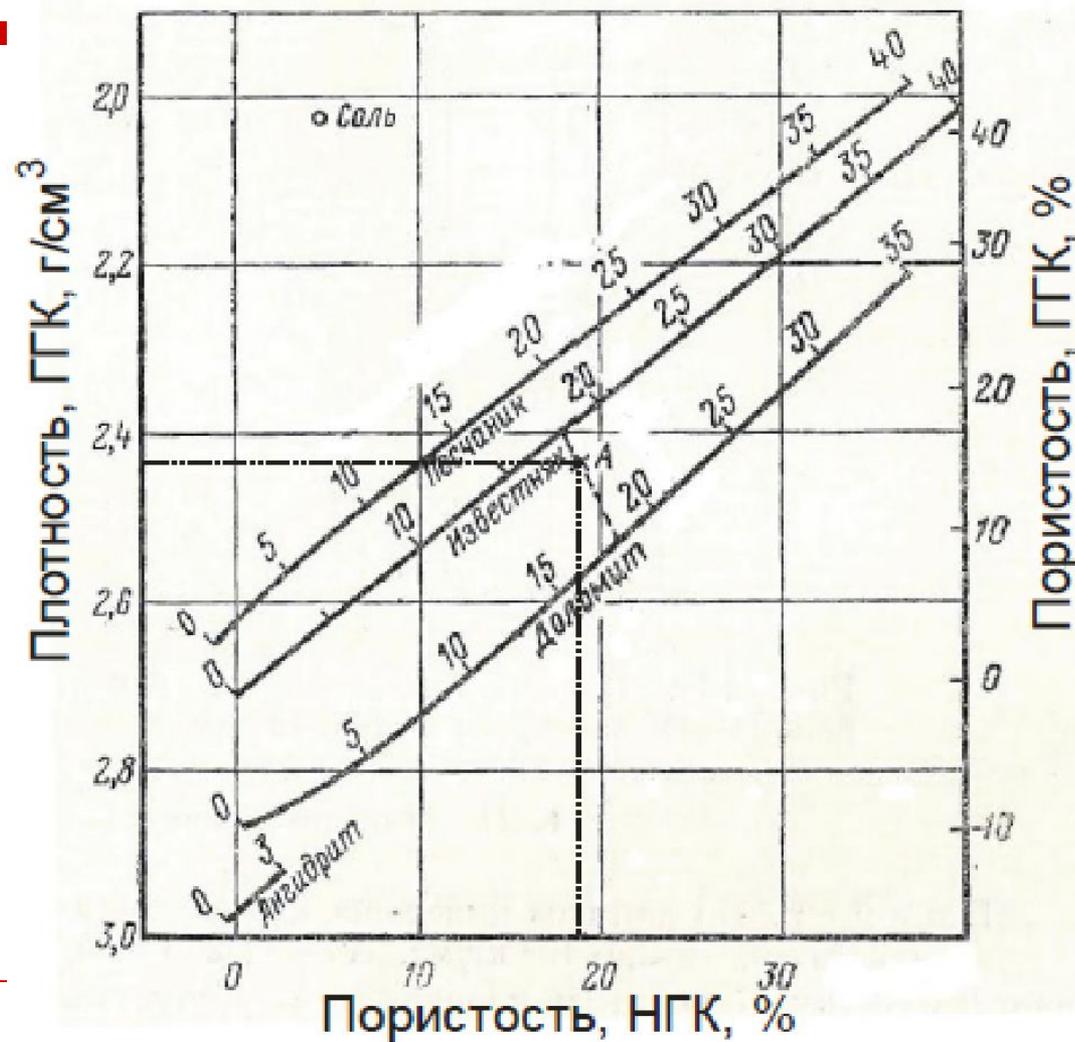
$$U_{СП} \approx -70 \lg \frac{\rho_B}{\rho_{П}}$$



$$S = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{\rho_{П}}{\rho}}$$

$$S_H = 1 - S$$

Анализ данных



11.4 Особенности каротажа рудных скважин

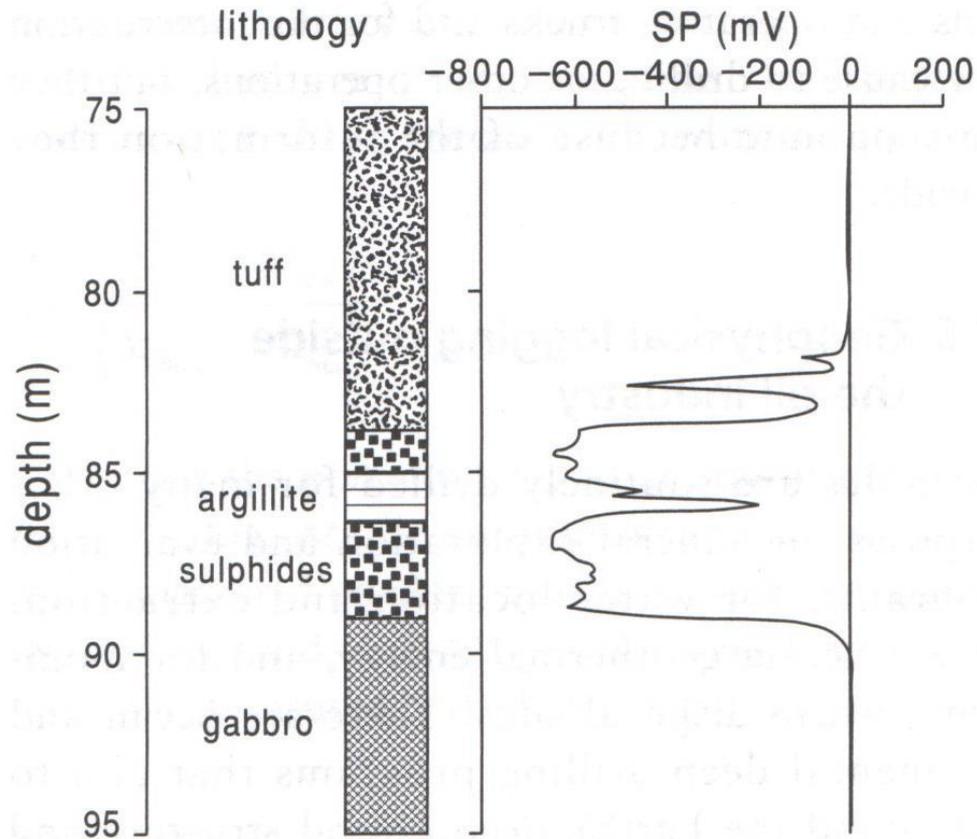


Figure 18.15 Self-potential log through a massive sulphide deposit, New Brunswick.

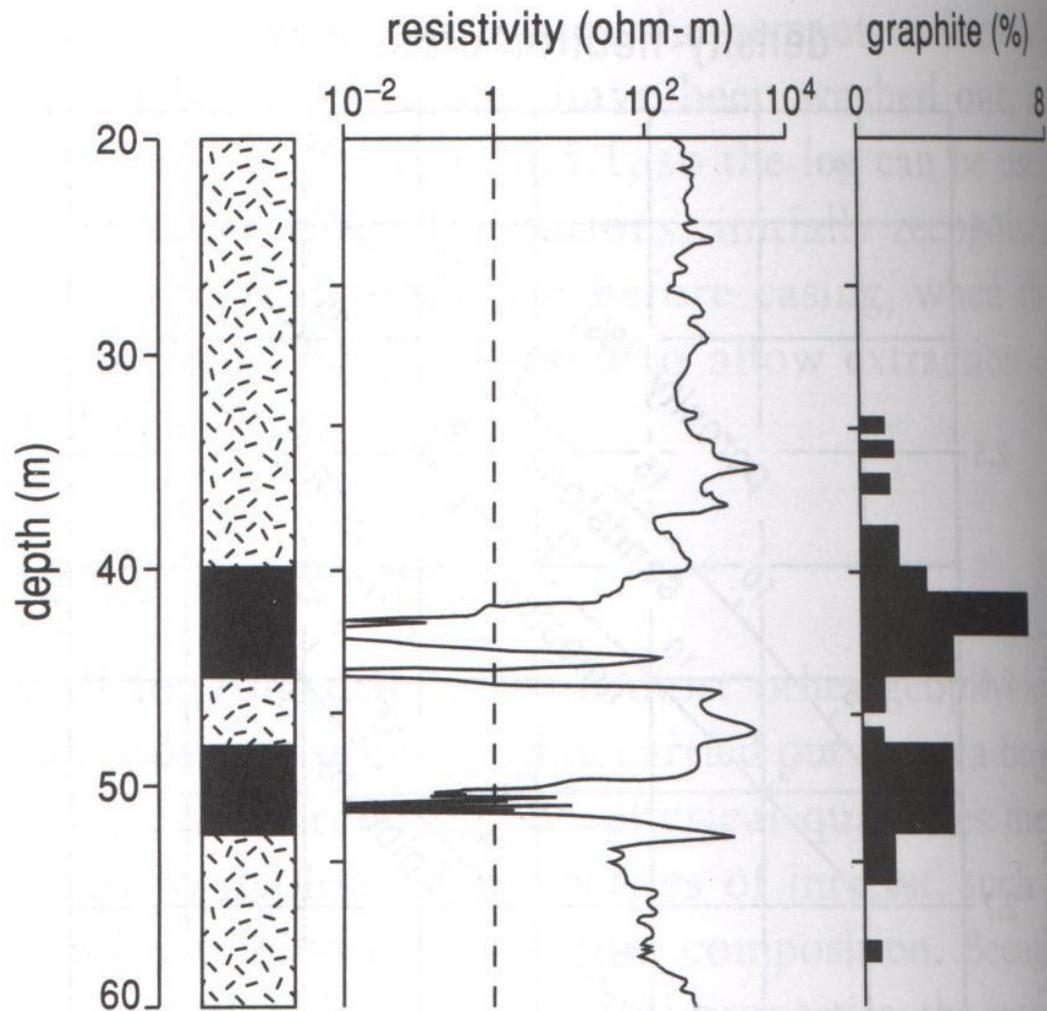


Figure 18.16 Resistivity through a graphite deposit, Canada.

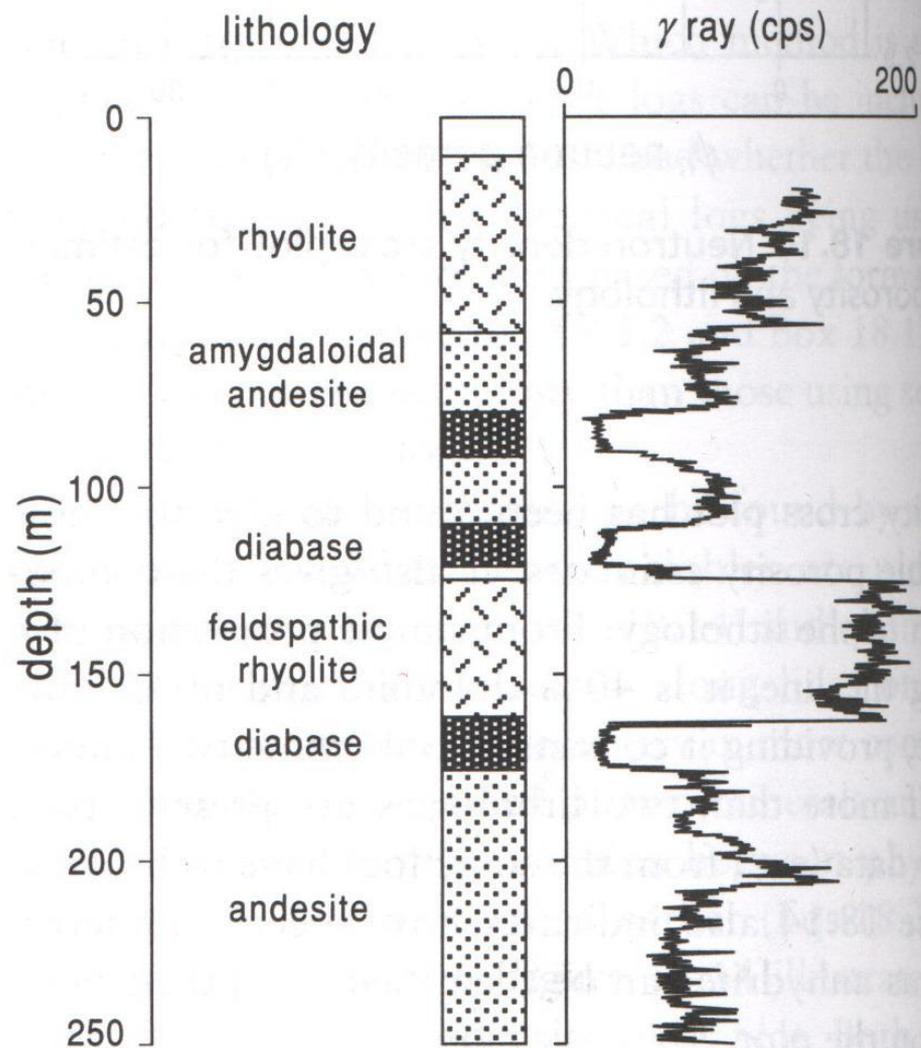


Figure 18.17 γ ray log, Buchan's Mine, Newfoundland.

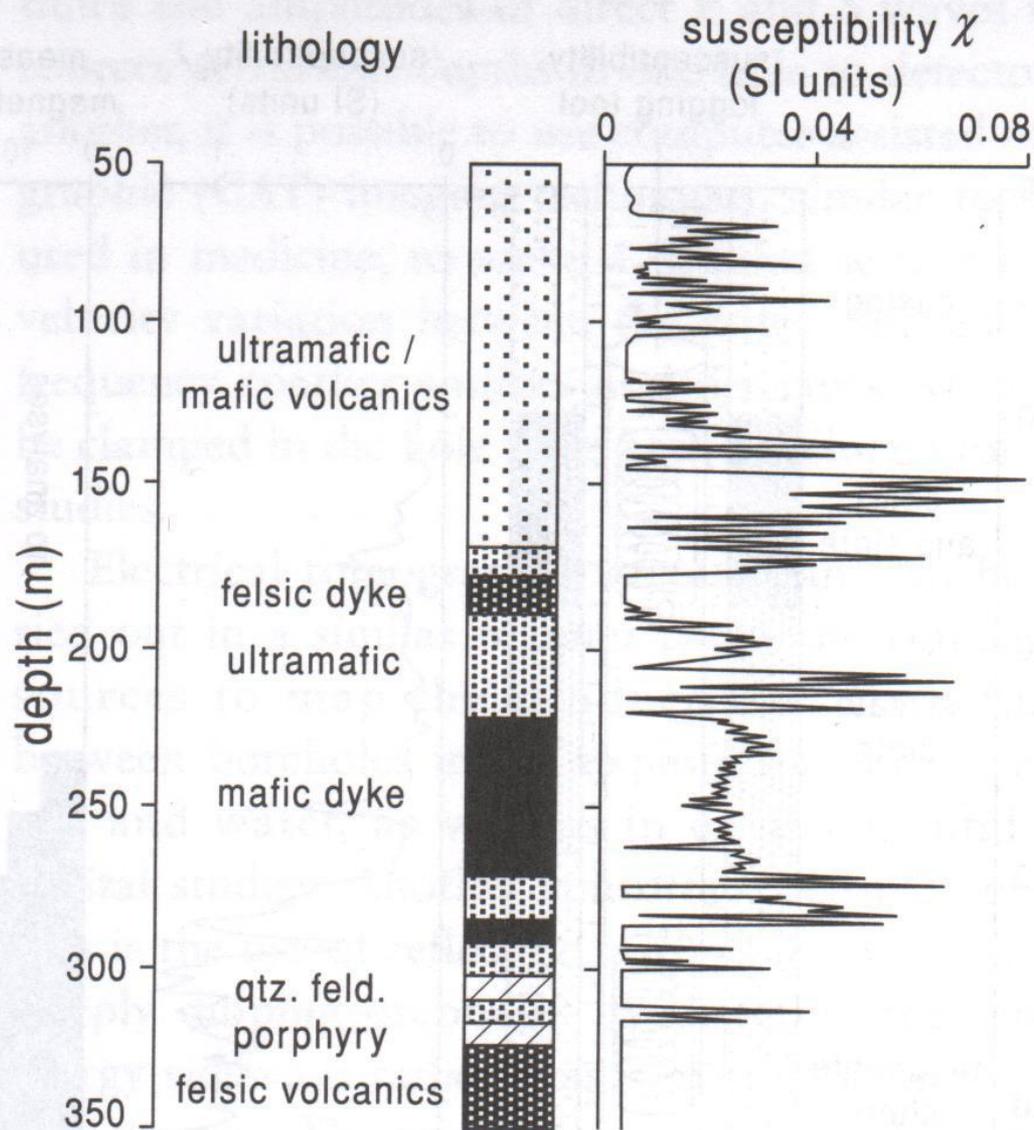
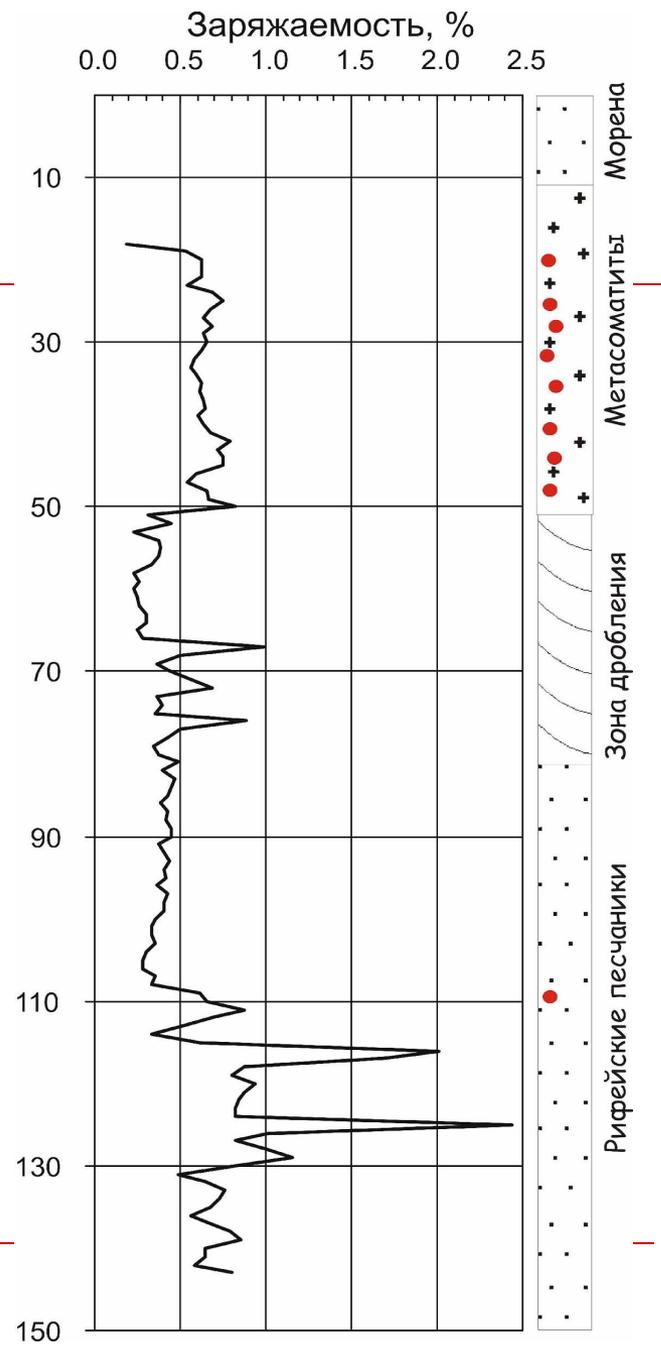


Figure 18.19 Borehole magnetic susceptibility log, nickel deposit.

Каротаж ВП



Контрольные вопросы

- Какие изменения происходят с породами в процессе бурения скважин?
 - Как определить диаметр, угол наклона и азимут скважины?
 - В чем преимущество бокового каротажа по сравнению с каротажем градиент-зондом?
 - Какие причины приводят к возникновению ПС?
 - Какую информацию получают по данным каротажа ПС?
 - Как оценить электропроводность пород в скважинах с пластиковой обсадкой?
 - Какие виды каротажа основаны на регистрации гамма-излучения?
 - Как оценить содержание глины в песчано-глинистых породах?
-

Контрольные вопросы

- Какие параметры определяют по данным акустического каротажа? Можно ли их использовать при интерпретации данных наземной геофизики?
 - Какими методами каротажа можно оценить пористость пород?
 - Какие виды каротажа используют в нефтяной геологии?
 - По каким признакам выделяют нефтеносные коллекторы, как их отличить от водоносных горизонтов и пластов гипса?
 - Какие виды каротажа используют для разведки сплошных сульфидных руд, вкрапленных руд, руд, ассоциированных с ферромагнитными минералами?
-