

# Электроразведка

*Электроразведка* - часть разведочной геофизики, в которой с помощью электромагнитных полей изучают строение Земли с целью поиска полезных ископаемых и решения других прикладных задач.

Электроразведка основана на различии *электромагнитных свойств* горных пород и руд

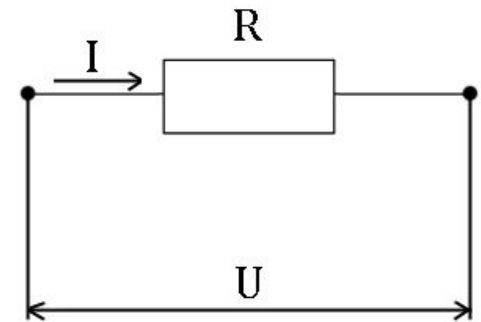
# Закон Ома

В 1826 немецкий физик Георг Симон Ом публикует свою работу «Определение закона, по которому металлы проводят контактное электричество», где дает формулировку знаменитому закону.

**Закон Ома** – физическая закономерность, которая определяет взаимосвязь между током, напряжением и сопротивлением проводника.



Формулировка **закона Ома** – сила тока прямо пропорциональна напряжению, и обратно пропорциональна сопротивлению.



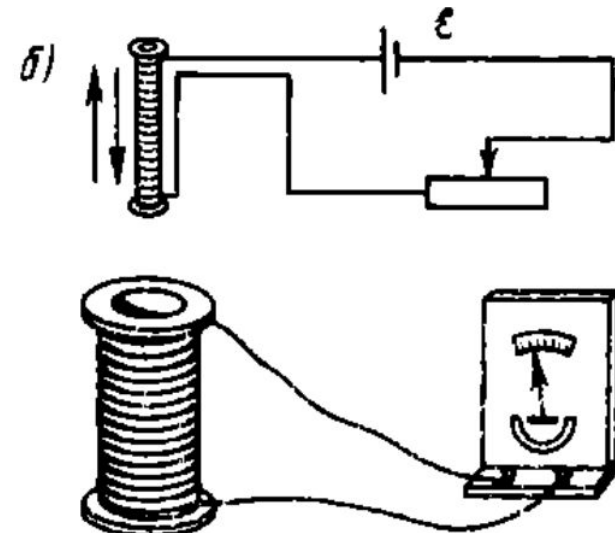
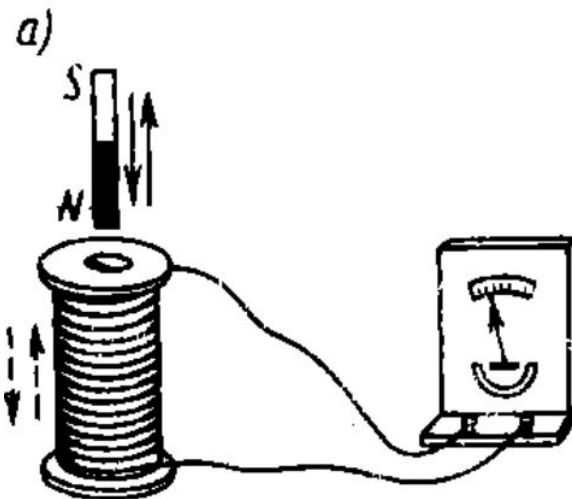
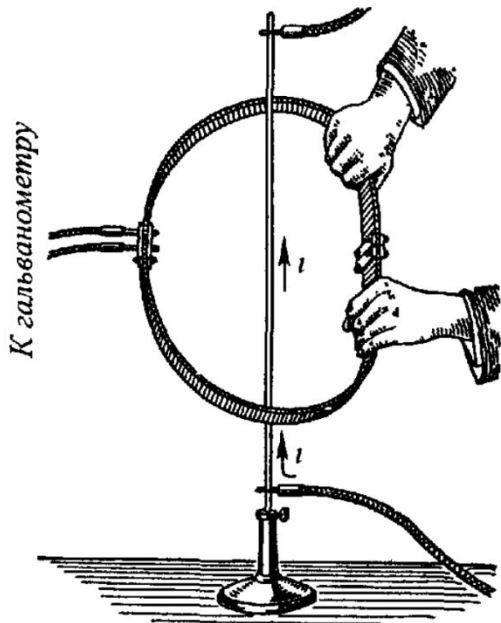
$$I = \frac{U}{R}$$

# Закон электромагнитной индукции Фарадея



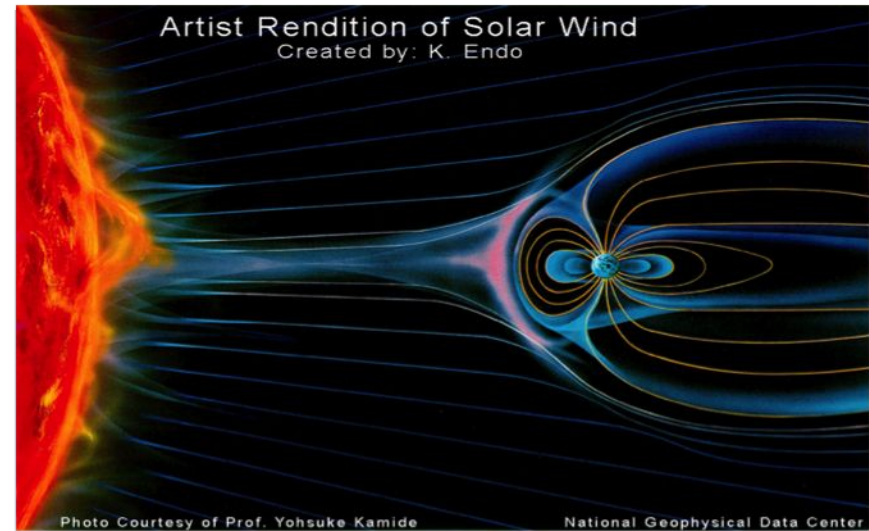
В 1831 г. М. Фарадеем было сделано одно из важнейших фундаментальных открытий в электродинамике – обнаружено явление **электромагнитной индукции**.

*В замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока,  $\Gamma_B$  охватываемого этим контуром, возникает электрический ток.*



# Источники естественного электромагнитного поля Земли

- 1. Электрические процессы в ионосфере и магнитосфере



## 2. Электрические процессы в атмосфере



### Электромагнитное поле грозовых разрядов

– поле сложного взаимодействия метеорологических и электрических процессов, приводящих к грозовым разрядам (молниям).

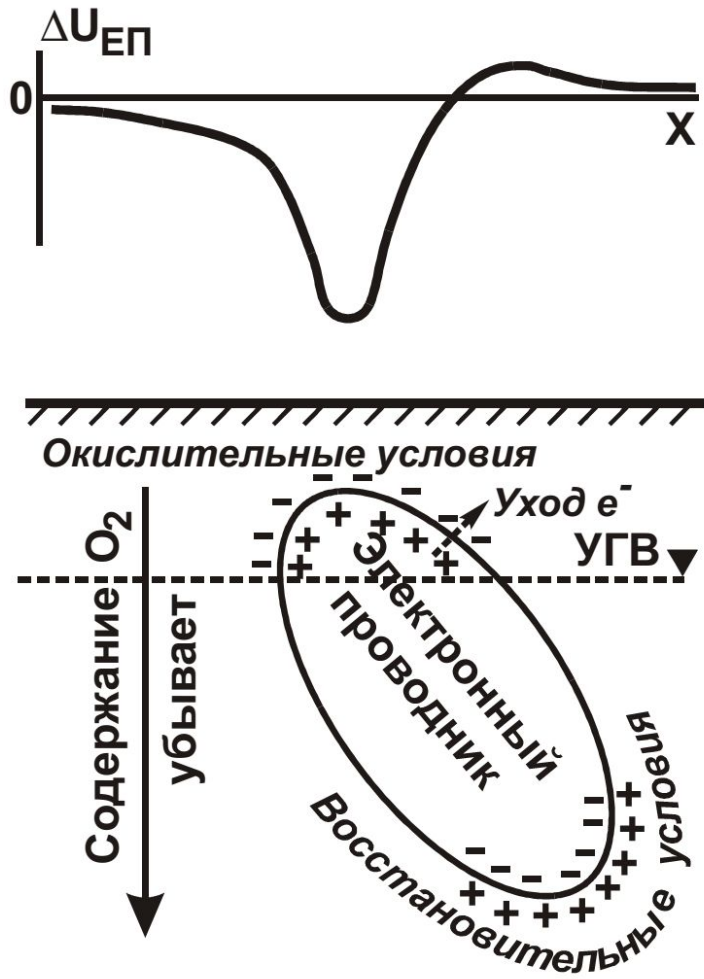
Количество молний за 1 сек на земном шаре более 100.

Молния – это мощный электрический диполь.

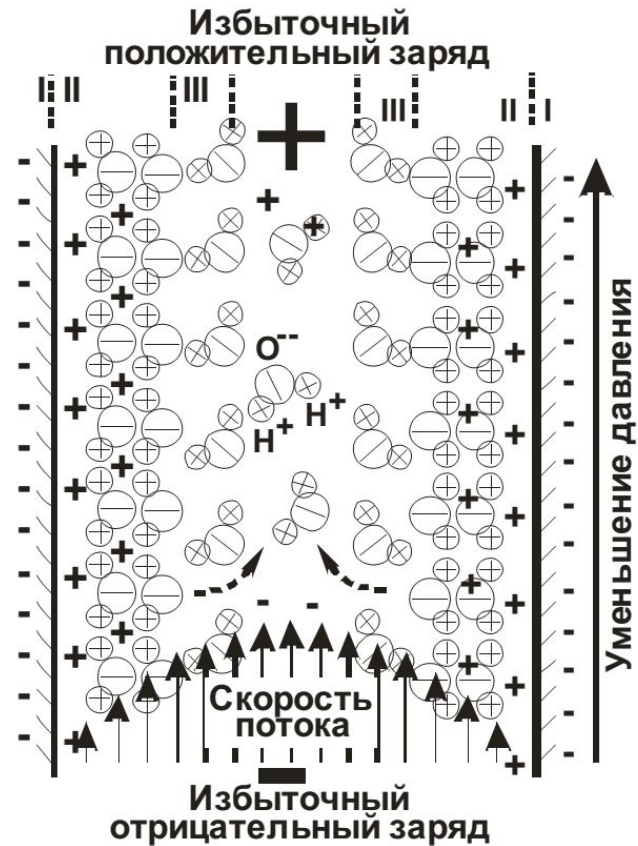
В атмосферном электричестве движение положительных зарядов вниз и встречное движение отрицательных зарядов вверх приводит к возникновению тока проводимости ( $I = 2,9 \cdot 10^{-20} \text{ A/m}^2$ ).

У поверхности Земли разность потенциалов  $\Delta U = 100 \text{ В/м}$ , а во время гроз  $40\,000 \text{ В/м}$

# 3. Естественное электрическое поле



Механизм образования окислительно-восстановительных потенциалов

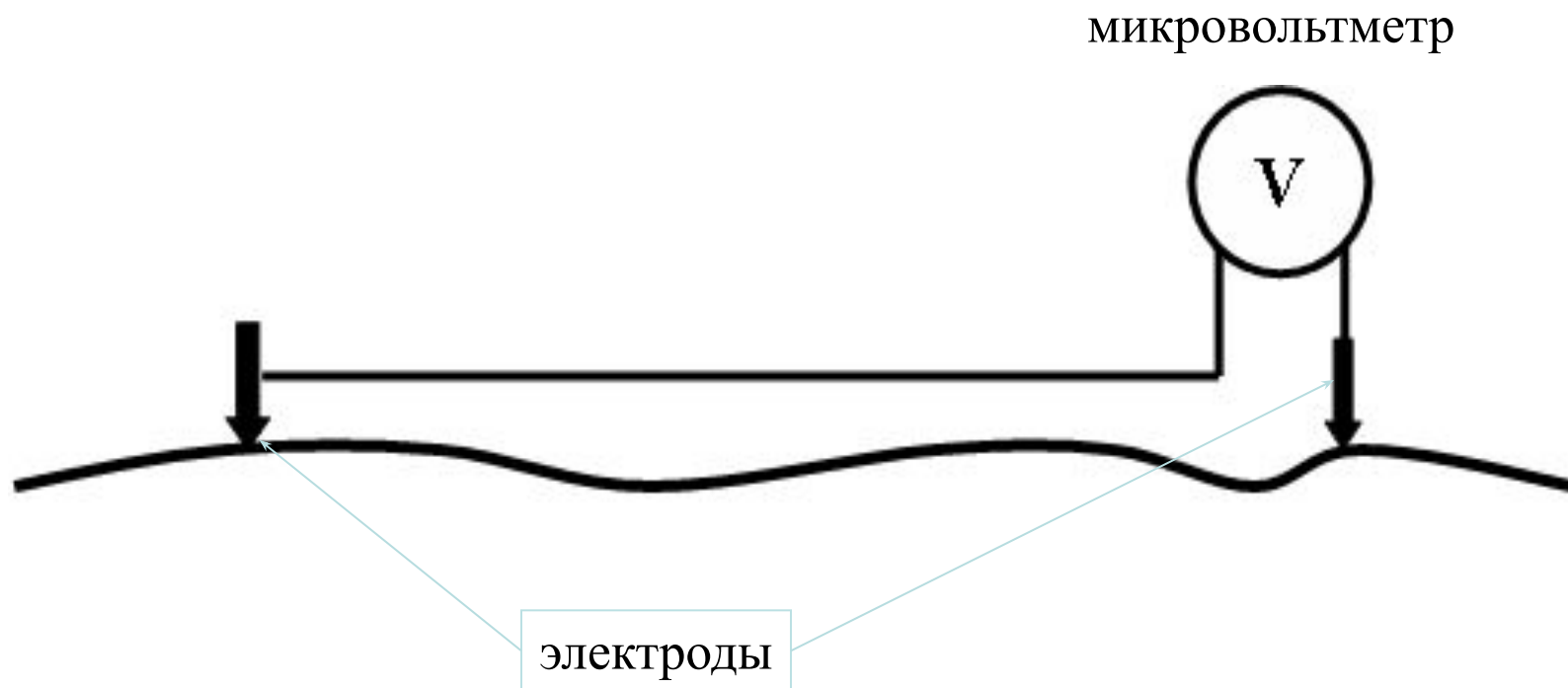


Фильтрационный механизм возникновения ЕП. I - двойной электрический слой, II - прочно связанная вода, III - рыхло связанная вода.

# История возникновения электроразведки

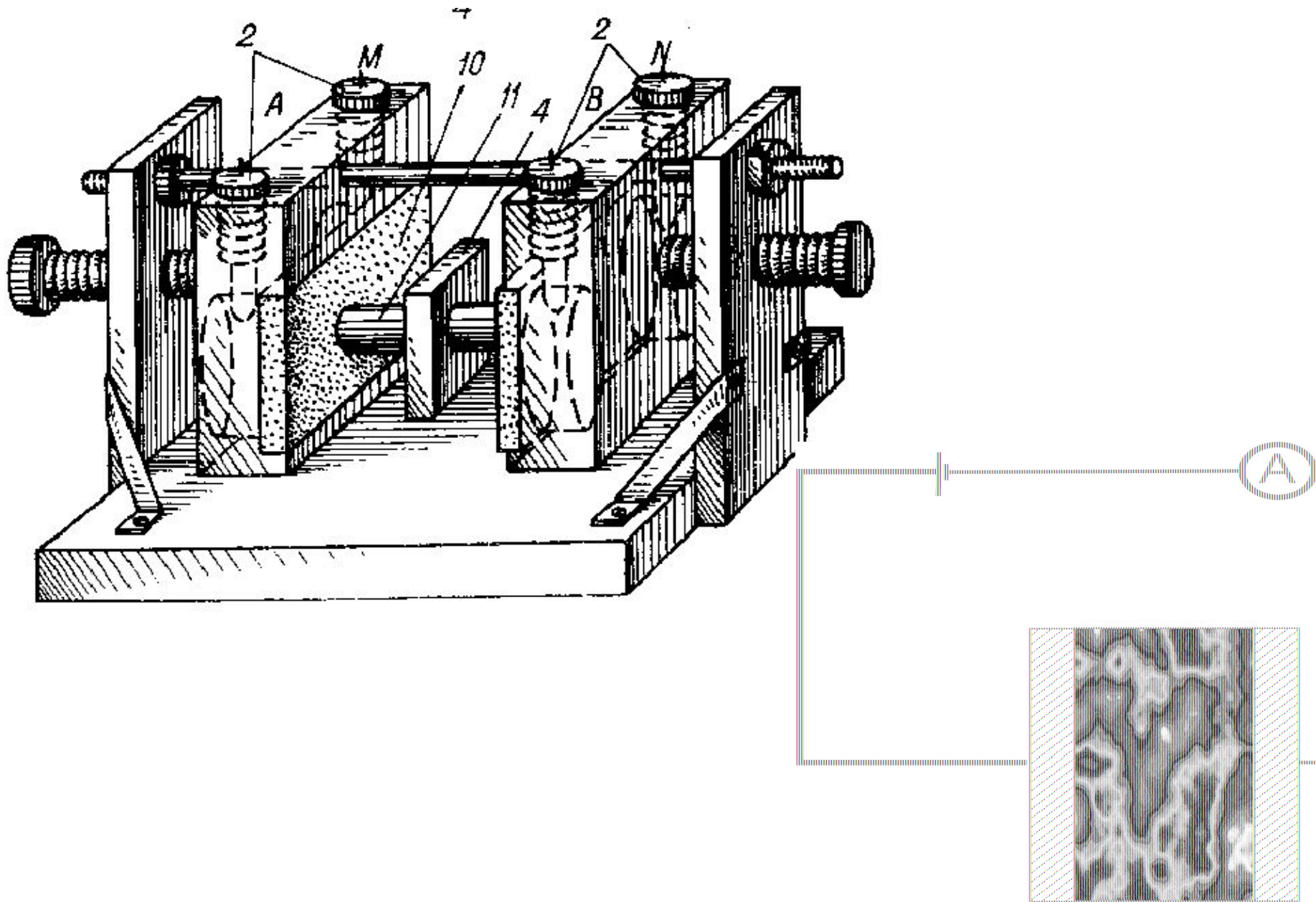
- 1750г Б.Франклин – исследования в области атмосферного электричества
- 1829г Р.В.Фокс – наблюдения над естественными электрическими полями над колчеданными месторождениями
- 1882г К.Барус – попытка использовать съемку естественного электрического поля для поиска рудных месторождений
- 1910г К.Шлюмберже – разработал метод сопротивлений
- 1920г Н.Лундберг – Электроразведка низкочастотным переменным полем
- 1922г – высокочастотный метод электроразведки (метод индукции)

# Простая электроразведочная установка для обнаружения естественного электрического поля





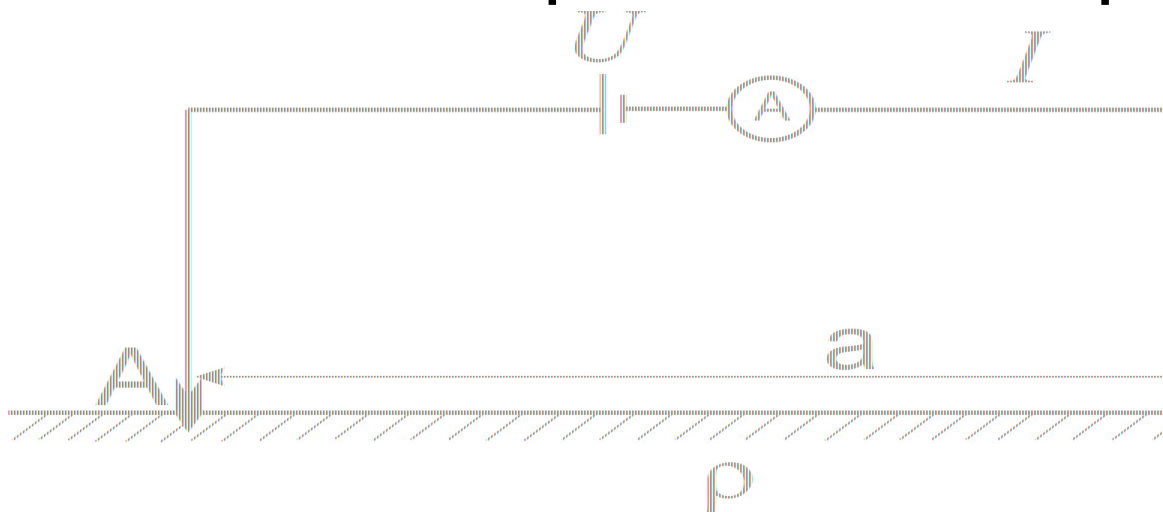
# Исследования на образцах пород



# Значения удельного электрического сопротивления горных пород

минерал	$\rho$ (ом*м)	Порода	$\rho$ (ом*м)
пирит	$10^{-3}$	глина	5
пирротин	$10^{-2}$	пески	100
графит	$10^{-1}$	Известняк	300
магнетит	$10^{-1}$	Мрамор	$10^5$
кварц	$10^{14}$	Глинистый сланец	500
слюды	$10^{13}$	Гранит	$10^{14}$
Полевые шпаты	$10^{15}$	Нефть	$10^{14}$

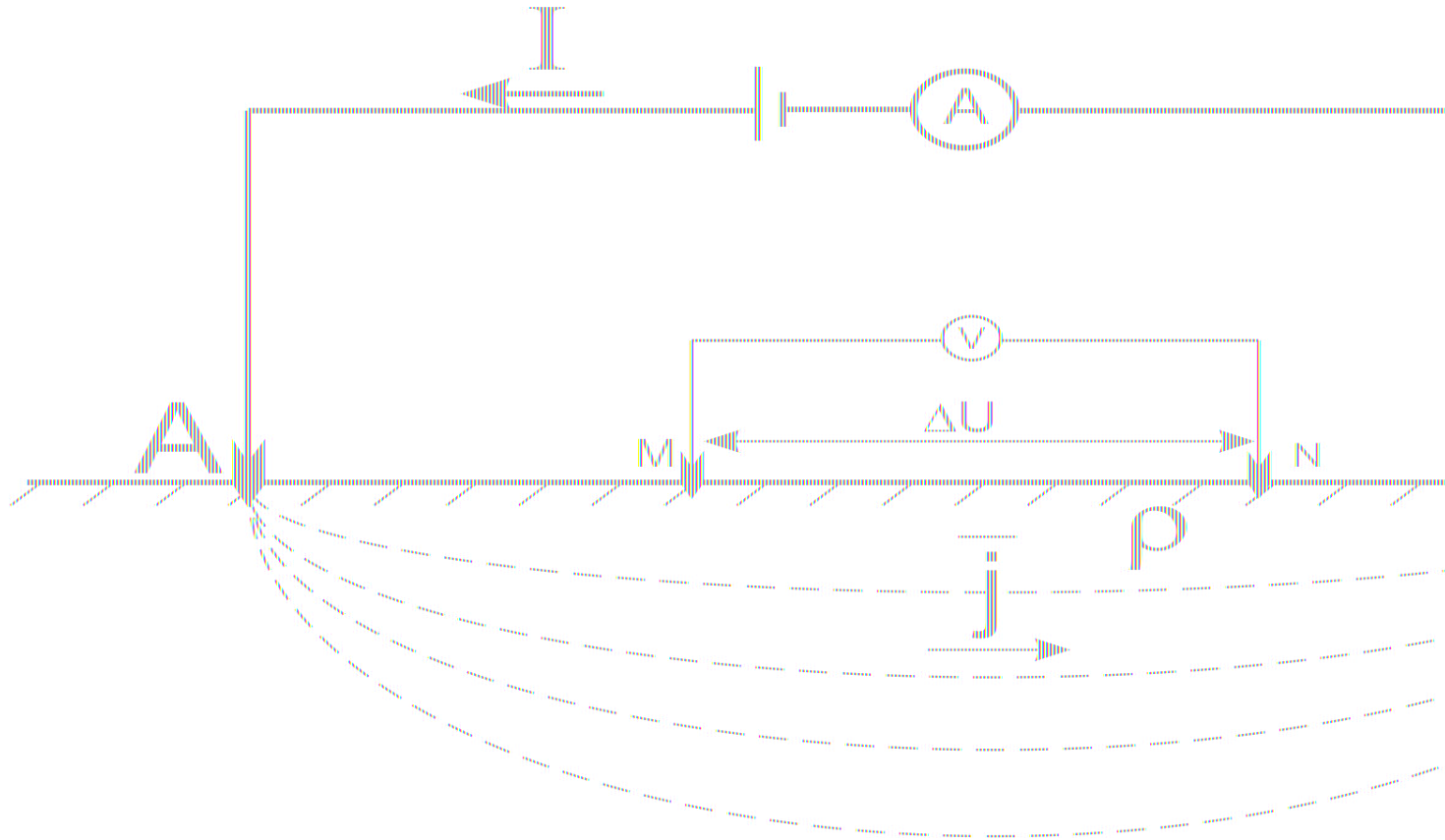
# Первые попытки измерения удельного электрического сопротивления



$$R = \frac{U_{AB}}{I_{AB}} \quad ? \Rightarrow \rho$$

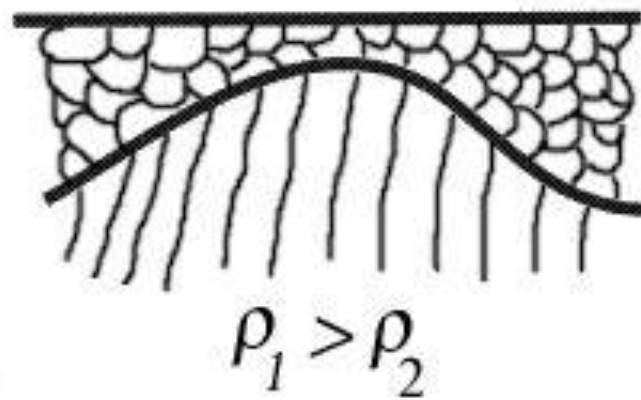
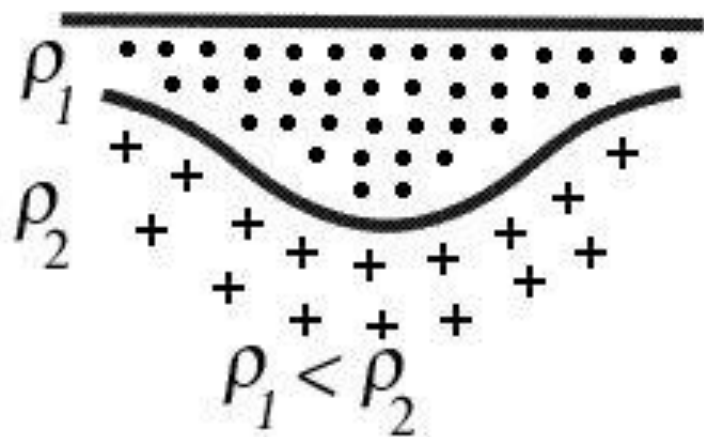
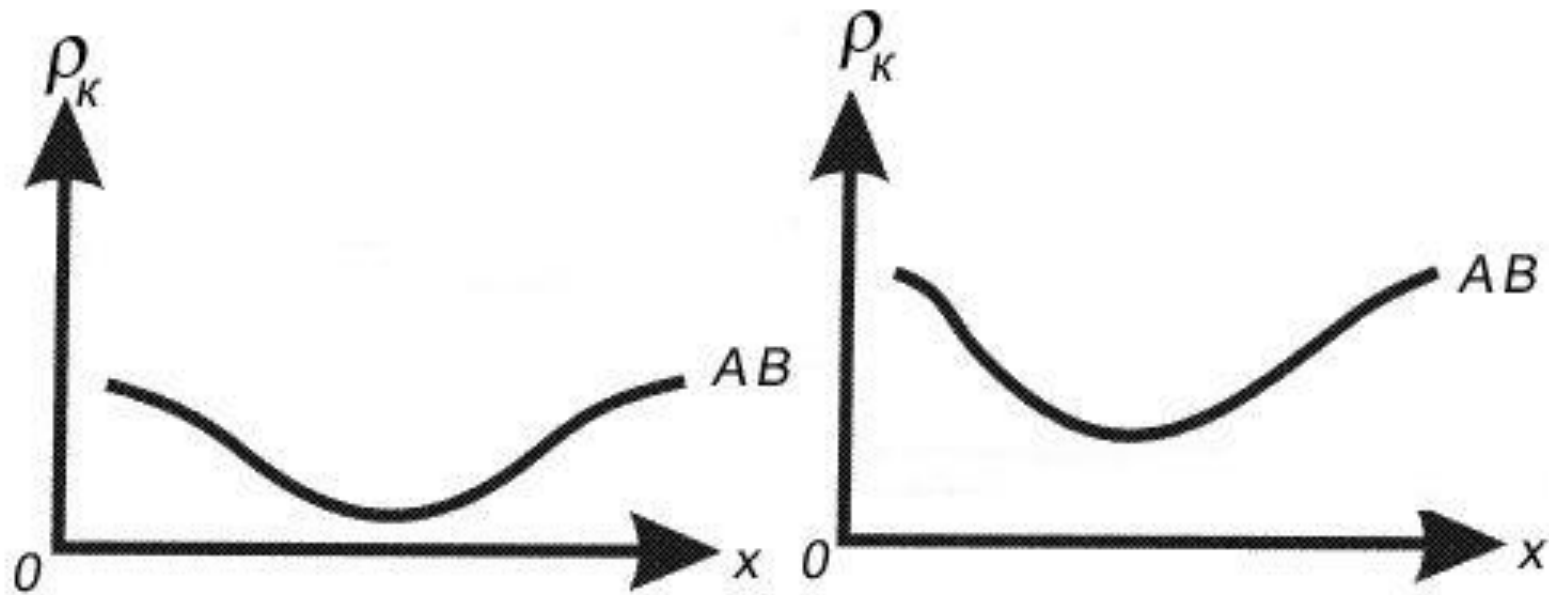


# Четырехэлектродная установка

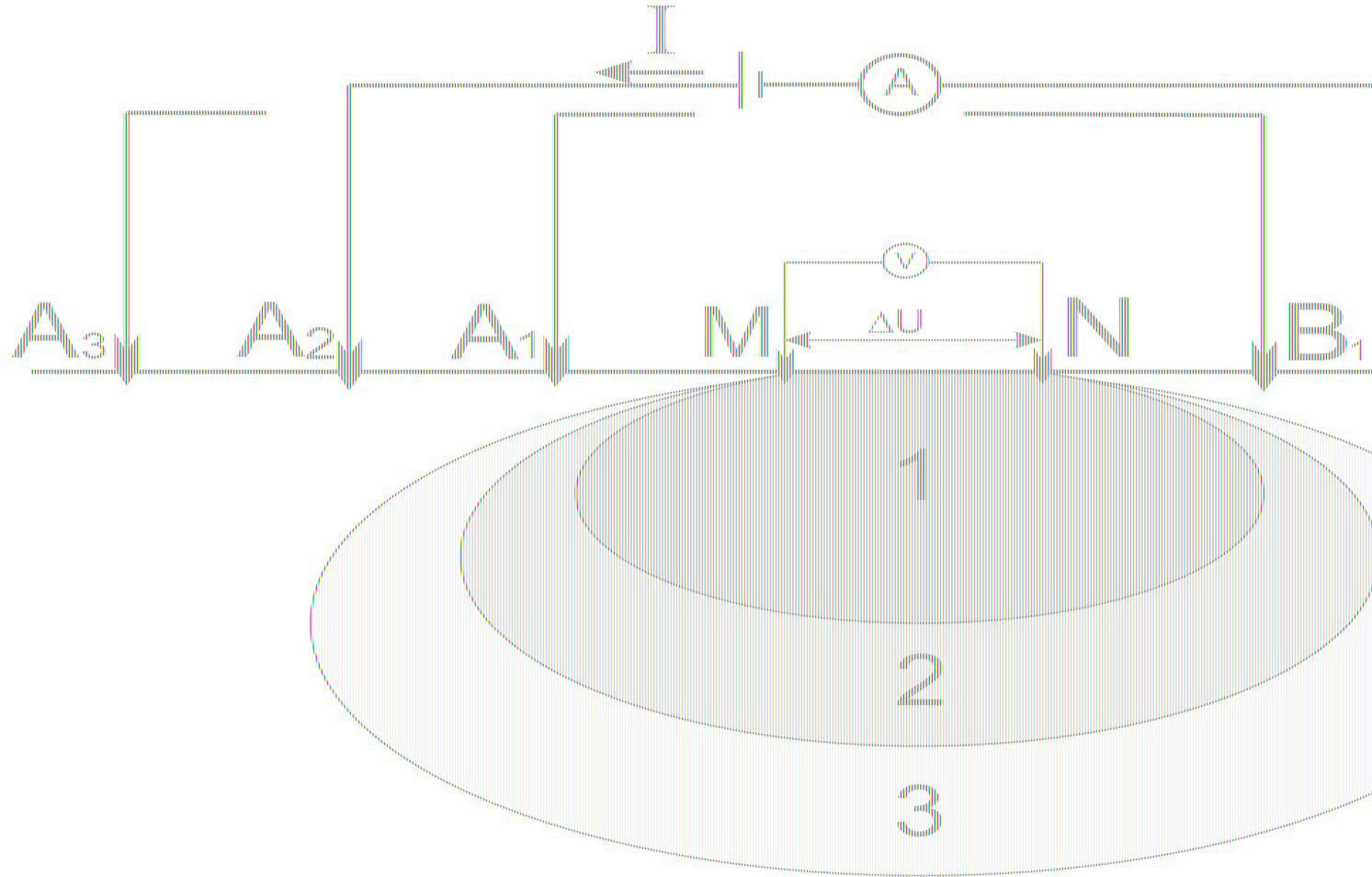


$$E = j \cdot \rho \quad \Delta U = E \cdot |MN| \quad \rho = K \frac{\Delta U}{I}$$

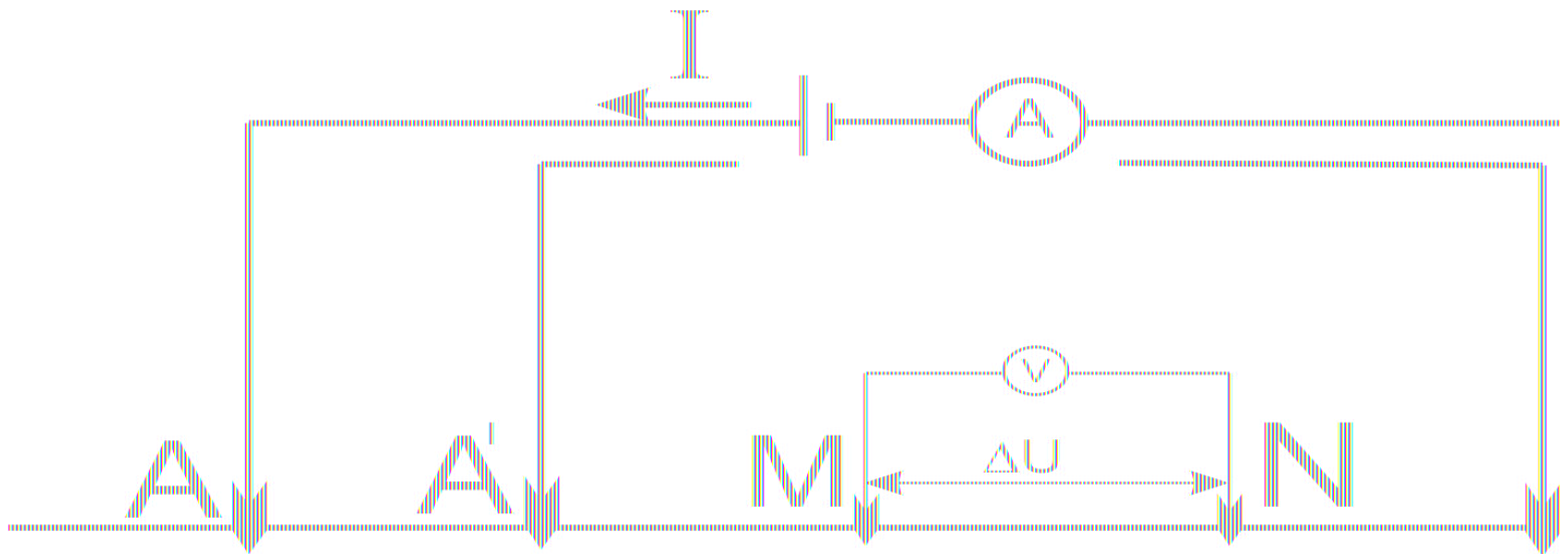
# Примеры профилирования с 4-х электродной установкой



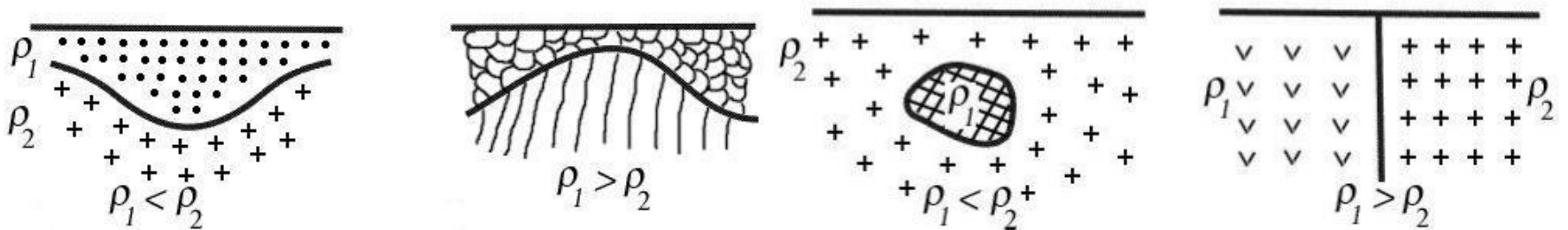
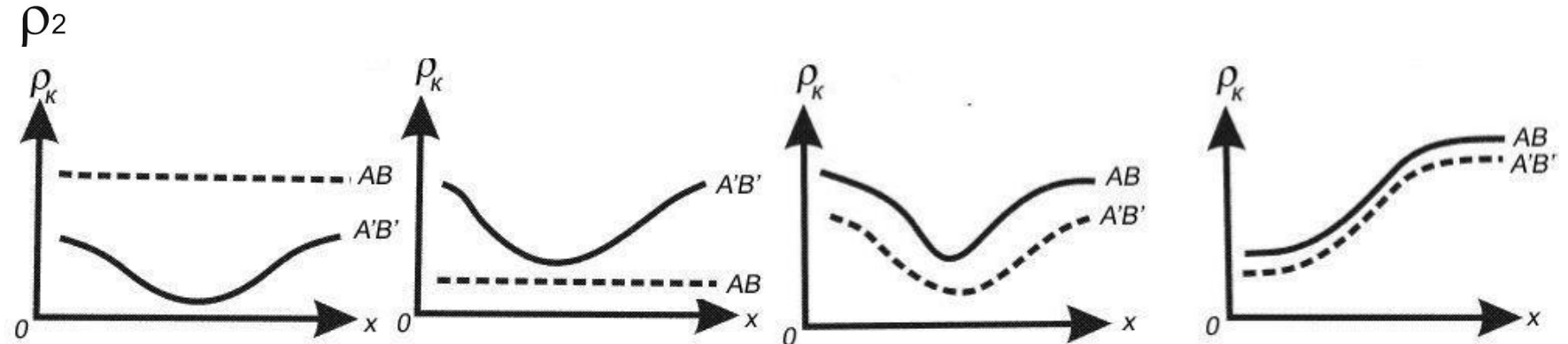
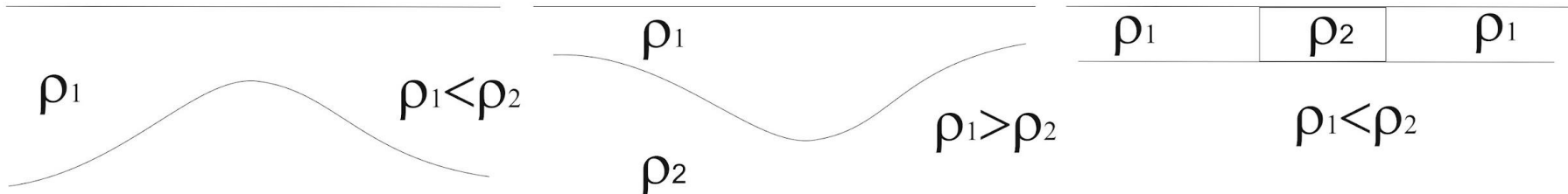
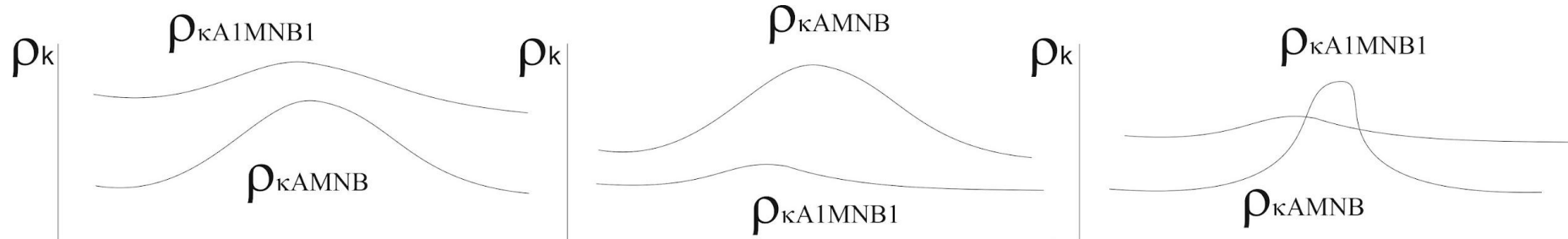
# Зависимость глубины исследования от размеров установки



# Установка с двойными питающими электродами

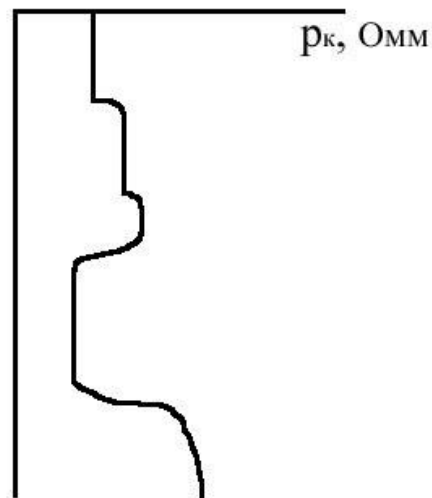
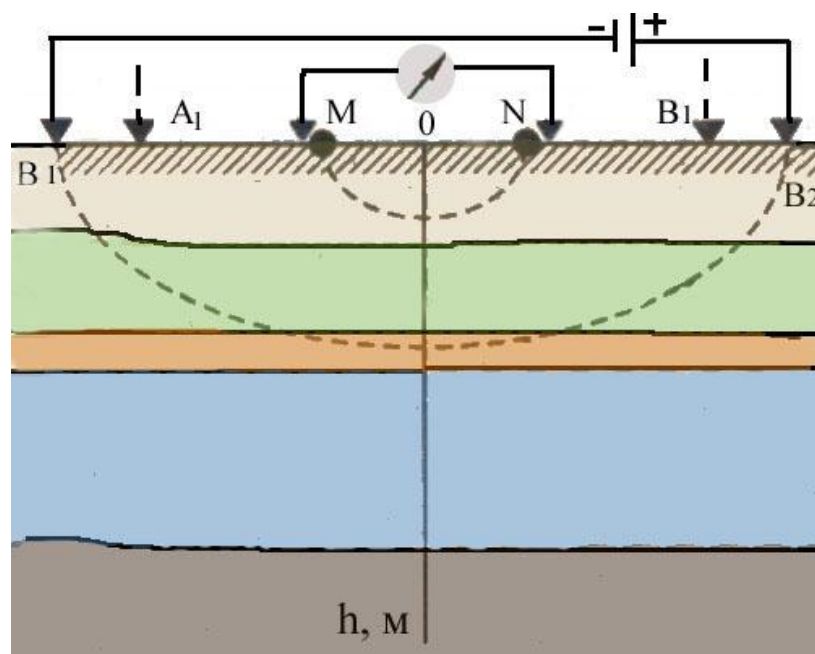
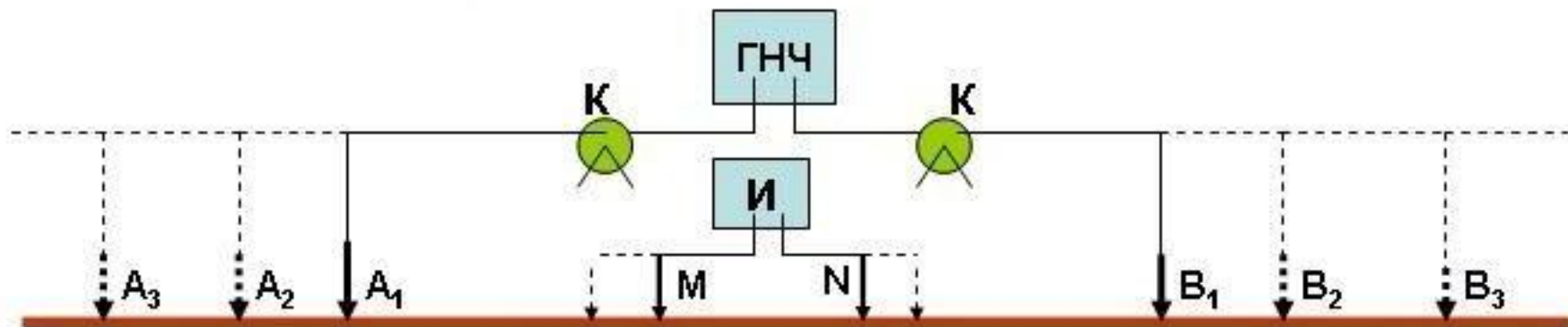


# Примеры применения установки с двойными разностями питающих электродов



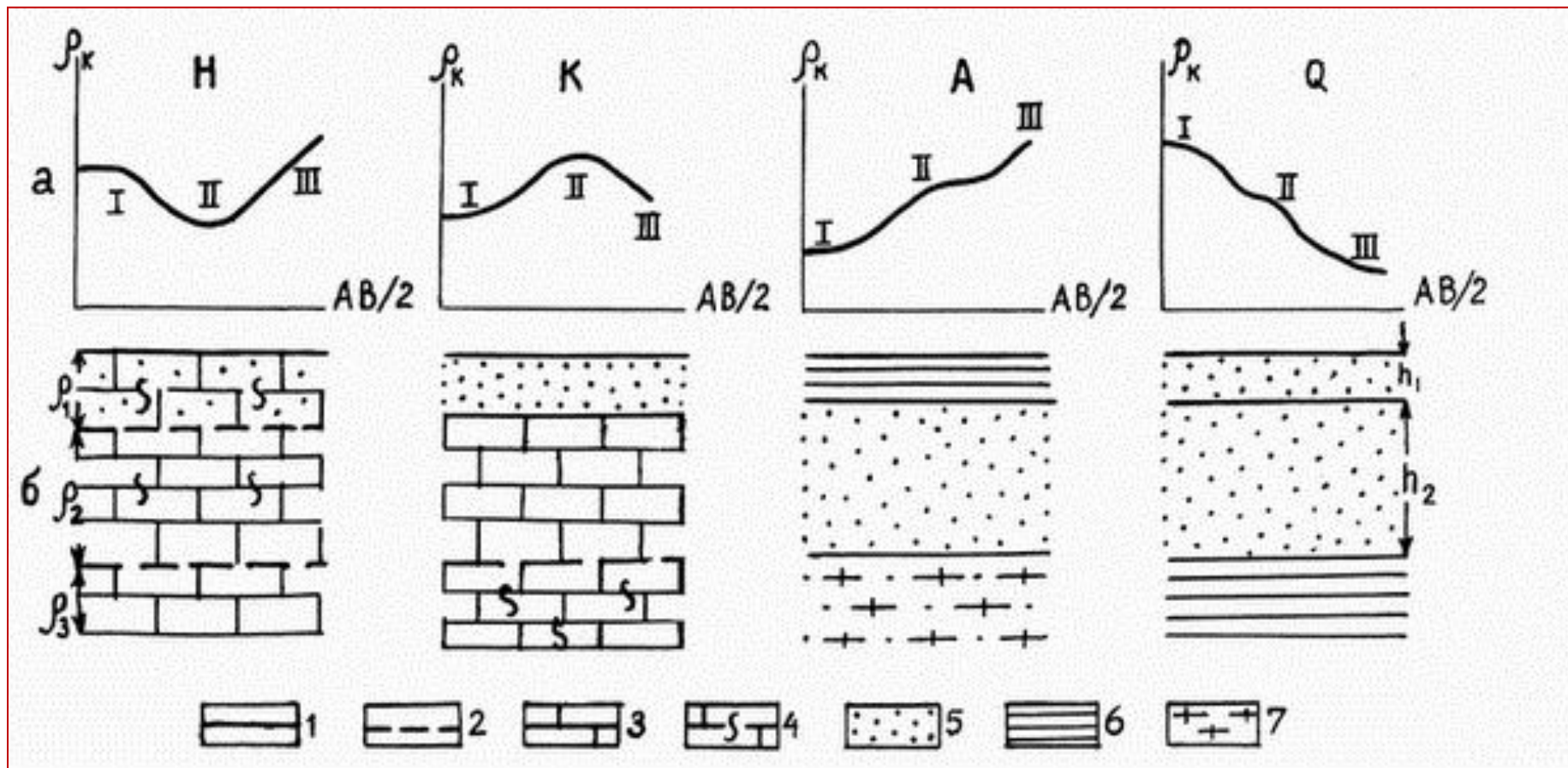


# Электрические зондирования на постоянном токе





# Типичные трехслойные кривые ВЭЗ:



а - графики КС,

б - геоэлектрические разрезы;

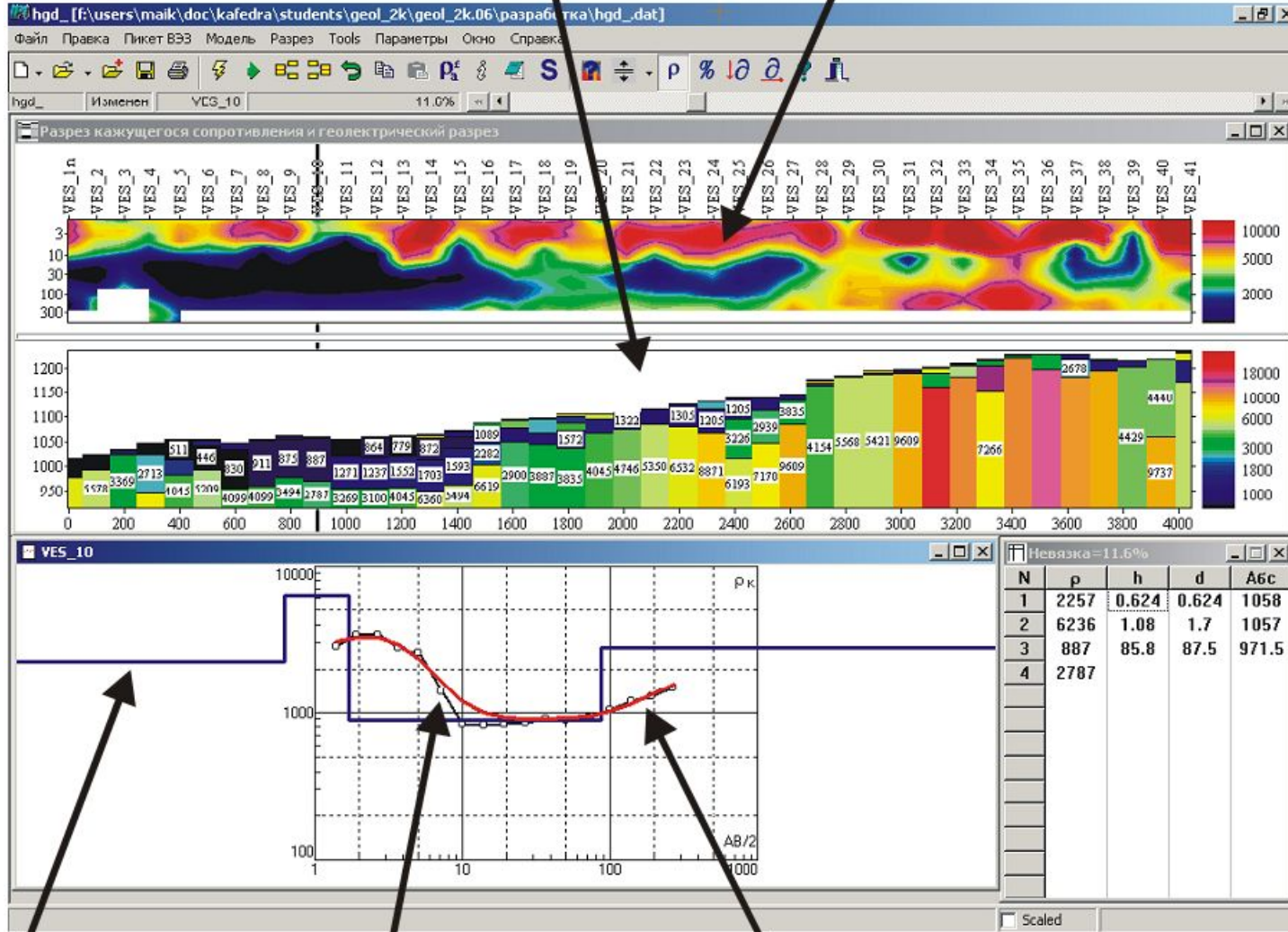
1 и 2 - литологические и гидрогеологические границы;

3 и 4 - известняки массивные и трещиноватые;

5 - пески; 6 - глины; 7 - граниты

геоэлектрический разрез  
результаты интерпретации

разрез кажущегося  
сопротивления



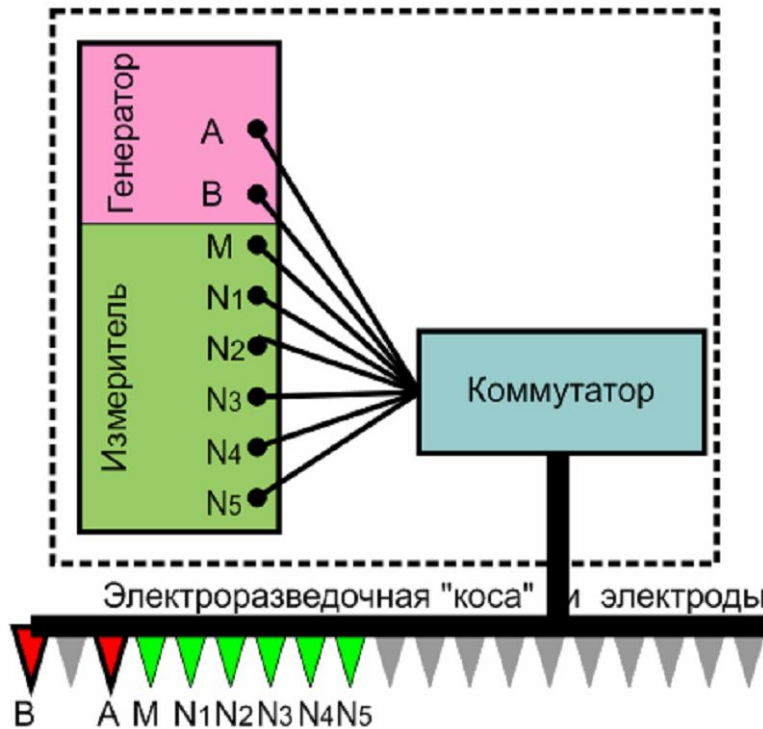
текущая модель  
(синяя линия)

экспериментальная  
кривая  
(черная)

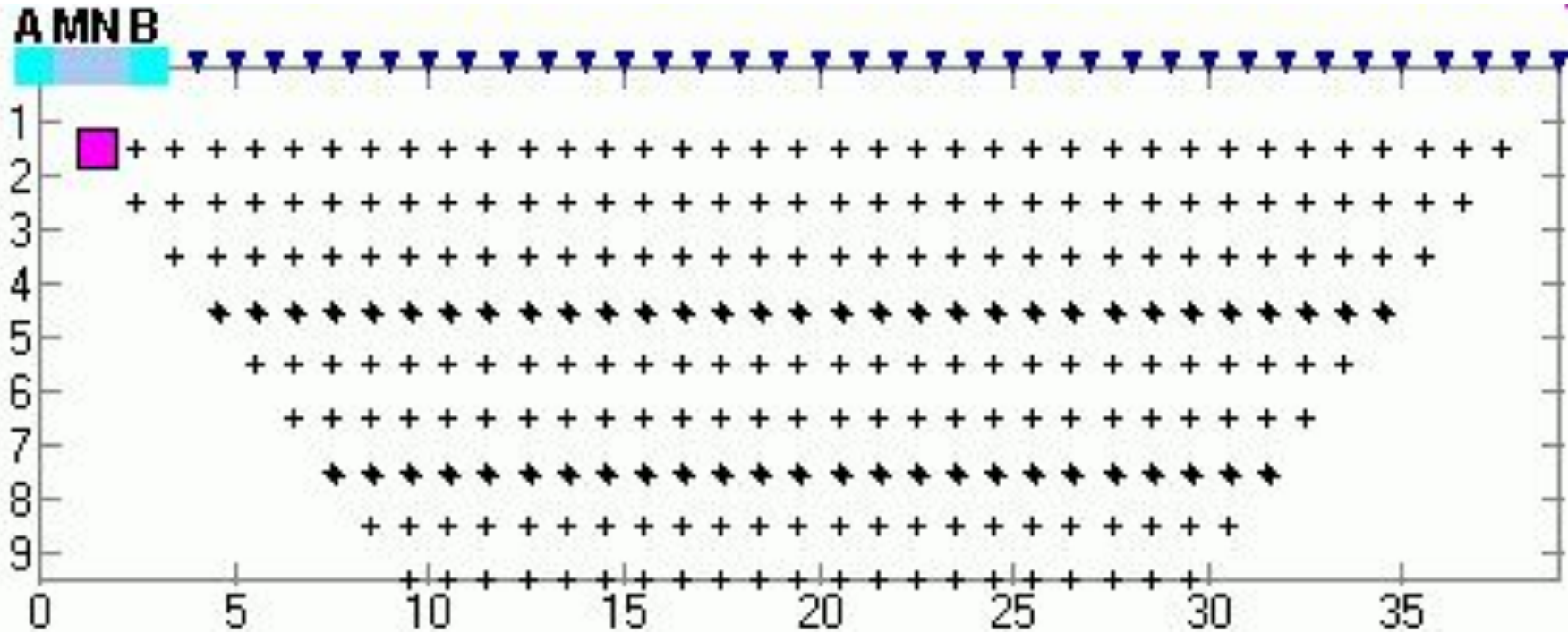
теоретическая  
кривая  
(красная)

# 2-D и 3-D исследования на постоянном токе

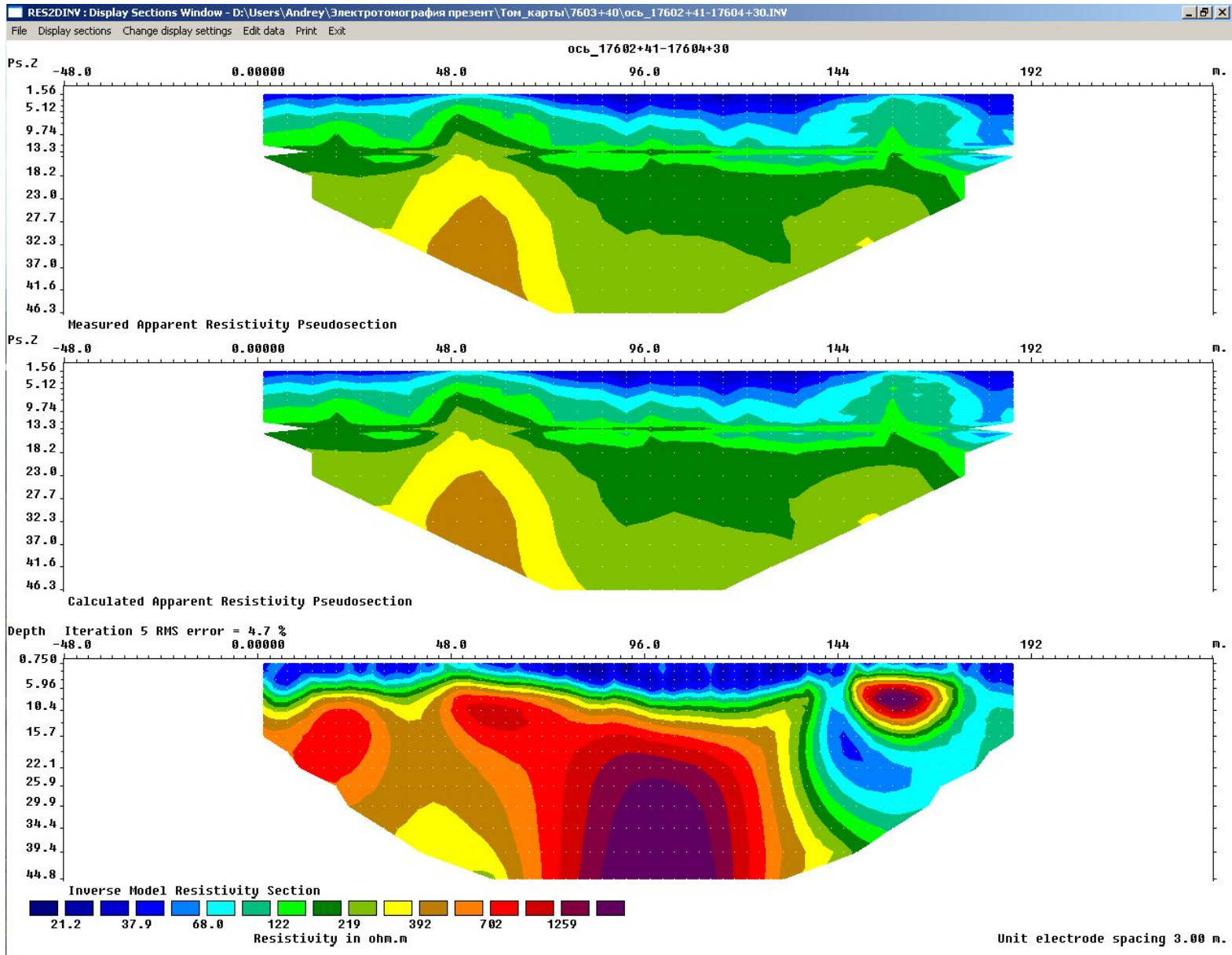
В многоэлектродной аппаратуре используется большой набор электродов (обычно от 48 до 128 штук), соединенных с помощью электроразвечных кос.



# Схема переключений питающих и приемных электродов

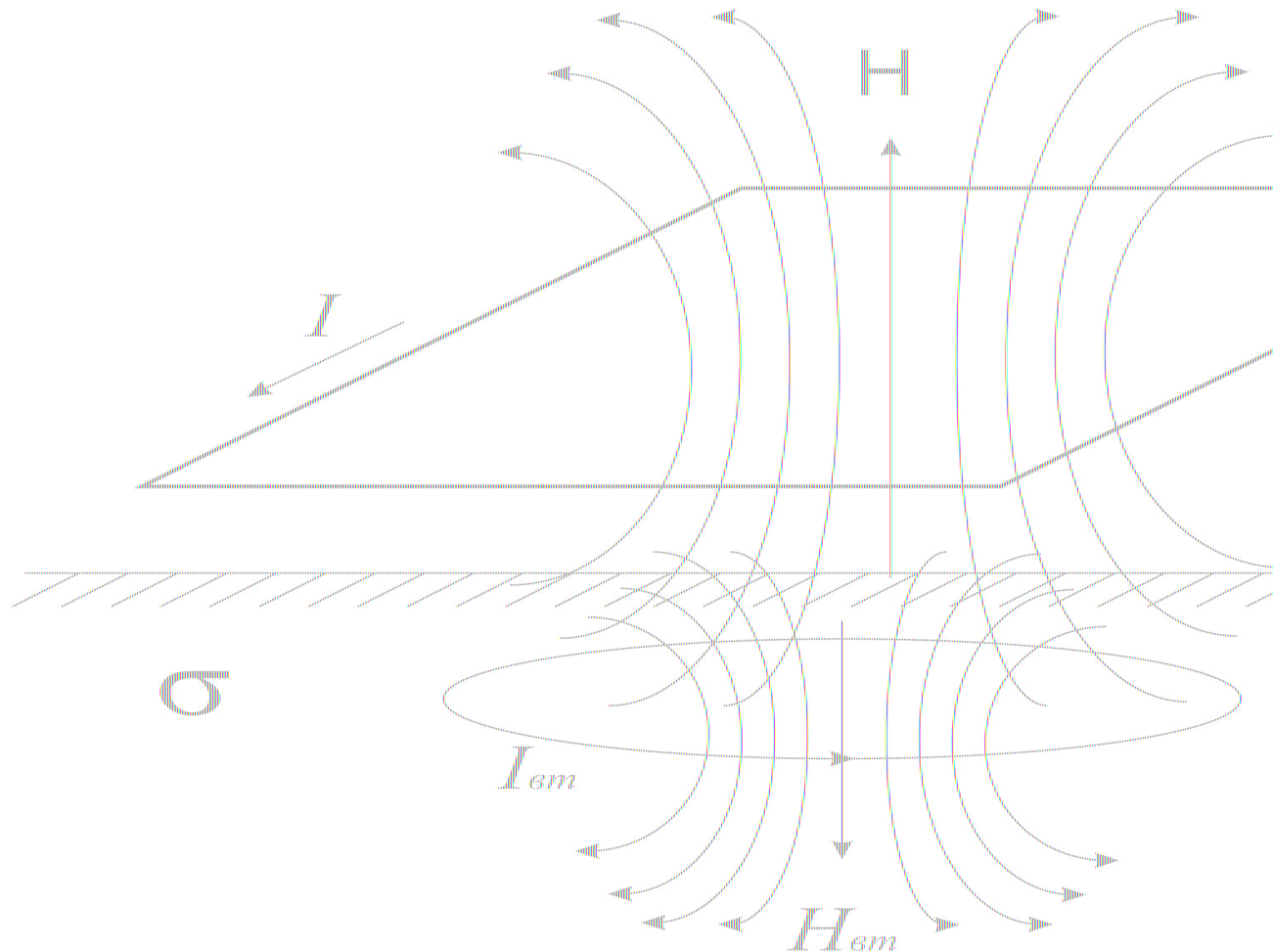


# Изучение мерзлоты



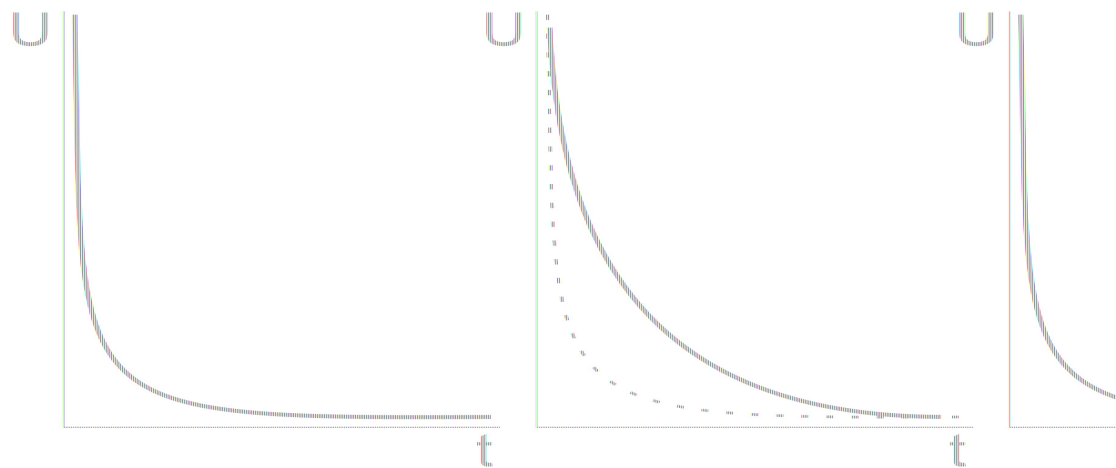
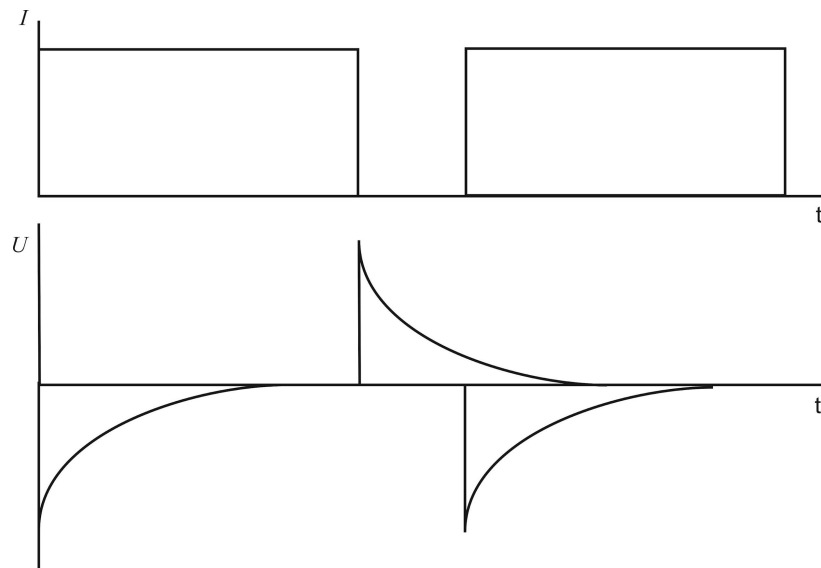
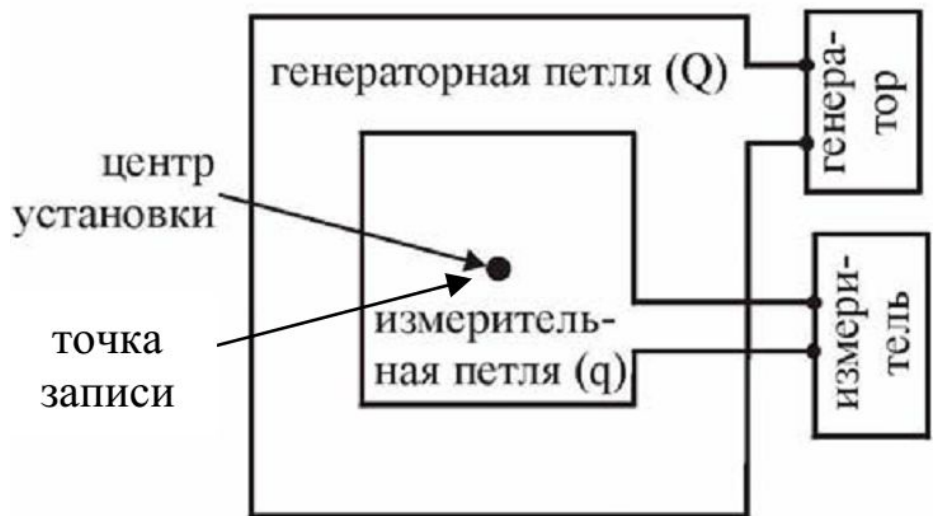
# Низкочастотные индуктивные методы

Зондирование становлением поля (ЗС) – метод электромагнитного зондирования с искусственным (контролируемым) источником, основанный на изучении поля переходных процессов, которое возбуждается в земле при изменении тока в источнике





# Установка метода ЗС и примеры кривых $U(t)$



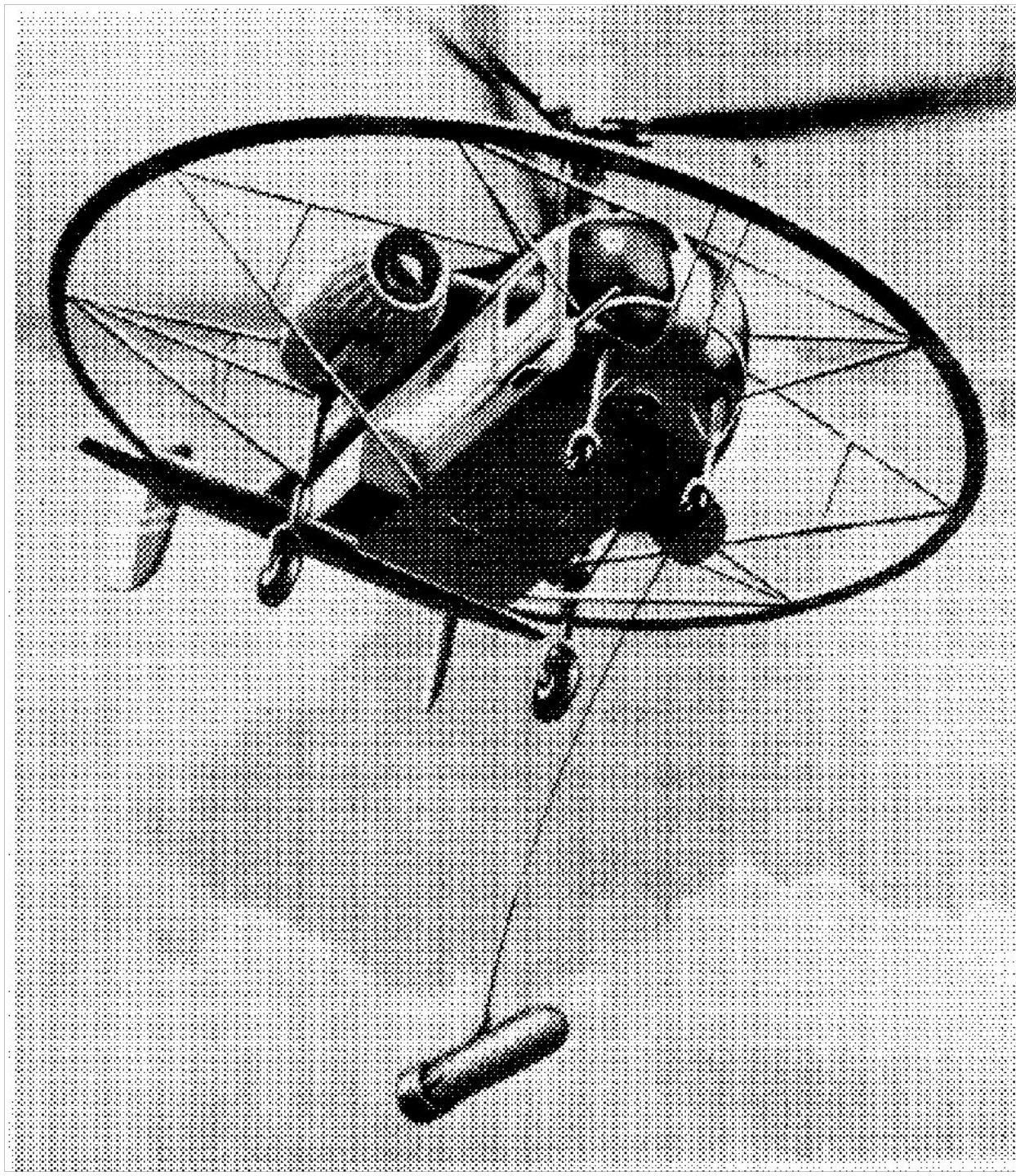
$\rho_e$

$\rho_e > \rho_i$

$\rho_i$

# Варианты исполнения приемных и генераторных петель







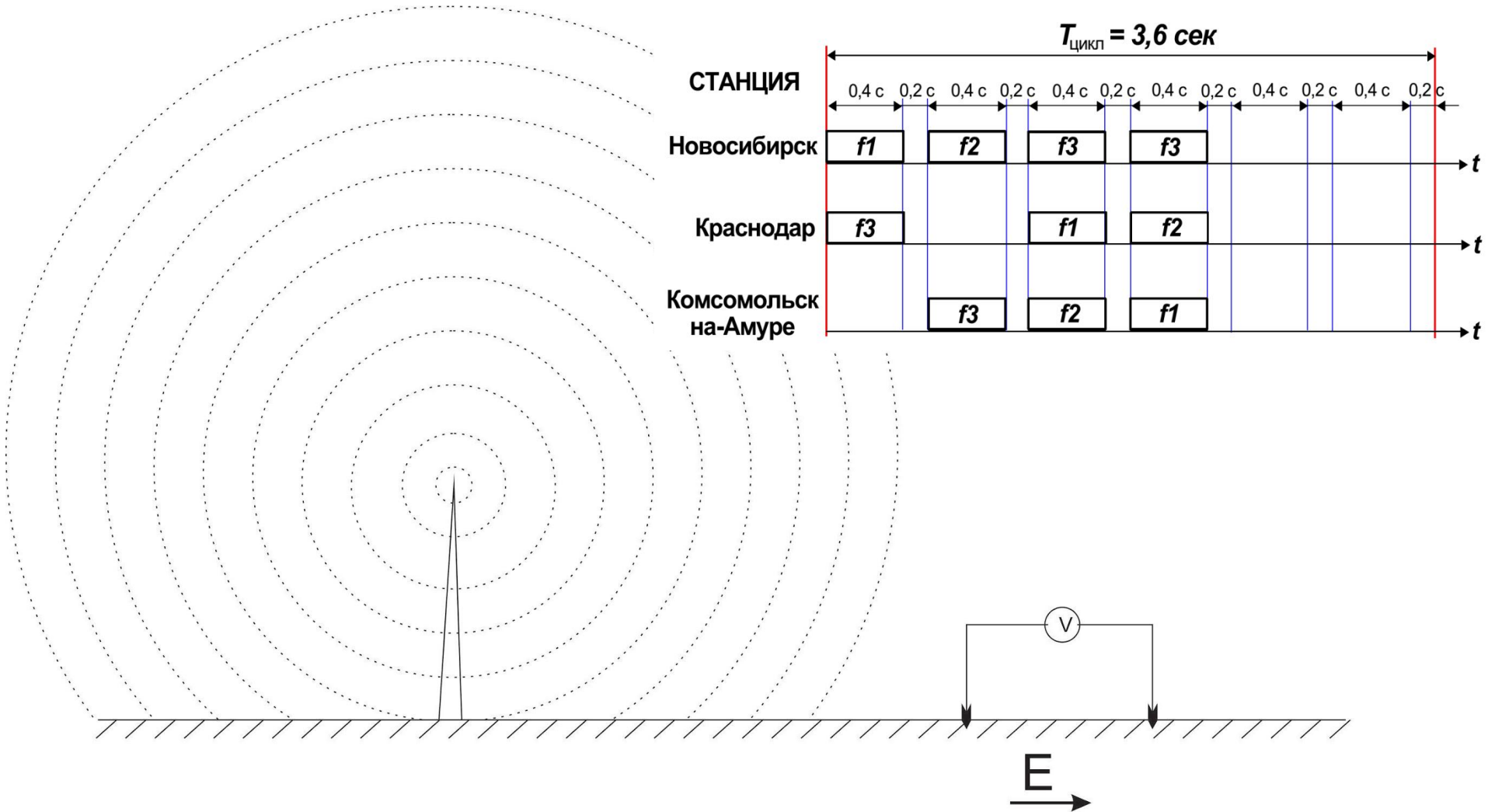




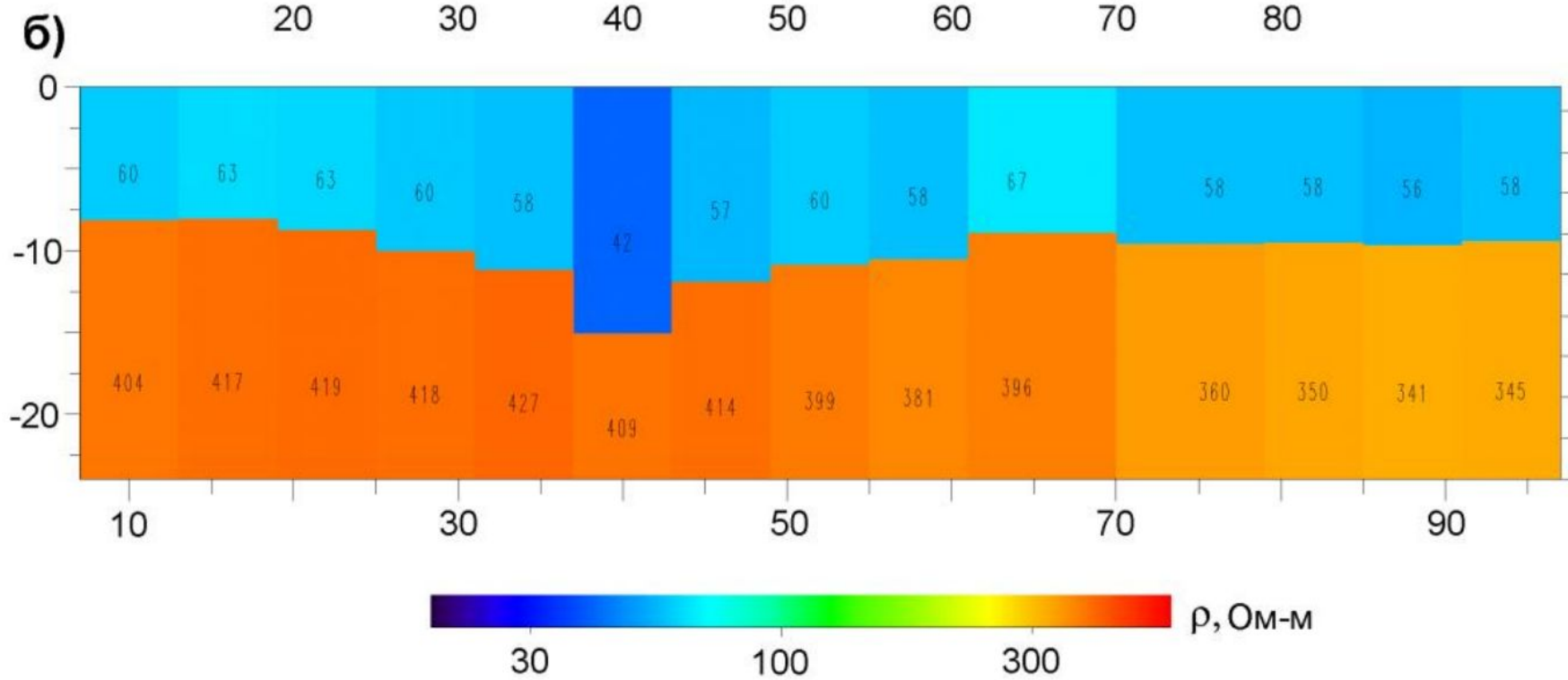
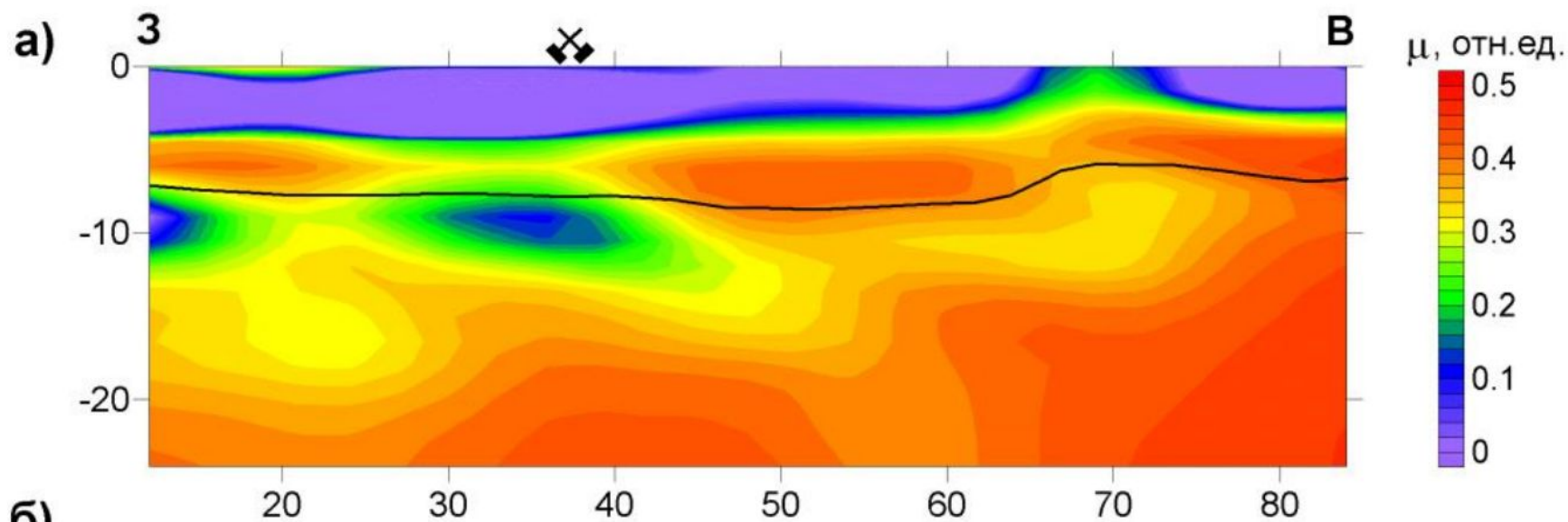


# Радиоволновые методы

## Метод радиоКиП

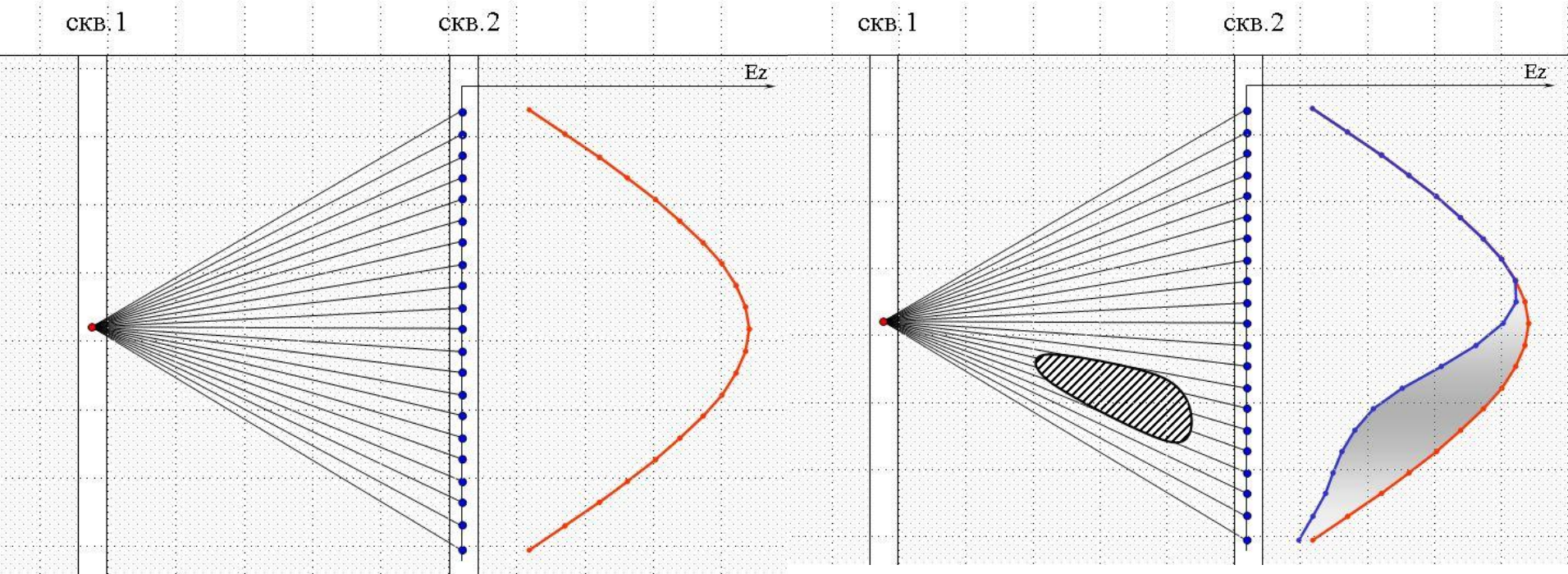




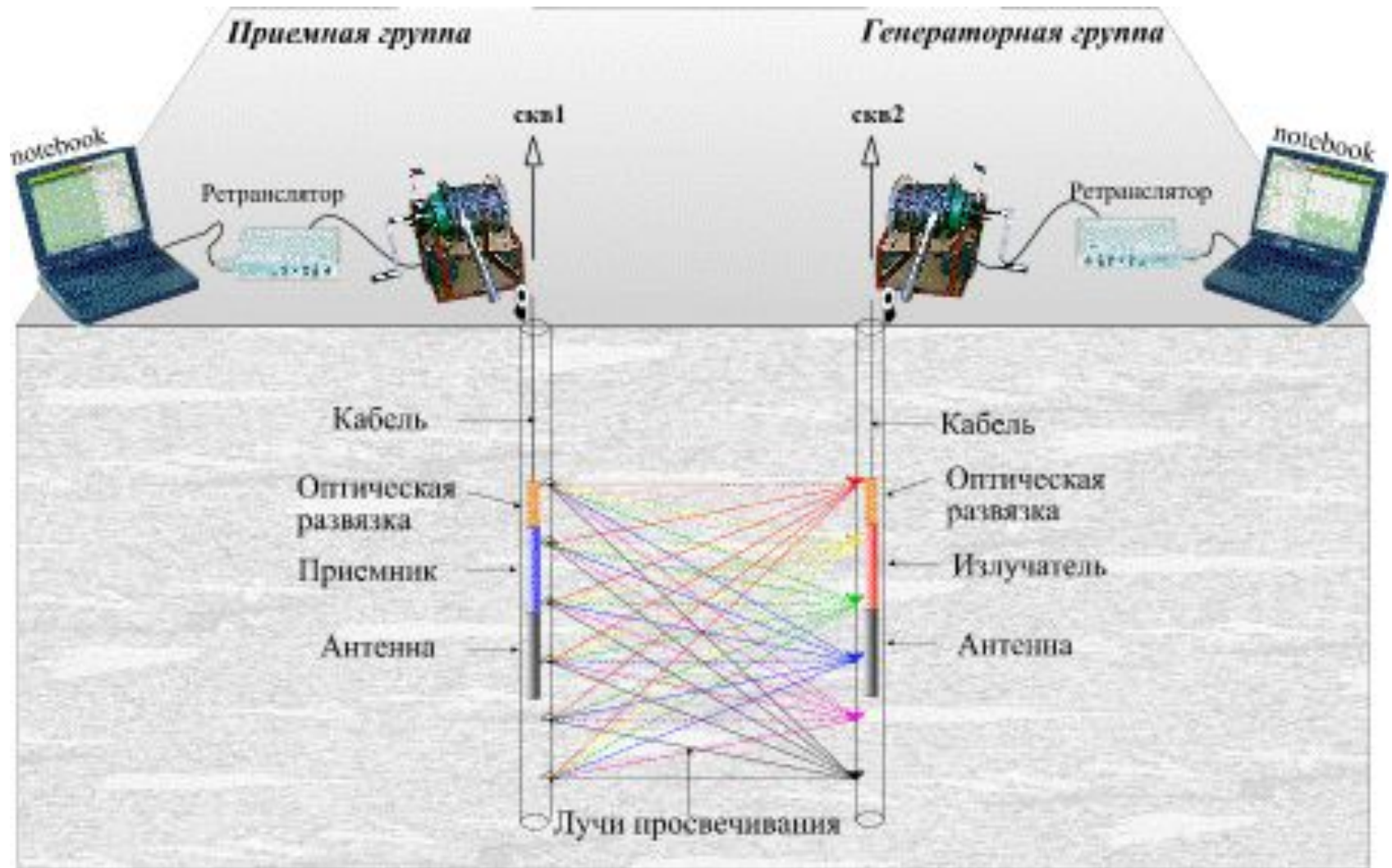


# Радиоволновое просвечивание

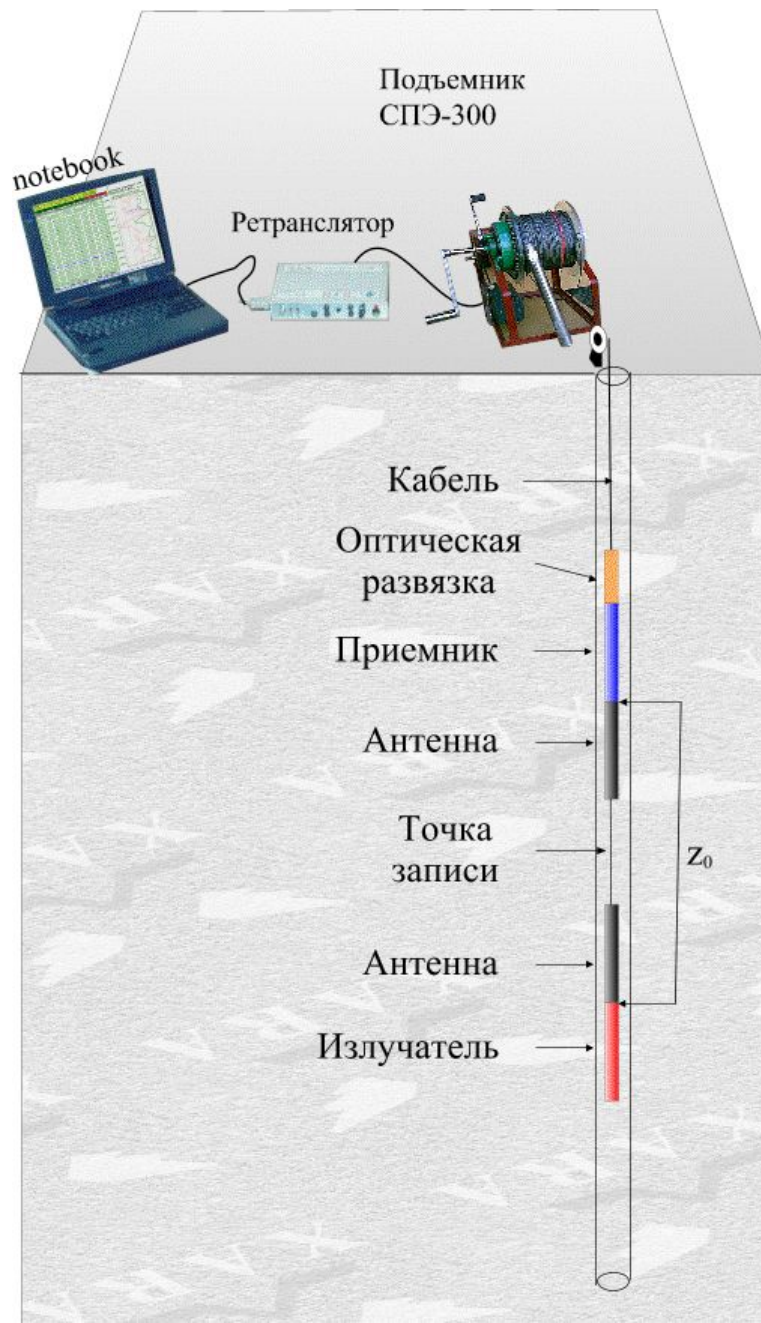
## ПРИНЦИП РАДИОТЕНИ



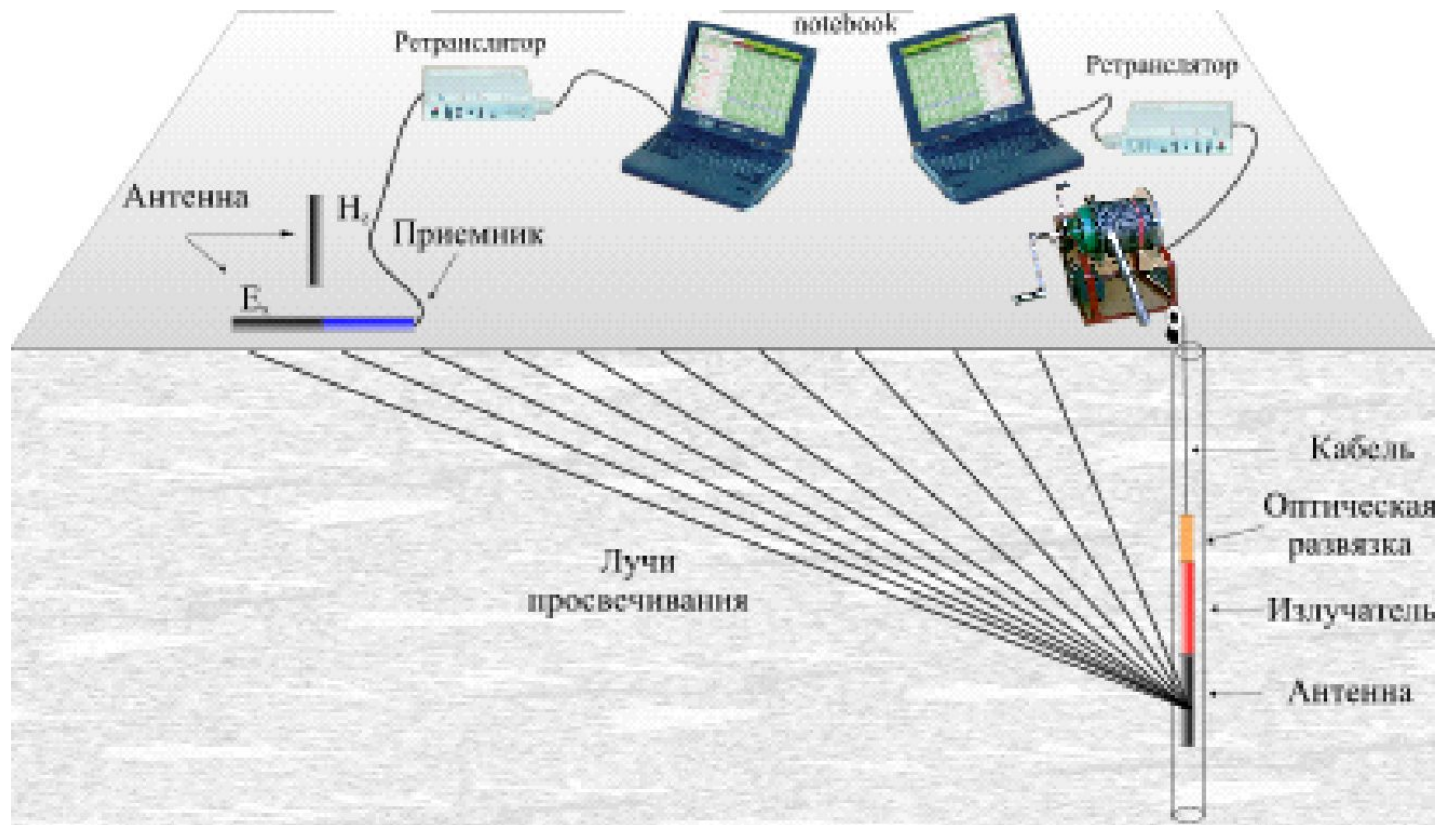
# СХЕМА МЕЖСКВАЖИННЫХ РАДИОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (РВГИ)



# СХЕМА ОДНОСКВАЖИННЫХ РАДИОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОРВИ)



# СХЕМА СКВАЖИННО-НАЗЕМНЫХ РАДИОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

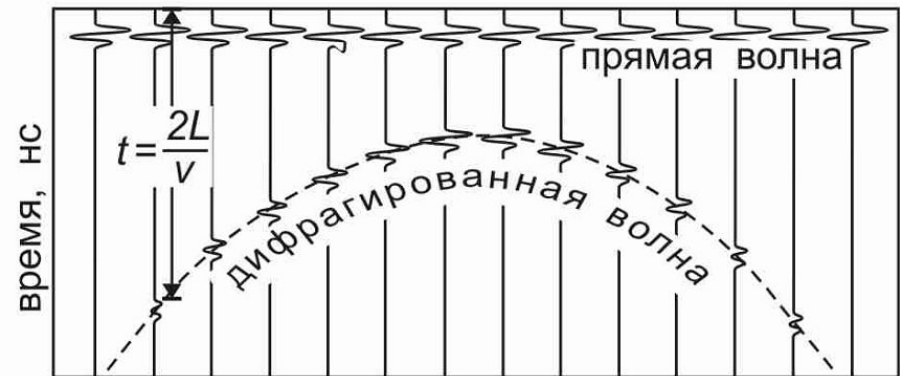
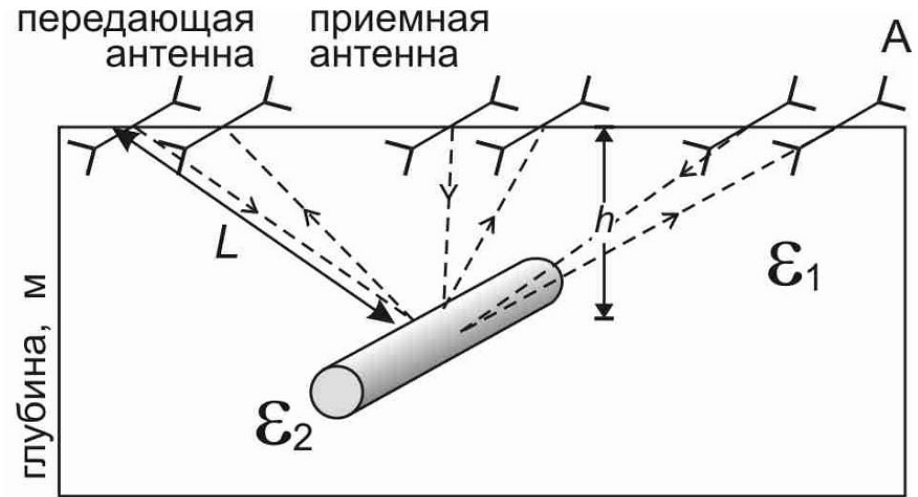
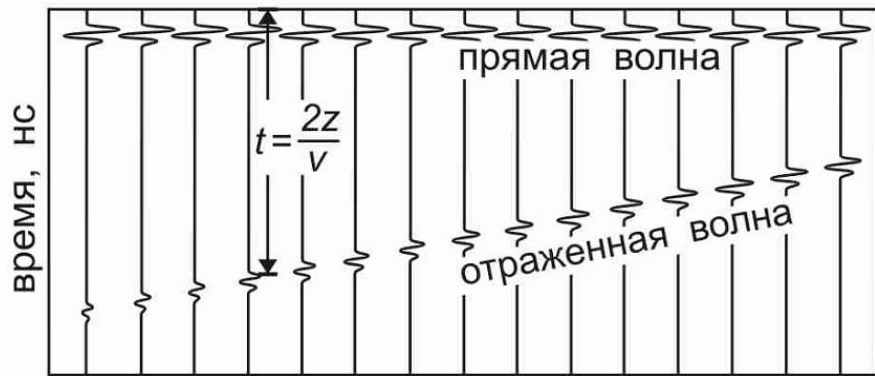
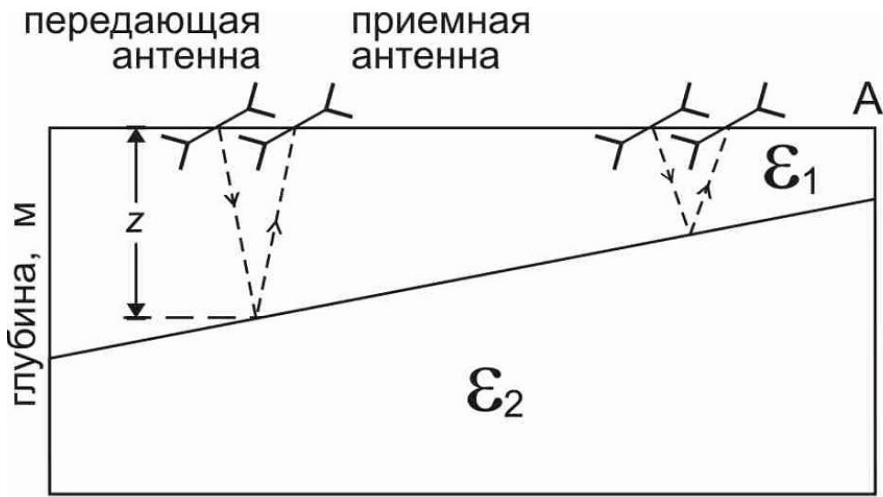


**ПОЛЕВЫЕ РАДИОВОЛНОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С АППАРАТУРОЙ РВГИ-2005М.  
ДАЛМАТОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (АВГУСТ-СЕНТЯБРЬ 2006 г)**

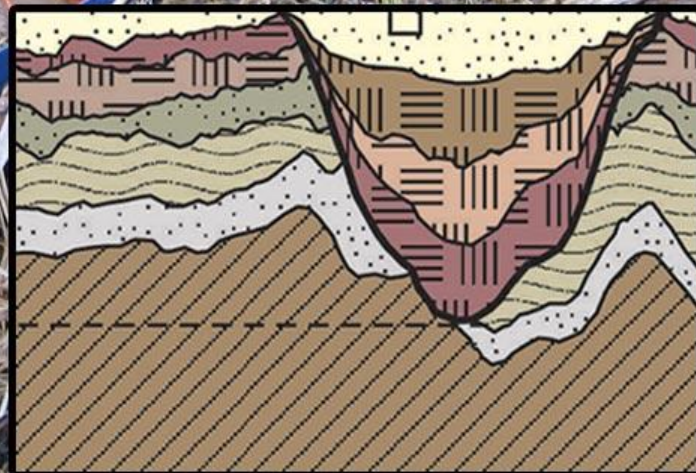
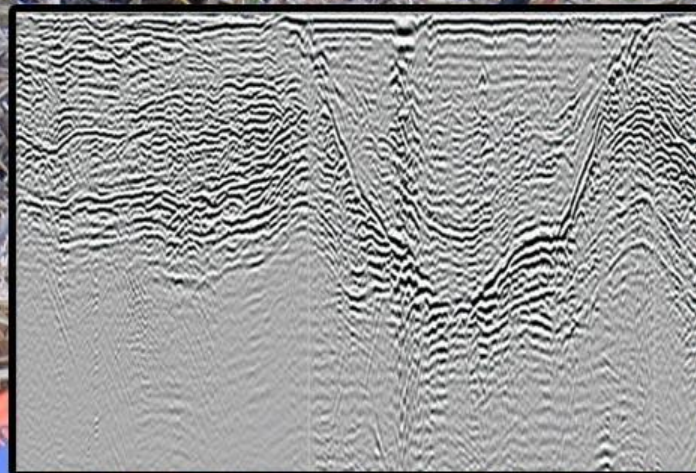
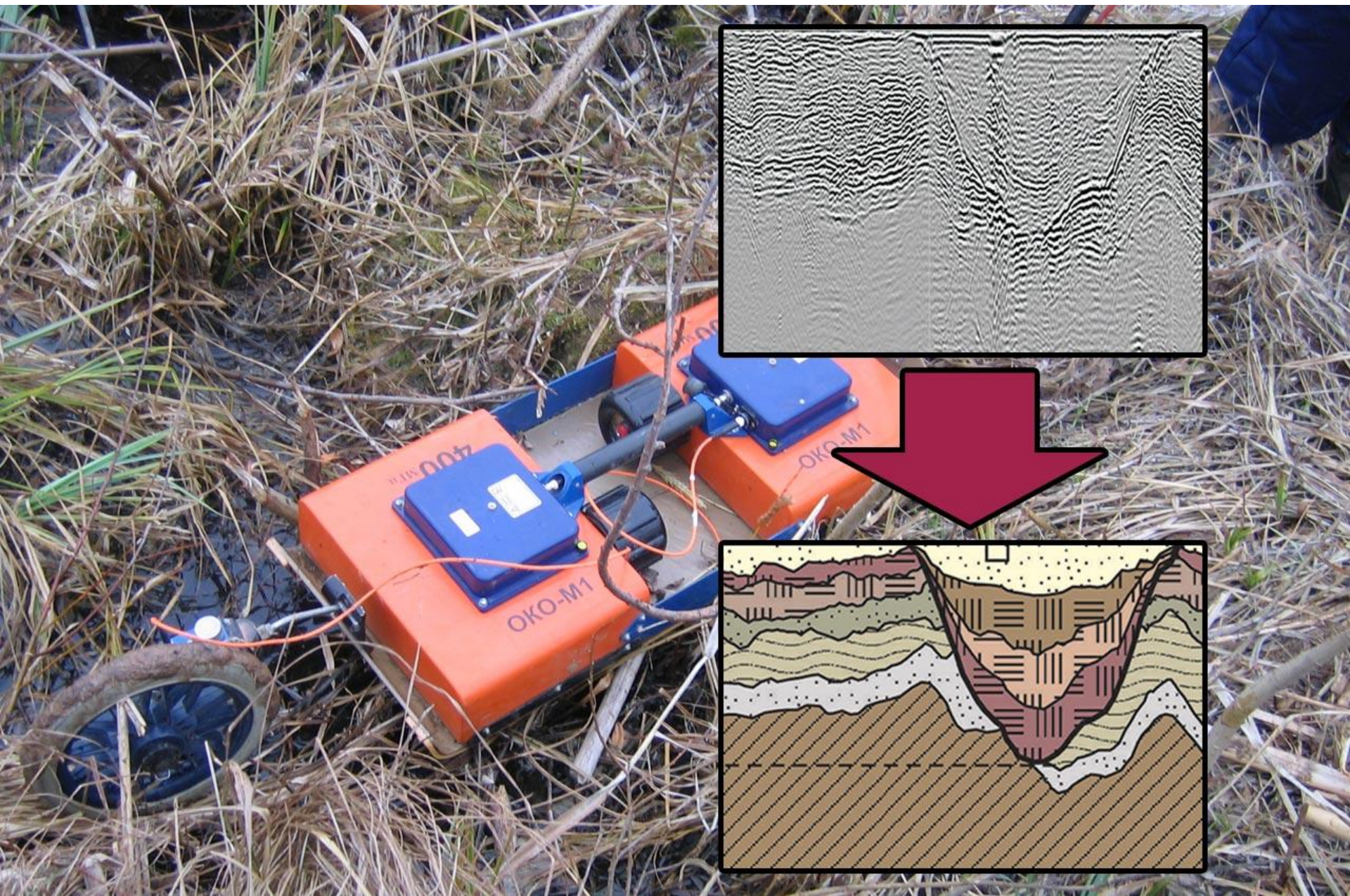


**МОБИЛЬНЫЕ КАРОТАЖНЫЕ ПОЛНОПРИВОДНЫЕ СТАНЦИИ ДЛЯ РАДИОВОЛНОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

# Георадар



# Исследования болот и заболоченных участков





# Георадарное обследование аэропортов

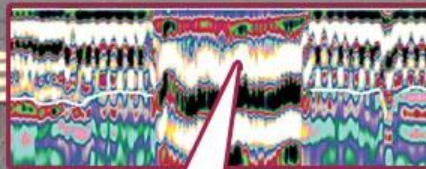


**мелкие дефекты в бетоне**

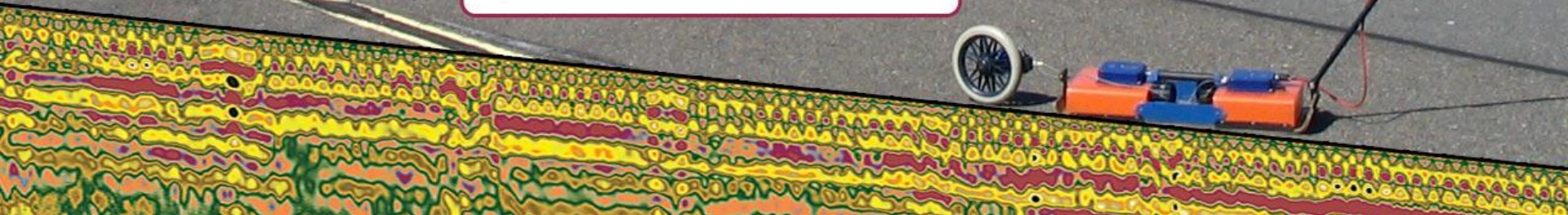


**стержни арматуры**

**вставка бетона с фиброй**



**участок обводненного бетона**

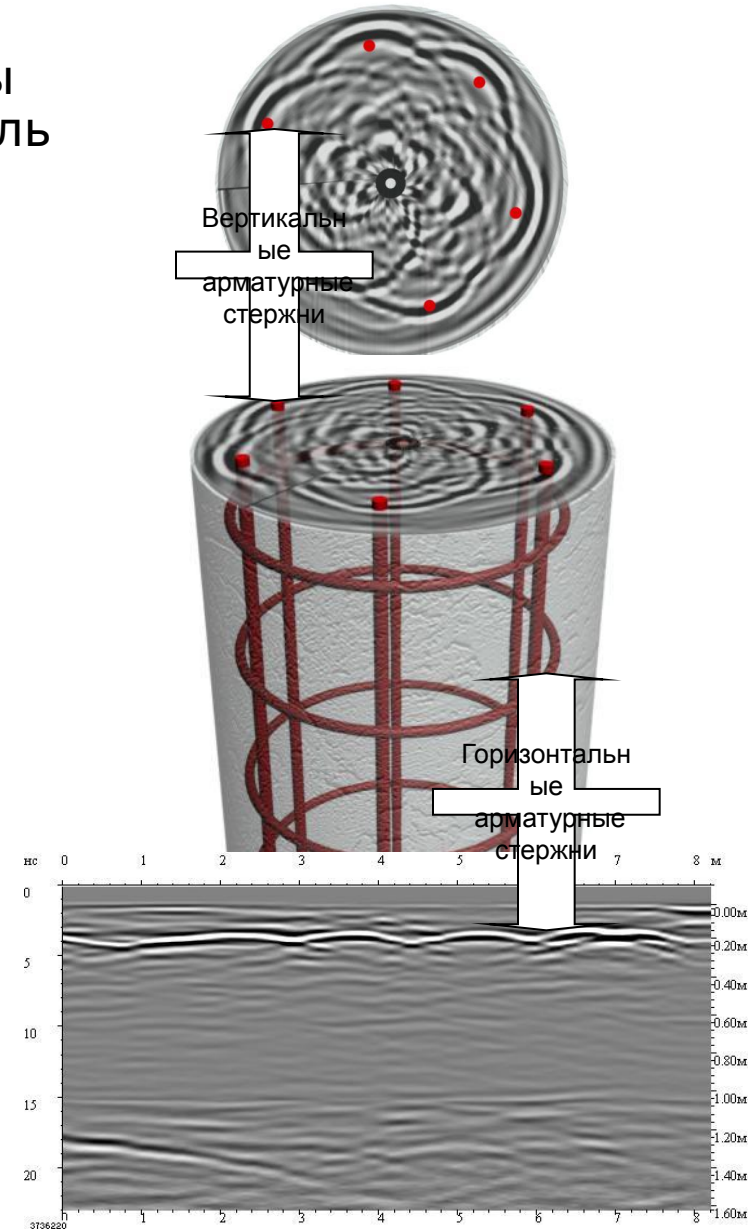


# Обследование бетонных конструкций. Колонны.

Проведение георадиолокационной съемки по периметру и вдоль колонны позволяет получить трехмерную модель объекта с арматурной сеткой



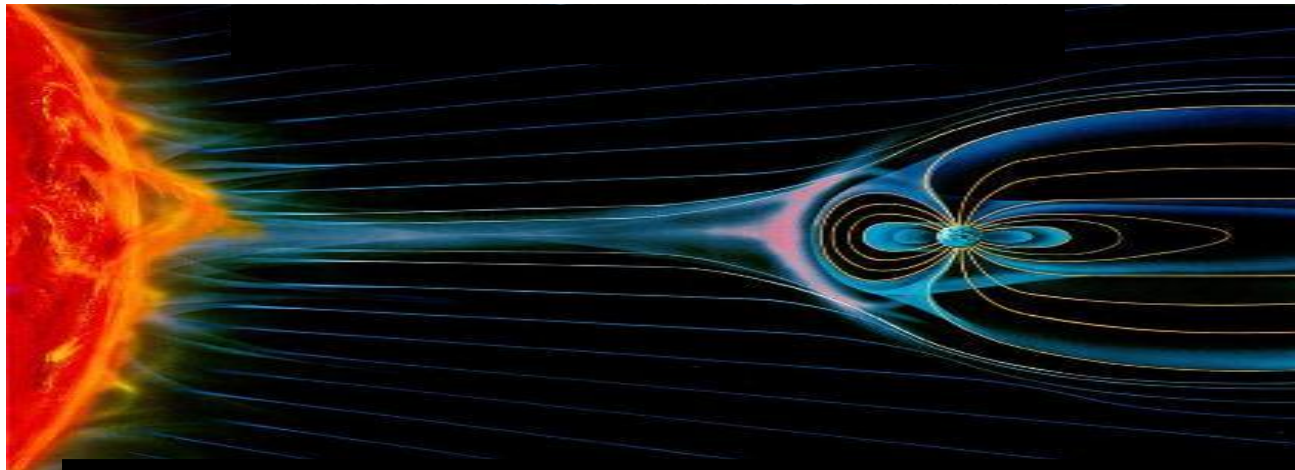
Материал предоставлен Ростовским государственным университетом путей сообщения. Явна В.А.



# Магнитотеллурическое зондирование

## Два основных механизма возникновения магнитотеллурического поля

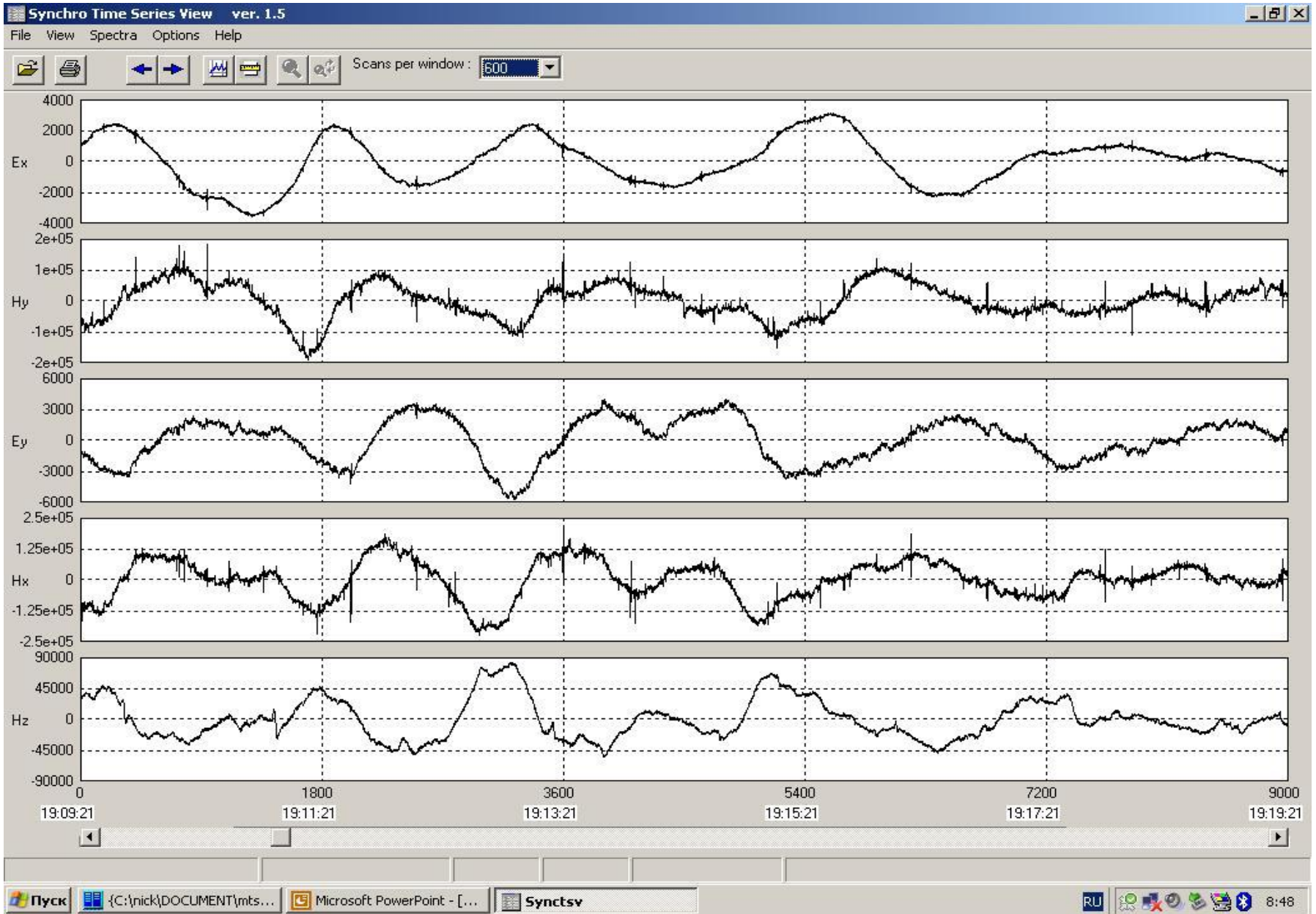
- Солнце периодически испускает потоки заряженных частиц – солнечный ветер. После взаимодействия с магнитосферой и ионосферой получаем источник ЭМ колебаний в диапазоне частот от 0,0001 Гц до первых сотен Гц



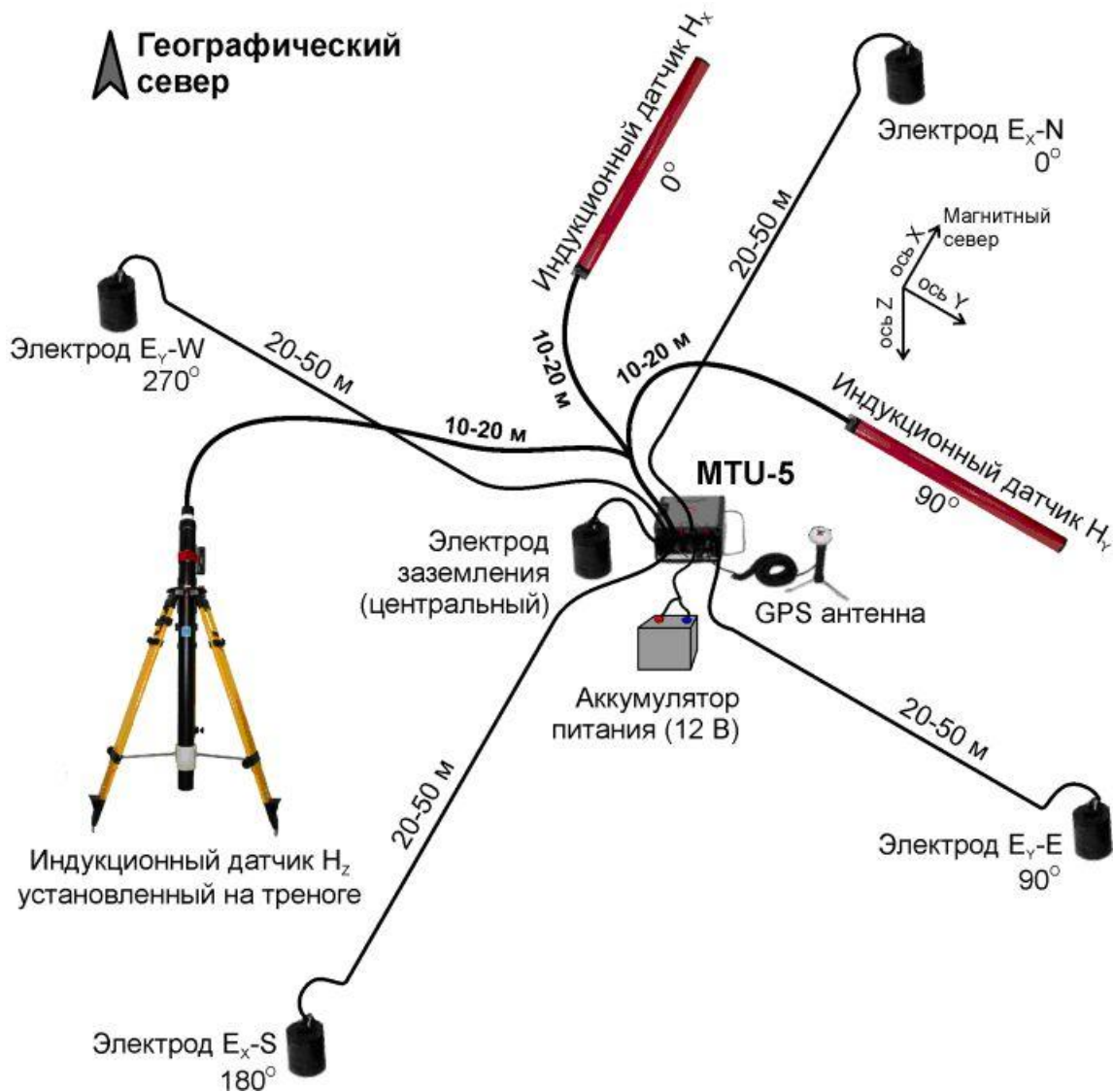
- Грозовые разряды возбуждают резонатор ионосфера-Земля и получаем еще один источник ЭМ – колебаний в диапазоне частот примерно от первых Гц до 12 КГц



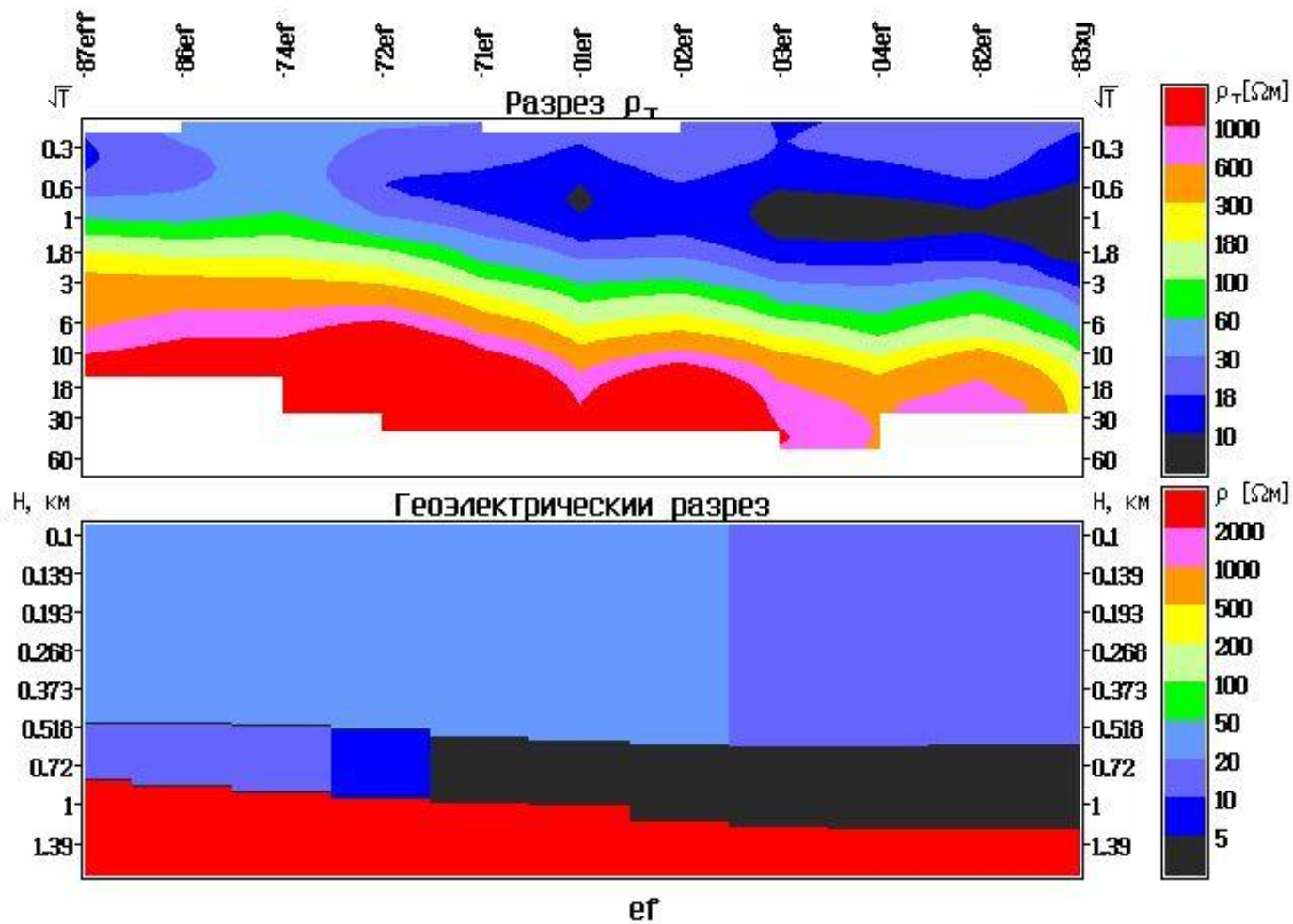
# Пример записи компонент естественного электромагнитного поля Земли (ЕЭМП)



# Измерение магнитотеллурического поля



# Результат интерпретации полученных данных



# Поля используемые в электроразведке

По происхождению

- **естественные:** магнитотеллурическое поле, возникающее в результате взаимодействия с Землей вихревых токов в ионосфере и грозových разрядов; электрохимические поля, возникающие вследствие электрохимических, фильтрационных и диффузионно-адсорбционных процессов на границе раздела различных сред;
- **искусственные** – поля, которые создаются при помощи заземленных линий, подключенных к источнику переменного или постоянного тока, незаземленных контуров, питаемых переменным током, а также антенн.

## *решаемые задачи:*

- изучение почв;
- поиск и изучение археологических объектов;
- поиск и изучение состояния техногенных объектов (трубопроводы, фундаменты, кабели и др.);
- изучение строения грунтов и их свойств при строительстве инженерных сооружений (инженерно-геологические задачи);
- изучение и поиск подземных вод (гидрогеологические задачи);
- изучение загрязнений грунтов и подземных вод (геоэкологические задачи);
- изучение многолетнемерзлых пород;
- проведение геологического картирования;
- поиск и разведка строительных материалов и других нерудных полезных ископаемых;
- поиск и разведка рудных месторождений;
- поиск и разведка геотермальных ресурсов;
- выявление локальных нефтегазоперспективных структур, оценка коллекторских свойств отдельных слоев осадочного чехла;
- изучение осадочных бассейнов на региональном уровне;
- изучение проводящих зон в земной коре и верхней мантии (глубинная геоэлектрика);
- мониторинг электромагнитных полей с целью изучения природных и техногенных процессов в Земле (например, для прогноза землетрясений).