

МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Литература

1. **Семенов А.С.** Электроразведка методом естественного электрического поля. Л. Недра, 1974.
2. **Комаров В.А.** Электроразведка методом вызванной поляризации. 2-е изд. Л.,Недра, 1980. 391 с.
3. **Рысс Ю.С.** Геоэлектрохимические методы разведки. (Введение в геоэлектрохимию).- Л.,Недра, 1983. 255 с.
4. **Хмелевской В.К.** Основной курс электроразведки : в 3 ч. — М. : Изд-во МГУ, 1970-1975. Ч. 1: Электроразведка постоянным током. — 1970. — 243 с.
5. **Электроразведка : справочник : в 2 кн. / под ред. В. К. Хмелевского.** — М. : Недра, 1989.Кн. 2. — 2-е изд., перераб. и доп. — 1989
6. **Якубовский Ю. В.** Электроразведка : учебник / 2-е изд., перераб. . — М. : Недра, 1980. — с.384 : ил. — Библиогр.: с. 381.
7. Физико-химические основы прямых поисков нефти и газа. Под ред. Е.В. Каруса. –М.: Недра, 1986. 336 с.
8. Сейфуллин Р.С., Хавензон И.В. Аномалии естественного электрического поля над залежами углеводородов. //Разведочная геофизика. Вып.100. М : Недра, 1985 с 50 – 53

Классификация основных электроразведочных методов по типу используемого поля

Искусственное электромагнитное поле				Естественное электромагнитное поле						
Постоянное электрическое поле		Переменное электромагнитное поле		Постоянное электрическое поле		Переменное электромагнитное поле				
Метод сопротивлений (основан на измерении ρ_k)		Метод поляризационный	Частотный метод	Метод становления поля	Метод поляризационный (электрохимический)	Магнитотеллурические токи				
Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)	Горизонтальное электрическое зондирование (ДЭЗ)	Метод вызванных потенциалов (ВП)	Частотное зондирование (ЧЗ)	Метод становления поля (МСП)	Метод естественного поля (ЕП) или поля самопроизвольной поляризации (ПС)	Метод теллурического зондирования (МТЗ)	Метод теллурического профилирования (МТП)	Метод теллурических токов (МТТ)	Магнитовариационная разведка	Магнитовариационное зондирование (МВЗ)
Электрическое профилирование (ЭП)	Метод заряженного тела									

МЕТОД ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ (ЕП)

Метод естественного электрического поля основан на изучении постоянных естественных электрических полей локального характера. Происхождение этих полей может быть связано с физико-химическими процессами, в которых участвуют некоторые геологические образования, а также с электрокинетическими явлениями в многофазных средах, каковыми являются горные породы.

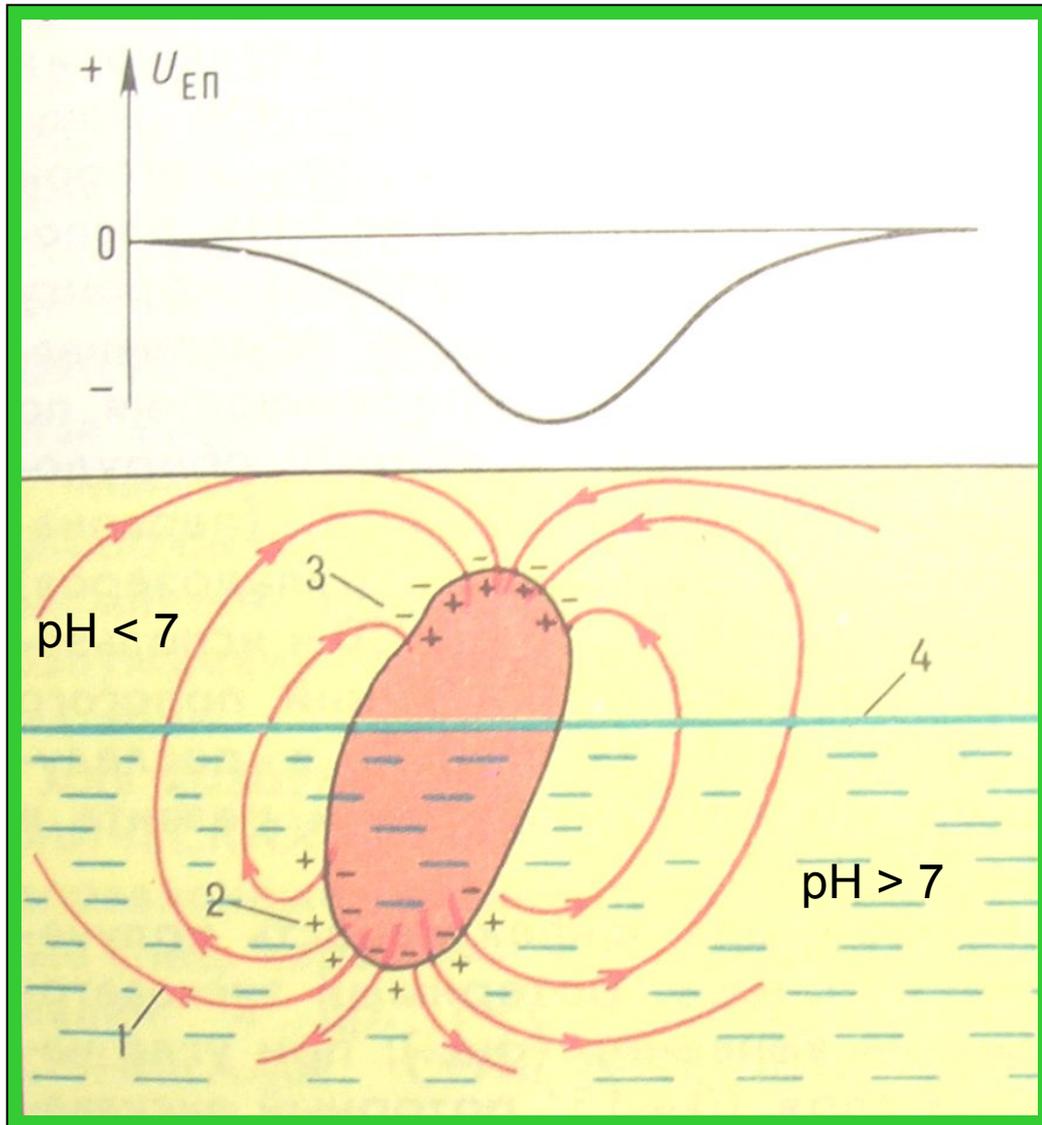
Механизм возникновения естественных полей (ЕП) до конца не выяснен. Установлено, что в естественных условиях могут возникать три типа электрических потенциалов:

1. Окислительно-восстановительные.
2. Фильтрационные.
3. Диффузионно-адсорбционные

1. Окислительно-восстановительные потенциалы.

Значительная роль в создании ЕП принадлежит электрохимическим процессам, возникающим вокруг природных электронных проводников, окруженных ионопроводящими влагонасыщенными горными породами. Электрохимическая активность (pH , Eh) природных растворов меняется с глубиной, например, при переходе через уровень грунтовых вод. Под действием вод, богатых кислородом и углекислотой ($pH < 7$), верхняя часть рудной залежи окисляется, т. е. ионы металла отдают электроны, увеличивая свою валентность (например, $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$). При этом сульфиды превращаются в сульфаты и серную кислоту, а на границе руда — порода возникает двойной электрический слой .

Окислительно-восстановительные потенциалы



В нижней части рудного тела в зоне восстановления ($pH > 7$), наоборот, происходит присоединение электронов ионами металлов, и на границе с рудным телом наблюдается скачок потенциала обратного знака (по сравнению с верхней частью тела). Таким образом, сульфидное рудное тело становится по существу природным гальваническим элементом с катодом в верхней части тела и анодом в нижней. Этот элемент, будучи замкнутым через вмещающие породы, создает в них ток и электрическое поле на поверхности земли.

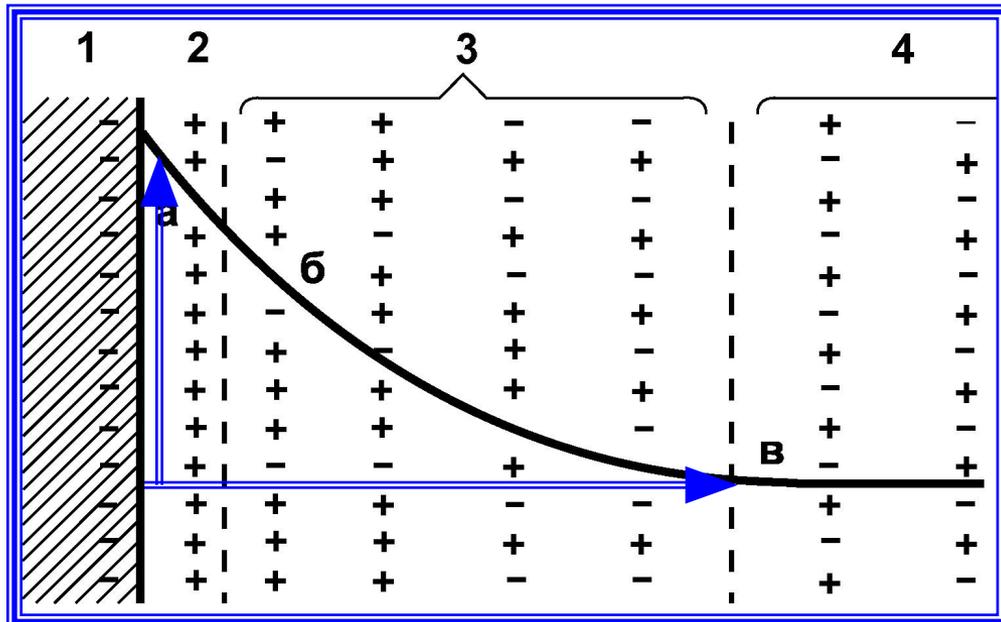
Над проводниками (рудные тела) возникают естественные электрические поля, связанные с окислительно-восстановительными процессами.

- 1 – токовые линии,
- 2 – зона восстановления,
- 3 – зона окисления,
- 4 – уровень грунтовых вод.

2.1.2. Электрическая поляризация (electrical polarization)

Двойной электрический слой (ДЭС)

Контакт твердого тела и электролита



← ДЭС →

- 1 – поверхность минерала
- 2 – адсорбционный слой (неподвижный)
- 3 – диффузный слой (относительно подвижный)
- 4 – свободный электролит

Факторы, влияющие на ЭП

а) состав минерала-полупроводника

0,41-0,48 В

Графит ► Магнетит ► Пирит ►

Халькопирит ► Арсенопирит ► Пирротин ►

Галенит ► Сфалерит

0,14-0,29 В

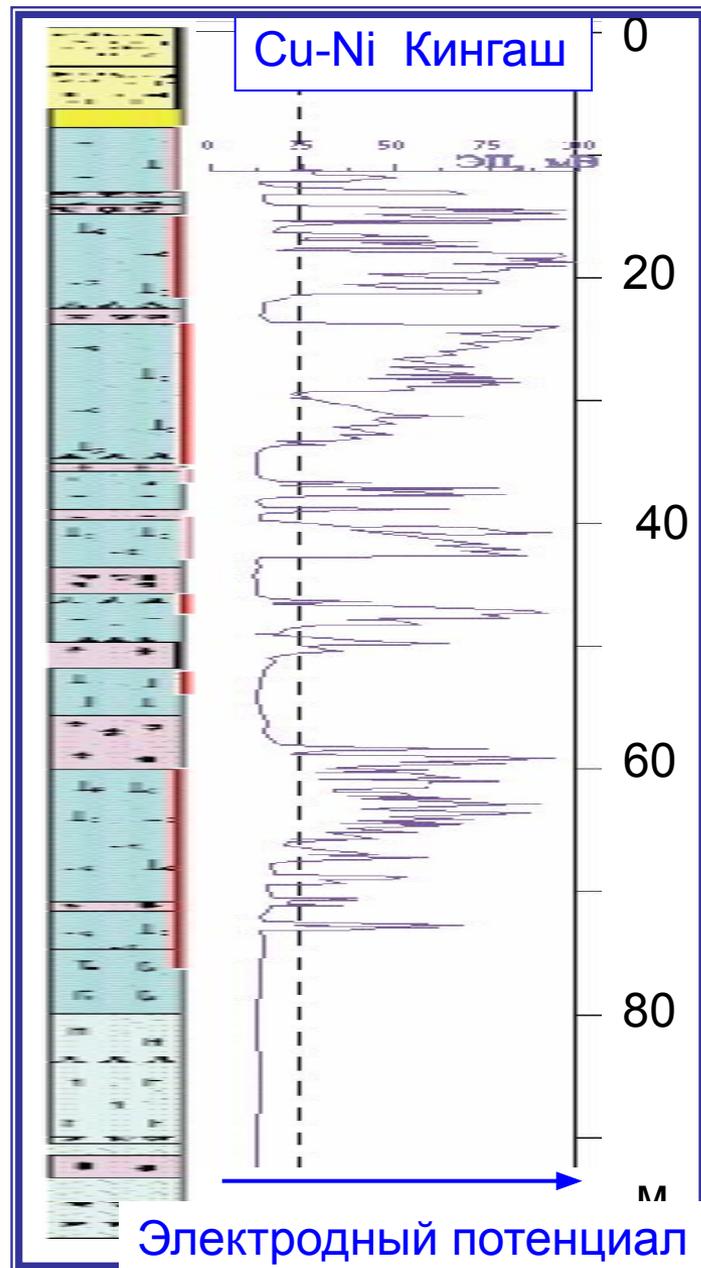
(ряд понижения электродного потенциала)

б) свойства электролита

•*Окислительный потенциал (ЭП ~ Eh)

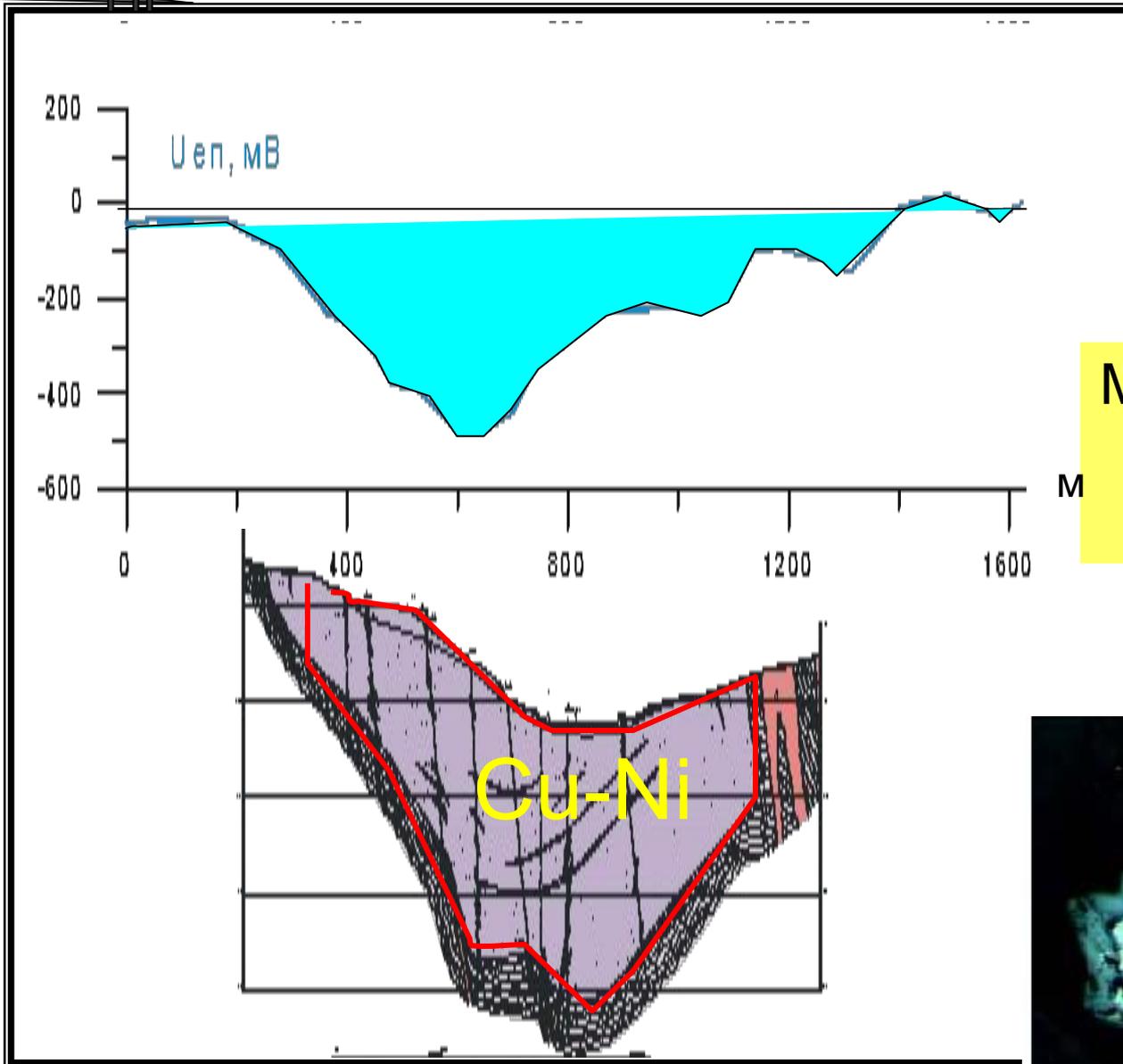
•*Кислотность (ЭП ~ 1/pH)

Поляризация геологического тела



НГ

Пример



Медно-никелевое
месторождение
«Кингаш»



Sil

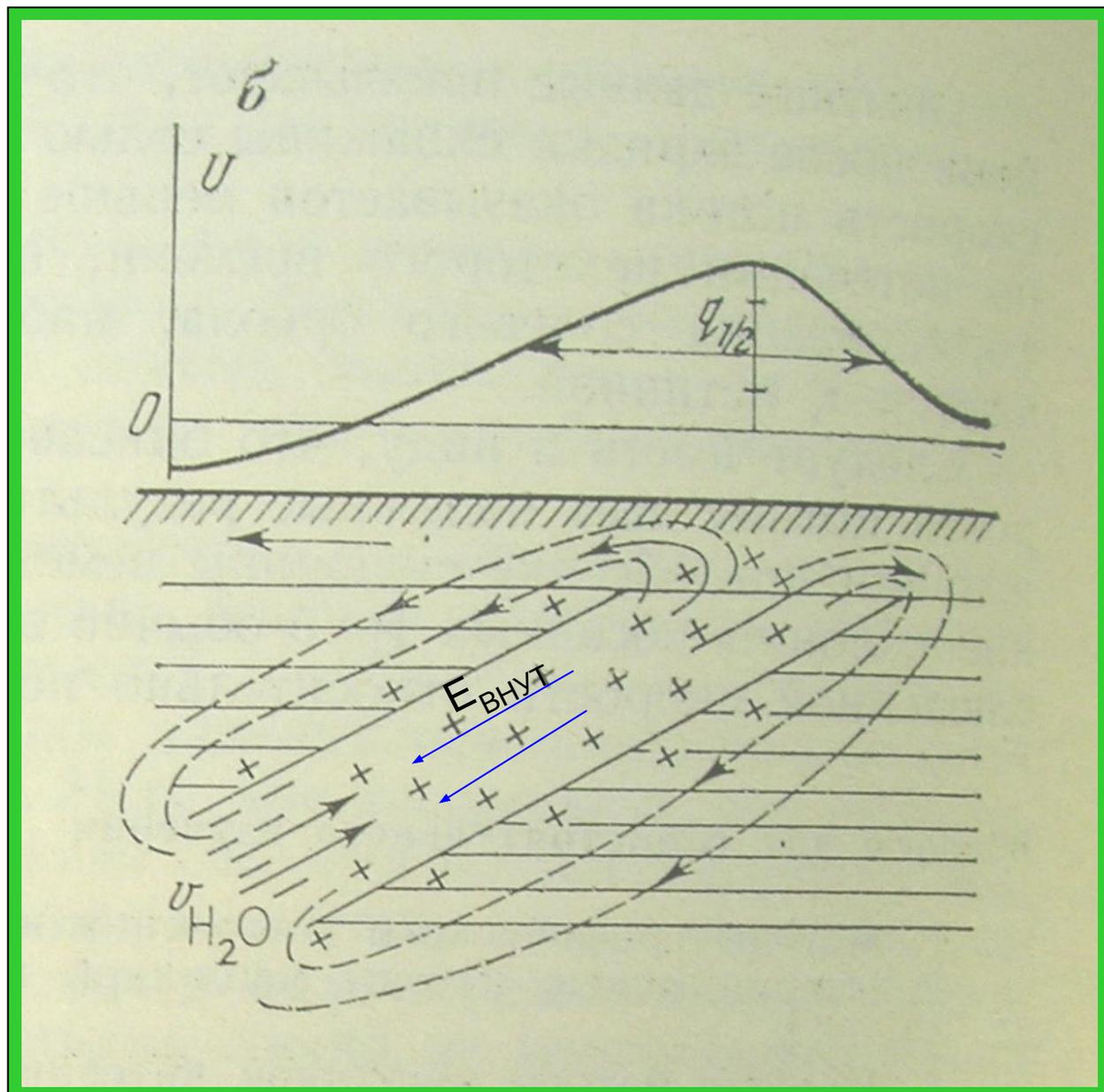
Фильтрационные потенциалы.

Фильтрационные процессы, приводящие к возникновению фильтрационных потенциалов — второй важный механизм возникновения ЕП. Согласно существующим представлениям, в горной породе из-за адсорбции отрицательных ионов (анионов) раствора на стенках капилляров образуется двойной электрический слой. Внутри капилляра остаются свободные диффузно распределенные положительные ионы (катионы), которые подхватываются движущимся раствором и накапливаются у выхода из капилляра. Это продолжается до тех пор, пока возникающее внутреннее электрическое поле (Е), действующее вдоль капилляра против Естр потока, перемещающего катионы, не уравнивает процесс. Поле Естр действует подобно стороннему электрическому полю в гальваническом элементе. Таким образом, в капилляре электрические заряды не перемещаются, но действует поле, напряженность которого определяется выражением

$$E^{cmp} = \frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \rho \cdot \zeta \cdot V}{\pi \cdot r_0^2}$$

где ε — диэлектрическая постоянная жидкости, заполняющей капилляр; ρ — удельное сопротивление этой жидкости; ζ — разность потенциалов между подвижной и неподвижной обкладками двойного слоя (дзета-потенциал); V — средняя скорость движения жидкости; r_0 — радиус неподвижной части двойного слоя.

Фильтрационные поля



В областях распространения осадочных пород возникают естественные поля, связанные с фильтрационными процессами

При нисходящей фильтрации потенциал уменьшается, при восходящей - увеличивается, поэтому для фильтрационных потенциалов характерна обратная корреляция с рельефом

Диффузионно-адсорбционная поляризация (membrane polarization)

Условие возникновения –
различие:

- концентраций раствора
- скорости диффузии ионов разного знака
- адсорбционной способности породы

Потенциал разбавленного раствора

-11.6 мВ ----- +58. мВ

Песчаники

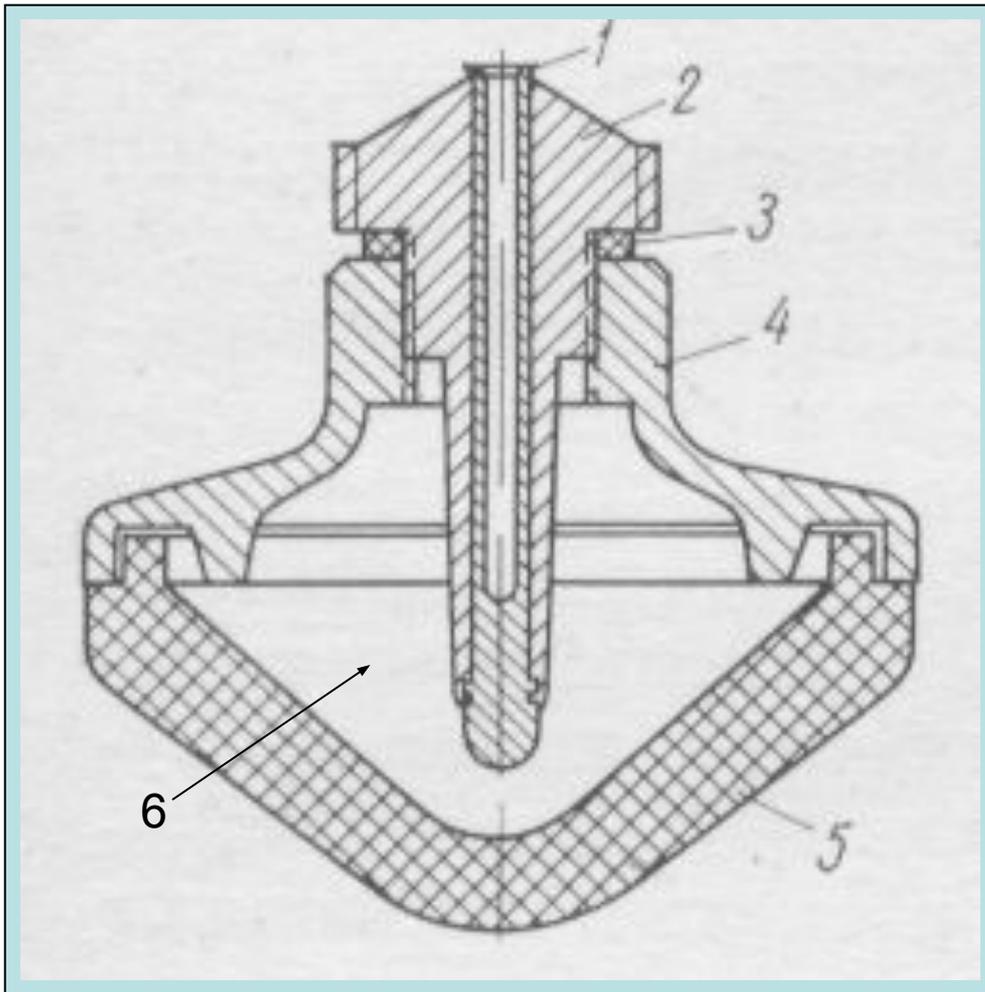
Глины

← **Песчанистость**

Глинистость →

(способность к адсорбции)

Устройство неполяризуемого электрода системы Полякова для измерений методом естественного электрического поля



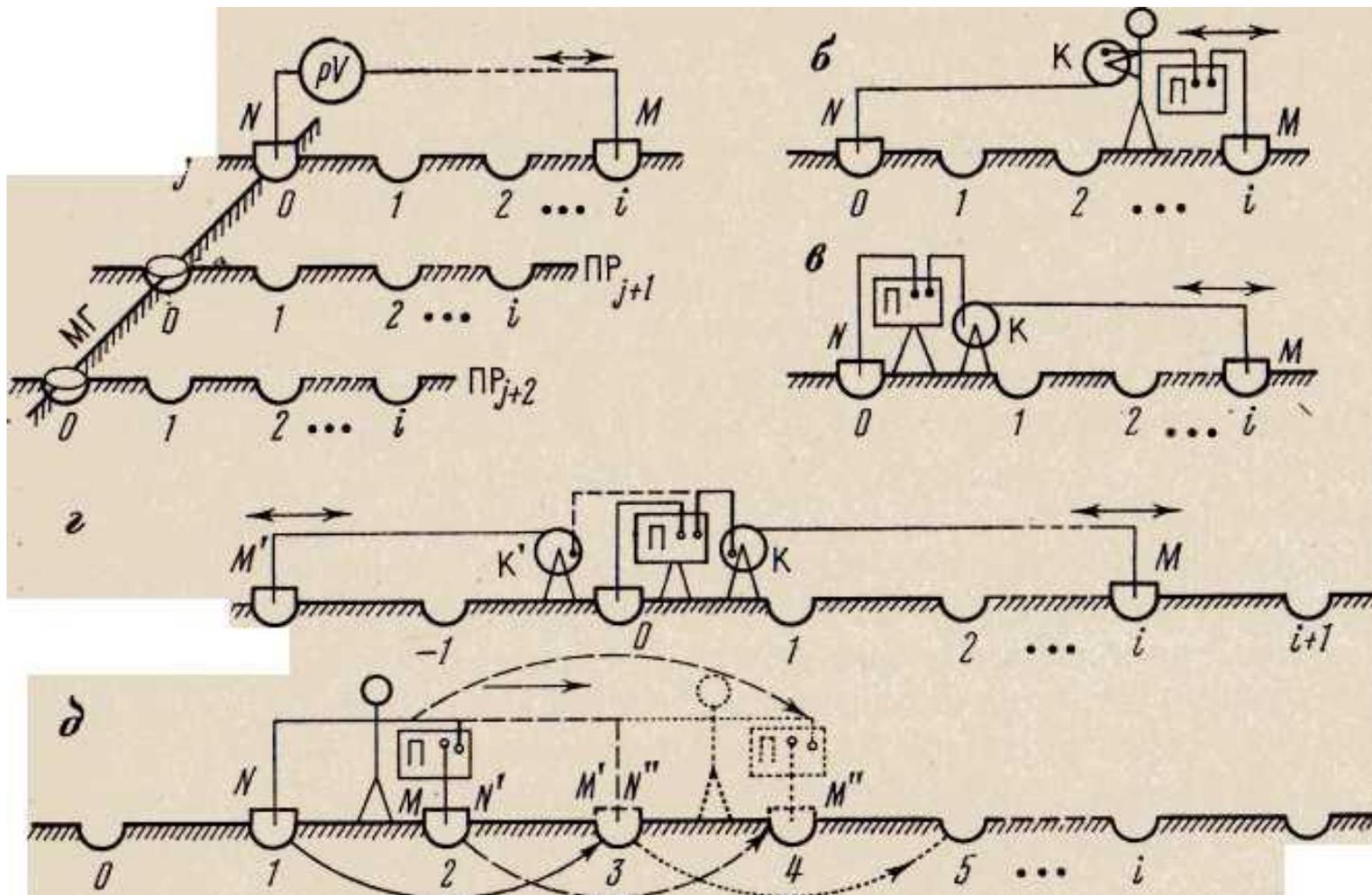
Эти электроды применяются для уменьшения собственной ЭДС поляризации электродов.

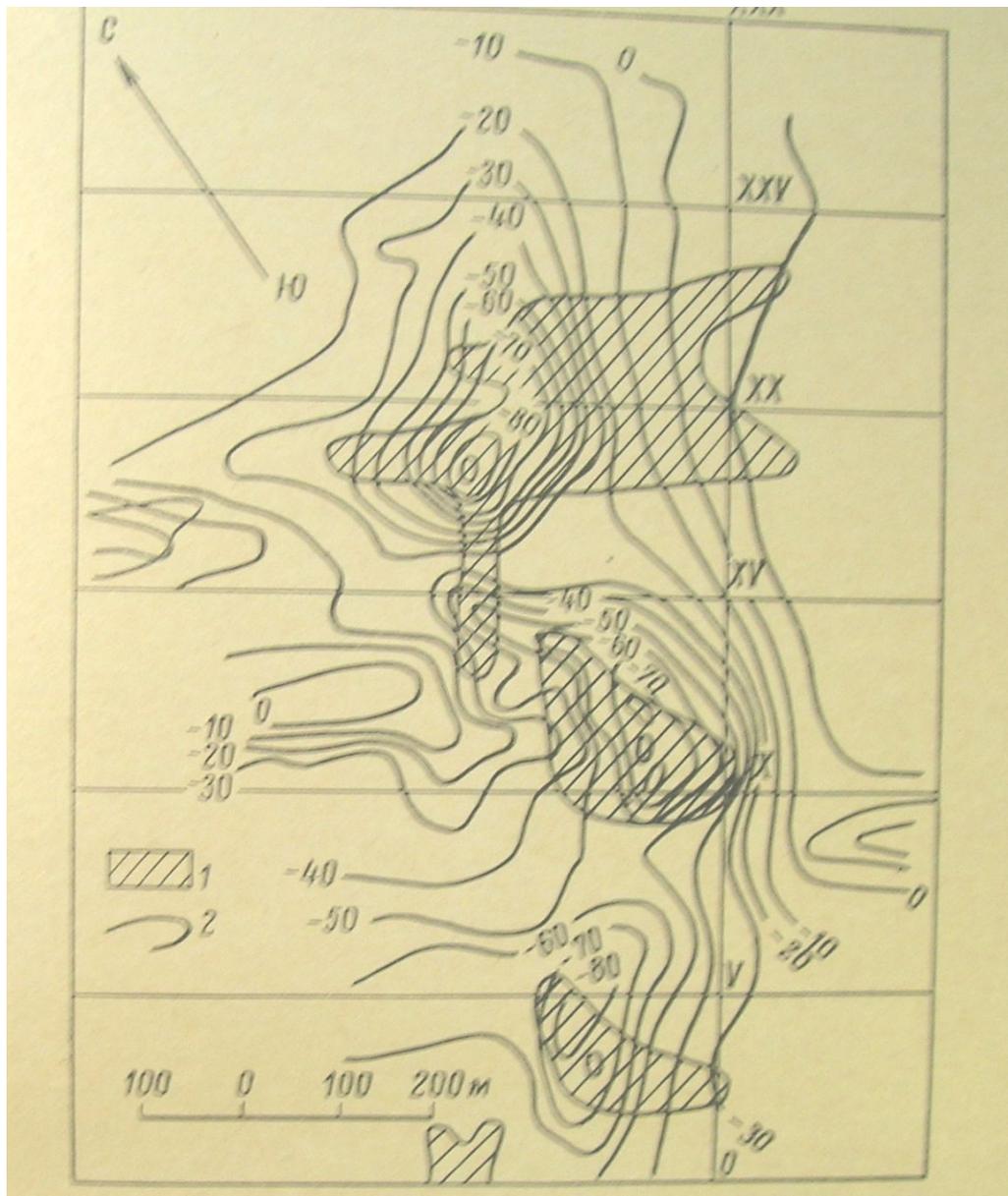
- 1 – медный электрод.
- 2 – изолирующая пробка.
- 3 – герметизирующая резиновая прокладка.
- 4 - пластмассовый корпус.
- 5 – пористый керамический сосуд.
- 6 –раствор медного купороса.

Методика полевых работ методом ЕП

- Способы наблюдений: 1. Способ потенциалов (а, б, в, г)
2. Способ градиентов (д)

Особенность – необходимо учитывать собственную ЭДС поляризации электродов.





**Карта изолиний потенциала
естественного поля над
полиметаллическими
рудными телами.**

Интерпретация данных метода ЕП

Для сферической залежи

$$U_S = -2E_0 a^2 \frac{\rho_e}{\rho_e + 2\rho_s} \cdot \frac{h}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

где U_S - потенциал вертикально поляризованной сферы, a – ее радиус, ρ_e - удельное сопротивление среды, ρ_s - удельное сопротивление сферы, E_0 - максимальный скачок потенциала на поверхности сферы.

По параметрам m и q проводится количественная интерпретация графиков $U_{ЕП}$

Для сферы

$$h = 0,65 \quad q = 0,86 \quad m$$

Для горизонтального кругового цилиндра

$$h = 0,5 \quad q = 0,6 \quad m$$

Для вертикального пласта

$$h = 0,4 \quad q = 0,55 \quad m$$

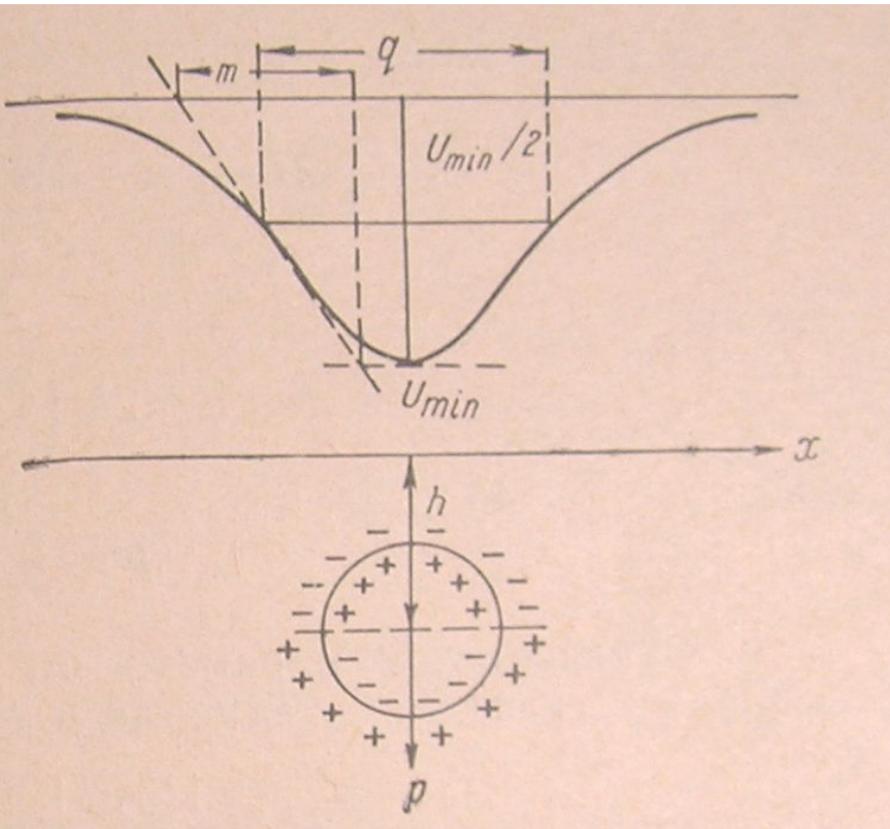
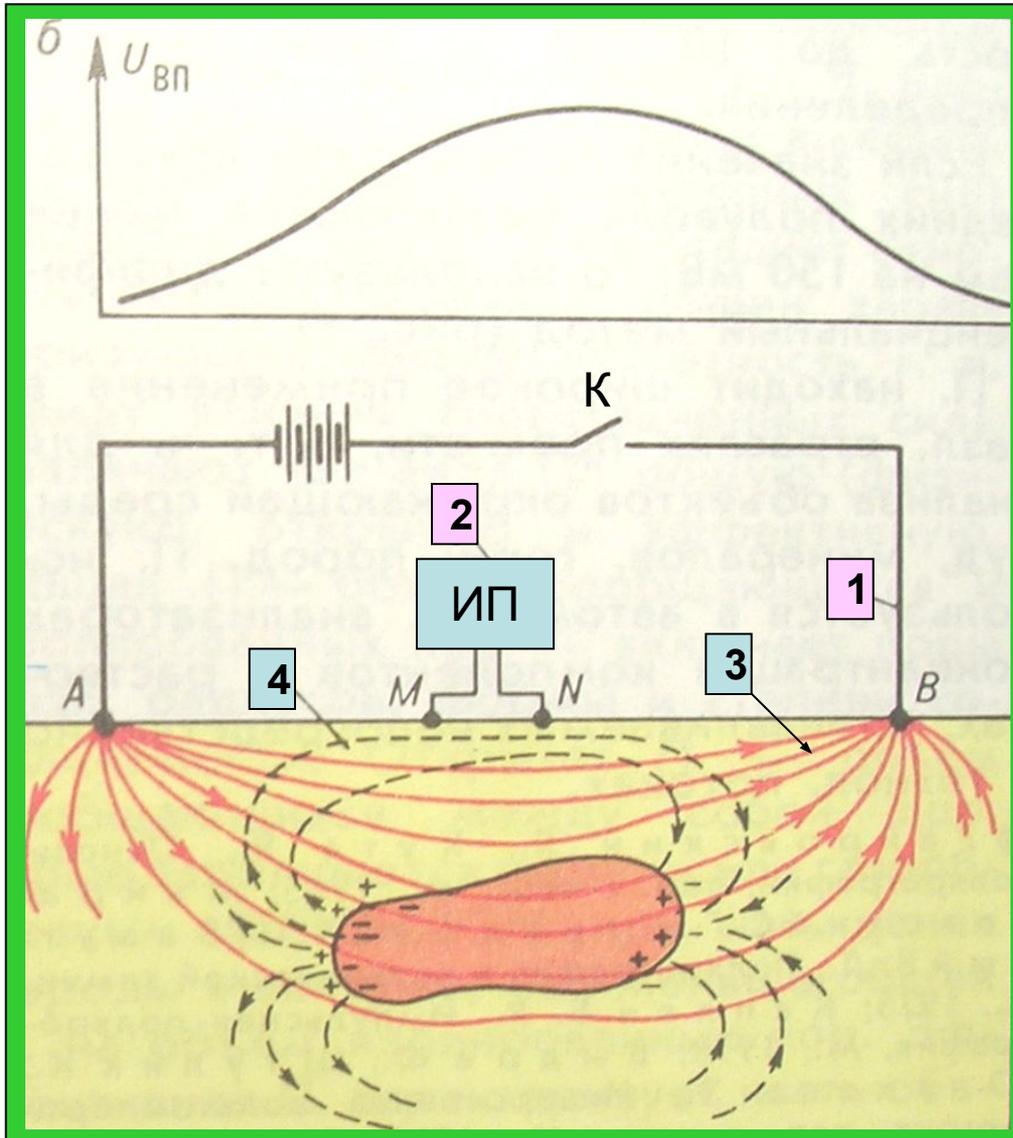


График потенциала естественного поля над вертикально поляризованной сферой и способы определения параметров m и q

МЕТОД ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ (ВП)



Основан на исследовании полей, создаваемых искусственно поляризованными горными породами и рудами.

В питающей линии пропускают импульс тока длительностью от нескольких сек до 5 минут. Во время пропускания тока измеряют ΔU_{MN} .

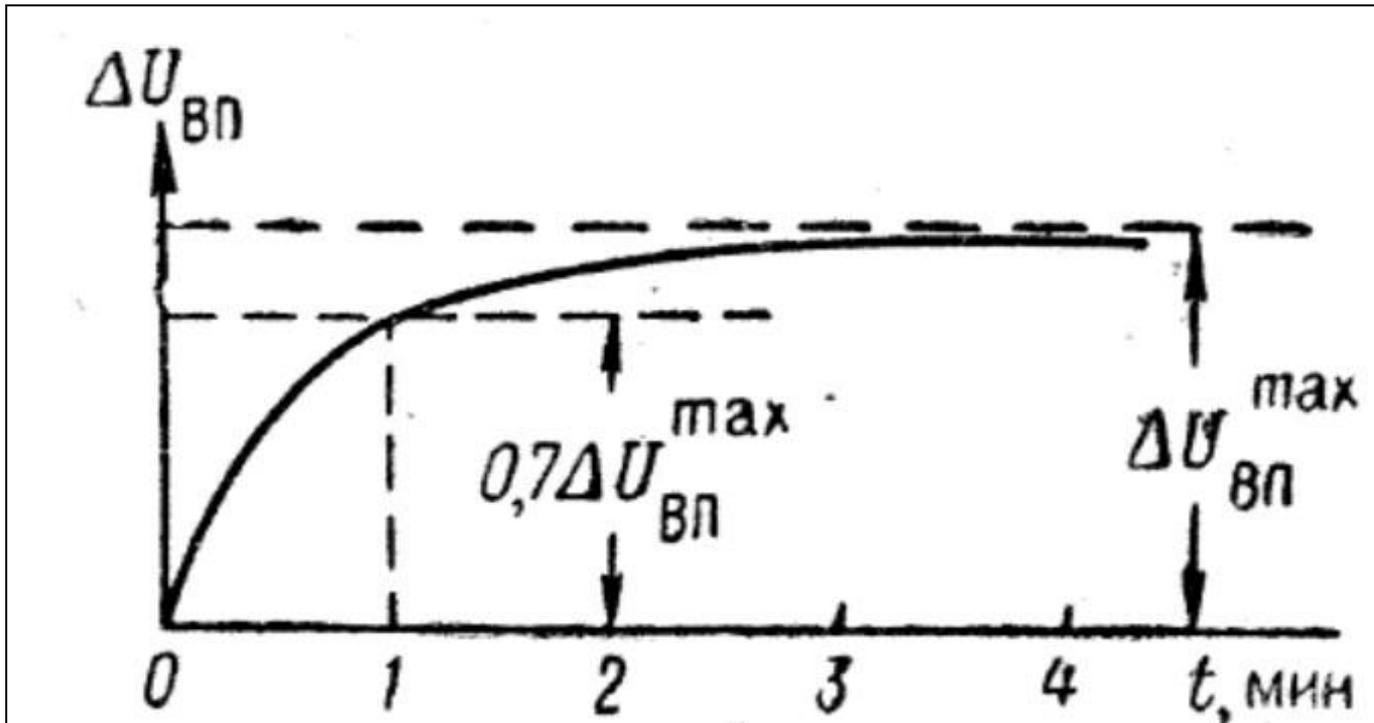
1- питающая линия, 2 – измерительный прибор, 3 – токовые линии поляризующего поля, 4- токовые линии вторичного поля.

После выключения тока измеряют спад вторичной ЭДС в линии MN

В результате определяют два параметра

$$\rho_k = k \frac{\Delta U_{IP}}{J}$$

$$\eta_k = \frac{\Delta U_{ВП}(t)}{\Delta U_{IP}} 100\%$$



Разность потенциалов в линии MN после выключения тока зависит от времени зарядки. Установлено, что $\Delta U_{ВП}$ **во время пропускания тока** изменяется по экспоненте, приближаясь в течение 3-5 минут к $\Delta U_{ВП}^{max}$.

После пропускания тока спад сигнала в линии MN - примерно по эмпирическим зависимостям:

$$\Delta U_{ВПt} = \Delta U_{ВП0} \cdot e^{-\beta \cdot t} \quad \Delta U_{ВПt} = \frac{\Delta U_{ВП0}}{1 + \beta \cdot t}$$

В методе ВП могут применяться те же установки, что и в методах сопротивлений

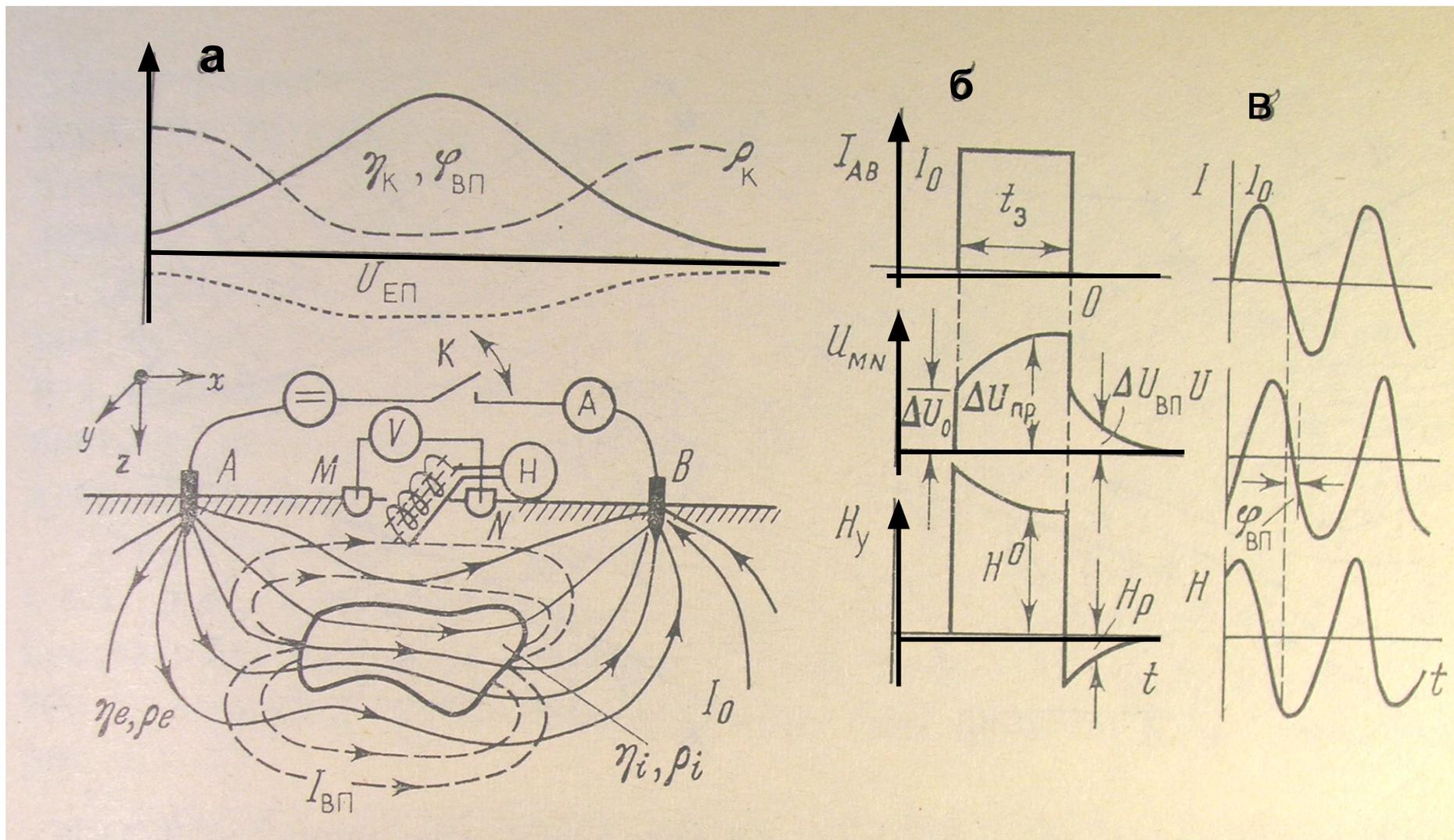
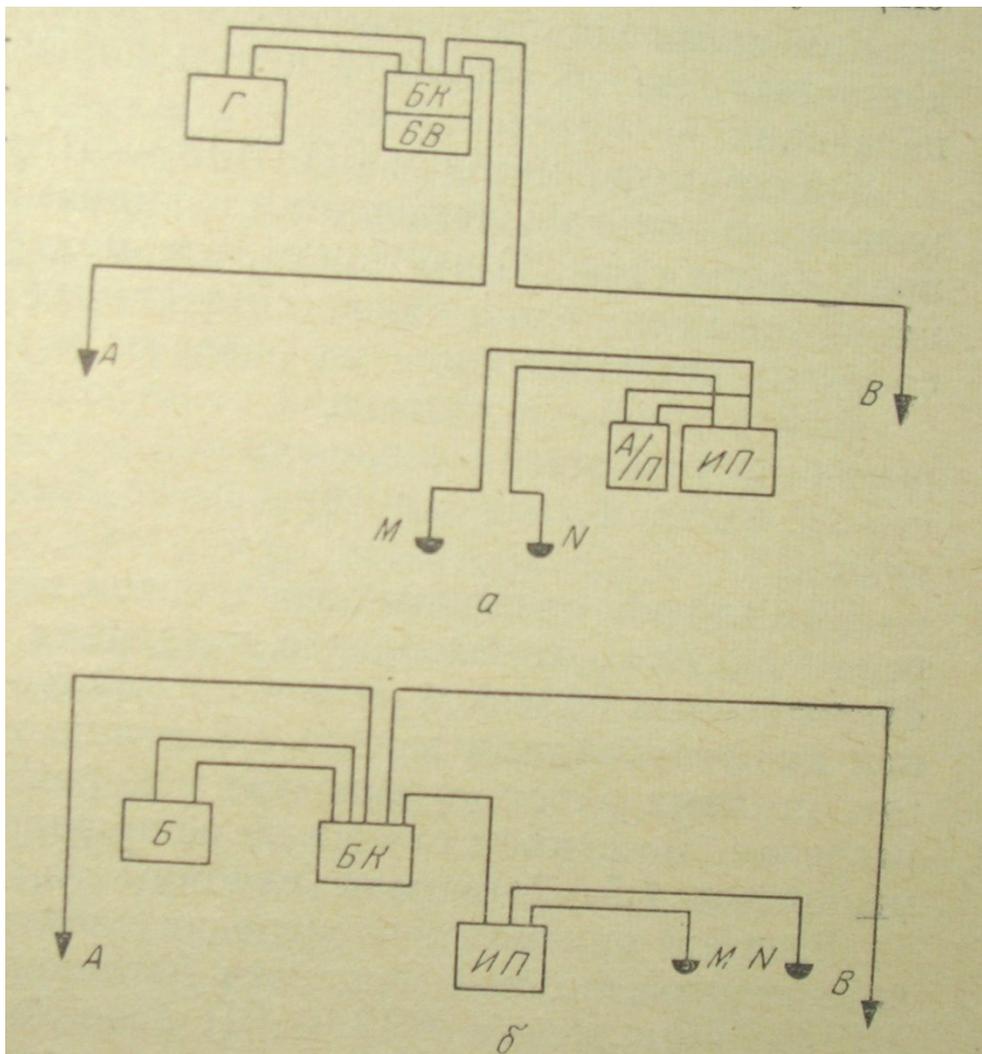


Схема возбуждения и регистрации вызванной поляризации электронно-проводящего рудного тела при импульсном поляризующем токе и при гармоническом поле

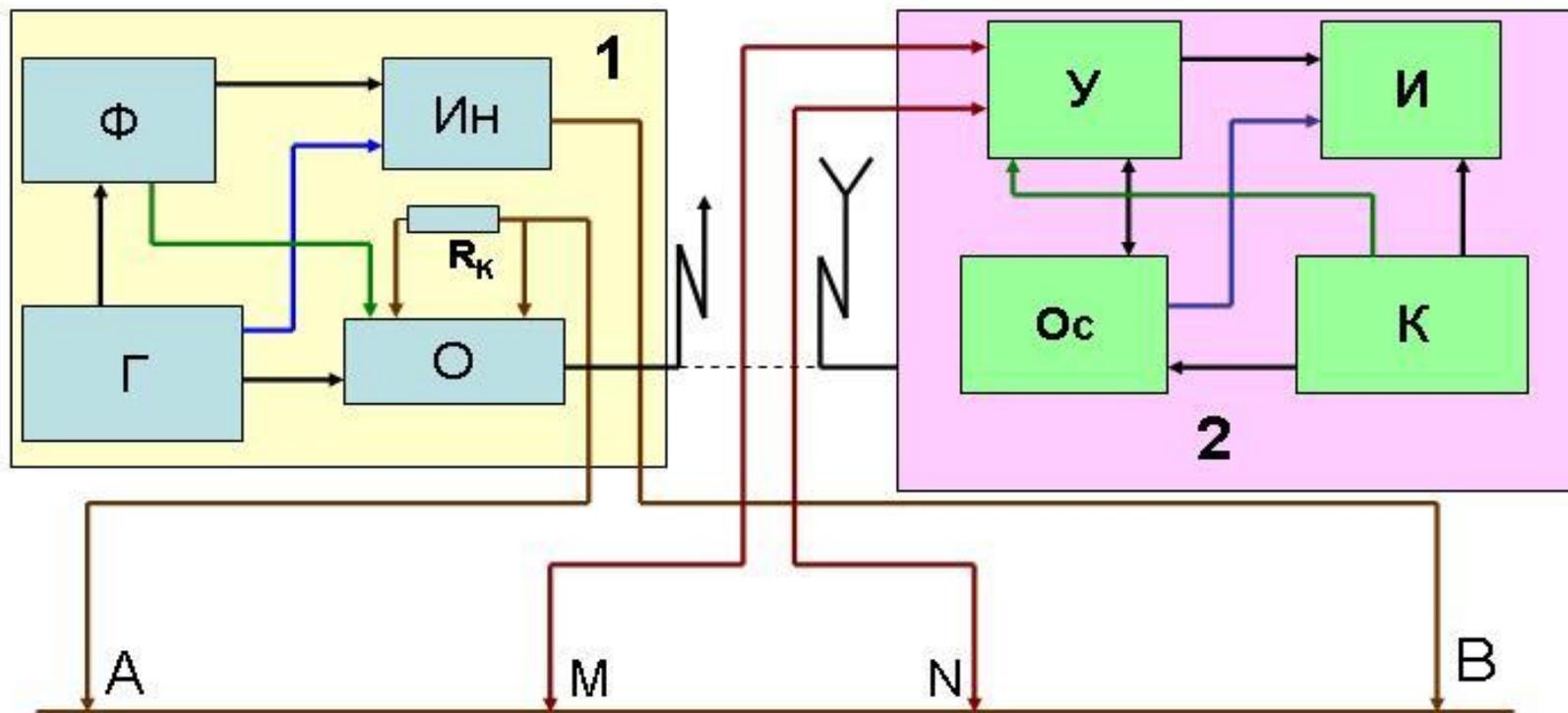


$$\Delta U_{\text{ВП}}(t) = \Delta U_{\text{ВП}}(0) \exp(-\lambda t)$$

$$\eta_{\text{к}} = (\Delta U_{\text{ВП}} / \Delta U_{\text{ПР}}) 100\%$$

**Блок-схема станции ВПП – 67.
а – работа с генератором, б – работа
с батареями**

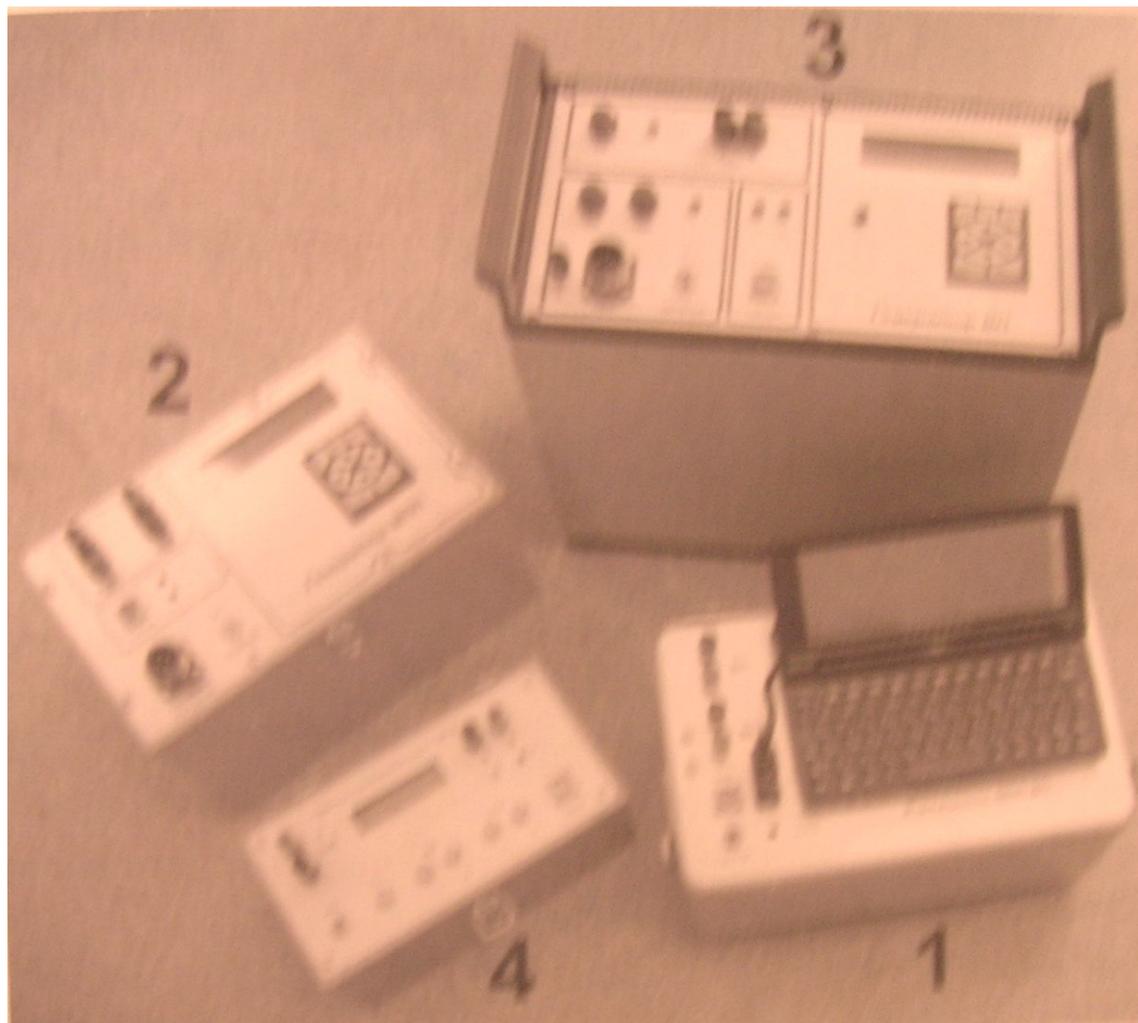
Обобщенная схема аппаратуры для измерения ВП
в гармонически меняющихся полях



1 – Генераторная группа

2 – Измерительное устройство

Аппаратурный комплекс АИЭ - 2



- 1 – измеритель МПП – ВП
- 2 – Генератор МПП-1000
- 3 – генератор ВП-1000
- 4 - генератор ВП-60

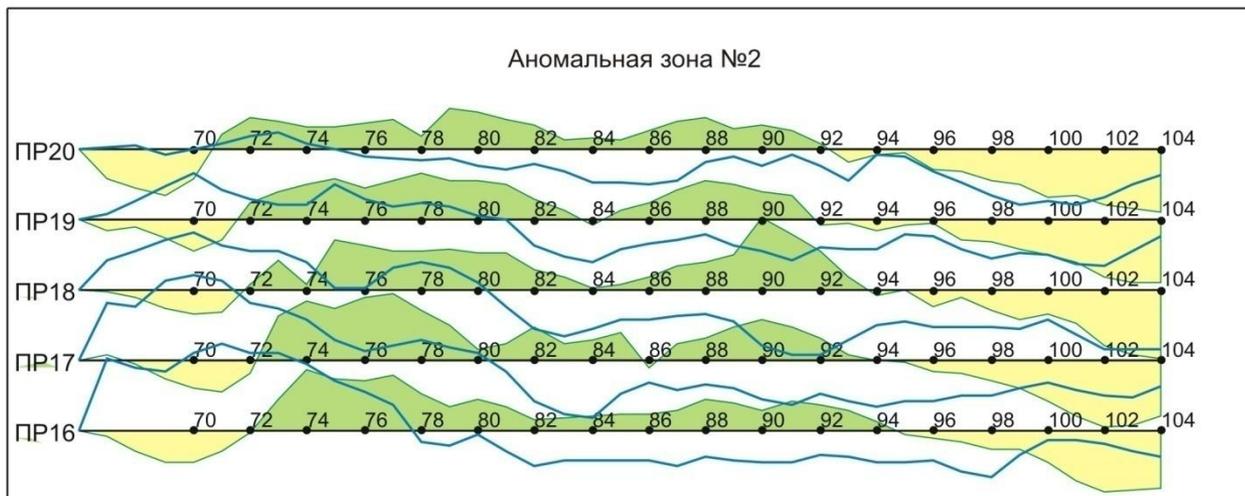
Аппаратурный комплекс АИЭ - 2



Генгруппа 10 кВт и измерительный комплект «Импульс – Д»
для больших глубин.

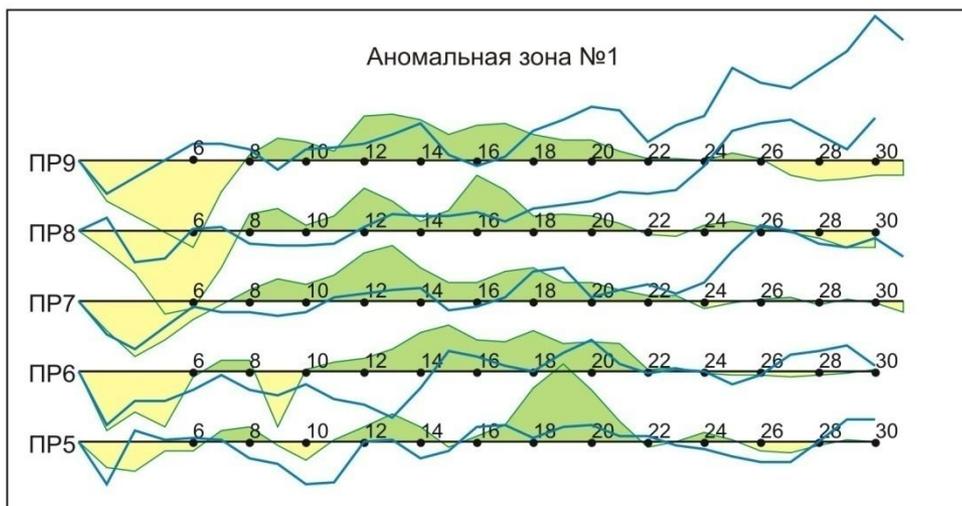


Пример планов графиков, полученных установкой ВП-СГ

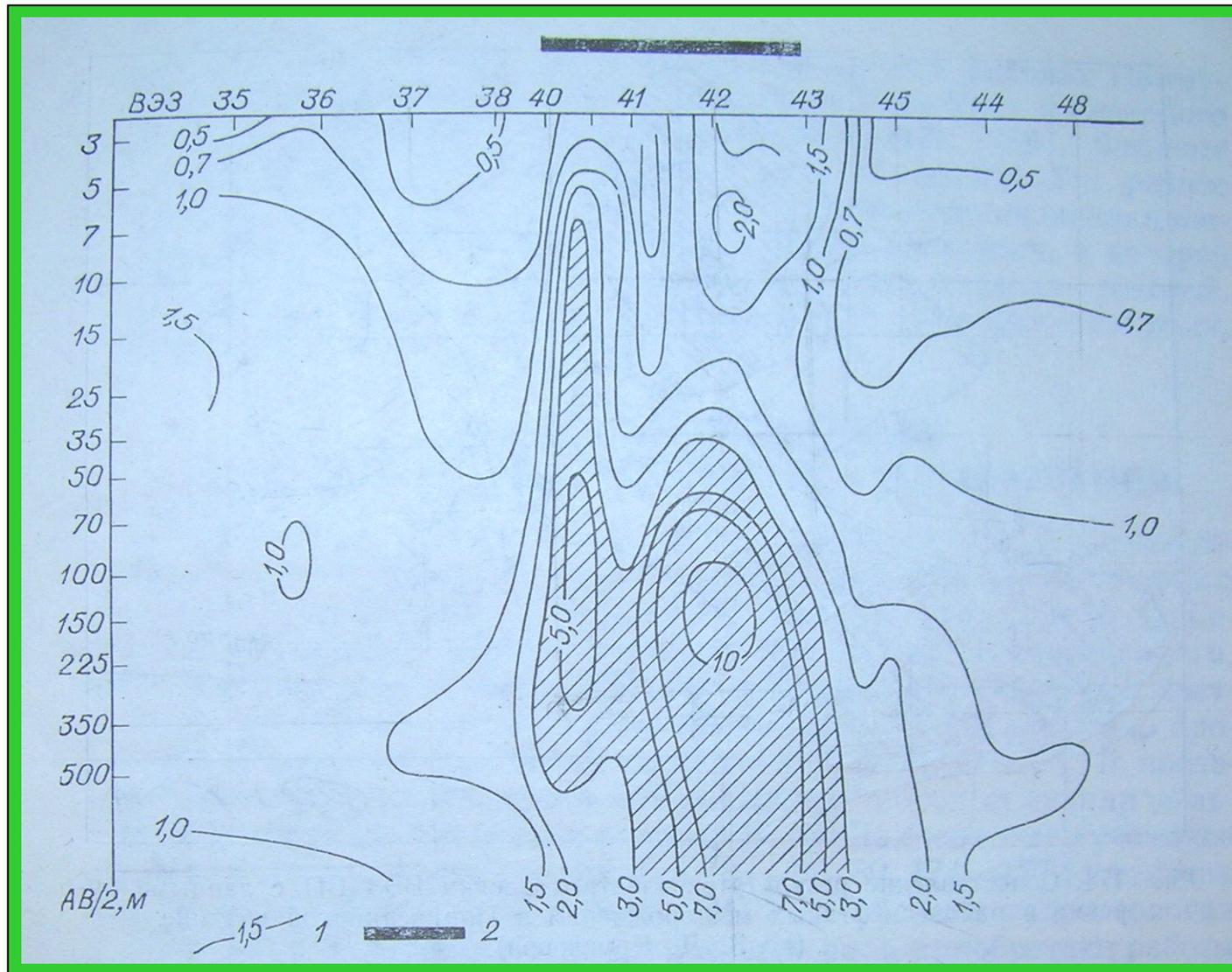


$\eta_k, \%$
3
2
1

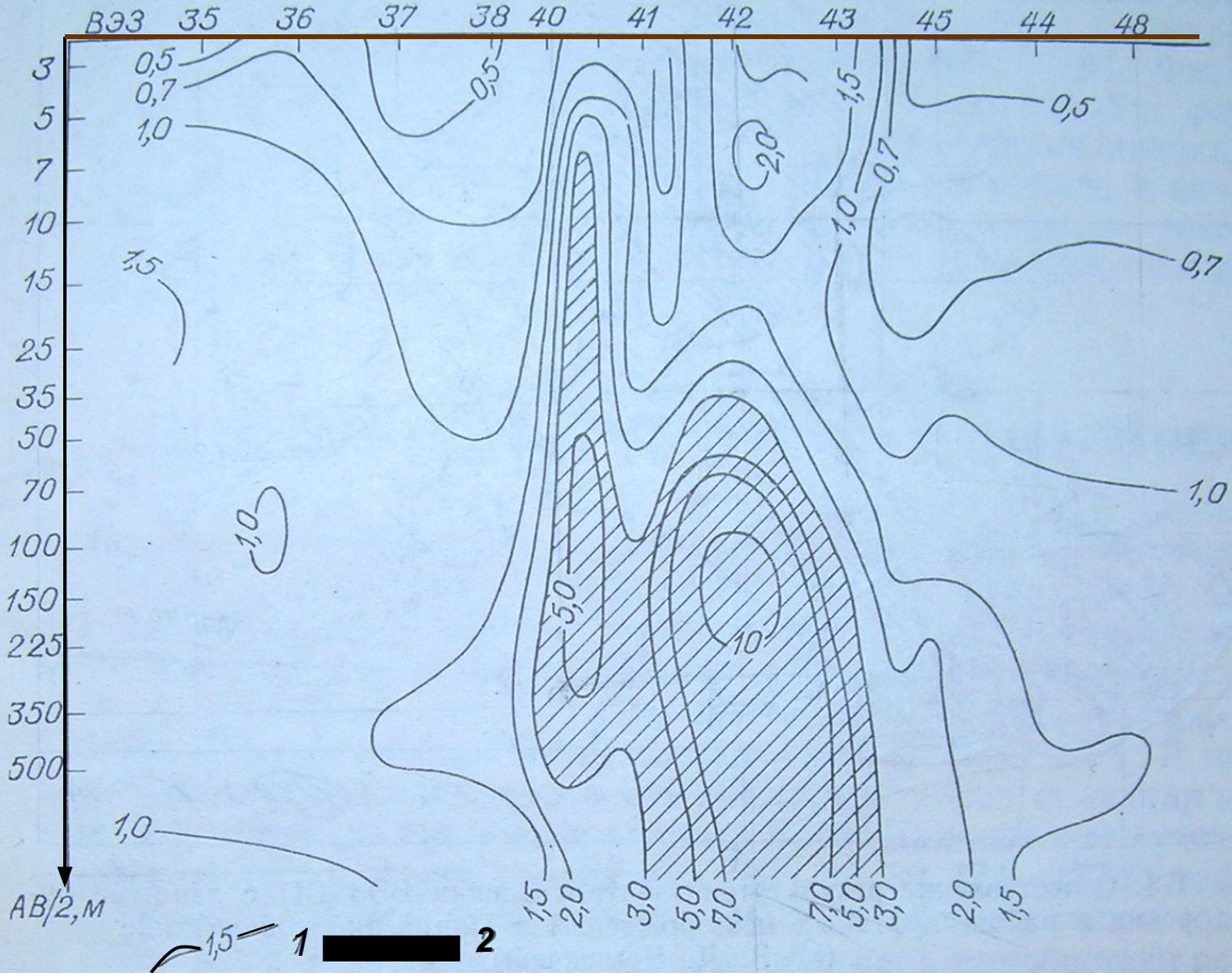
графики (η_k), вертикальный масштаб в 1 см - 1%



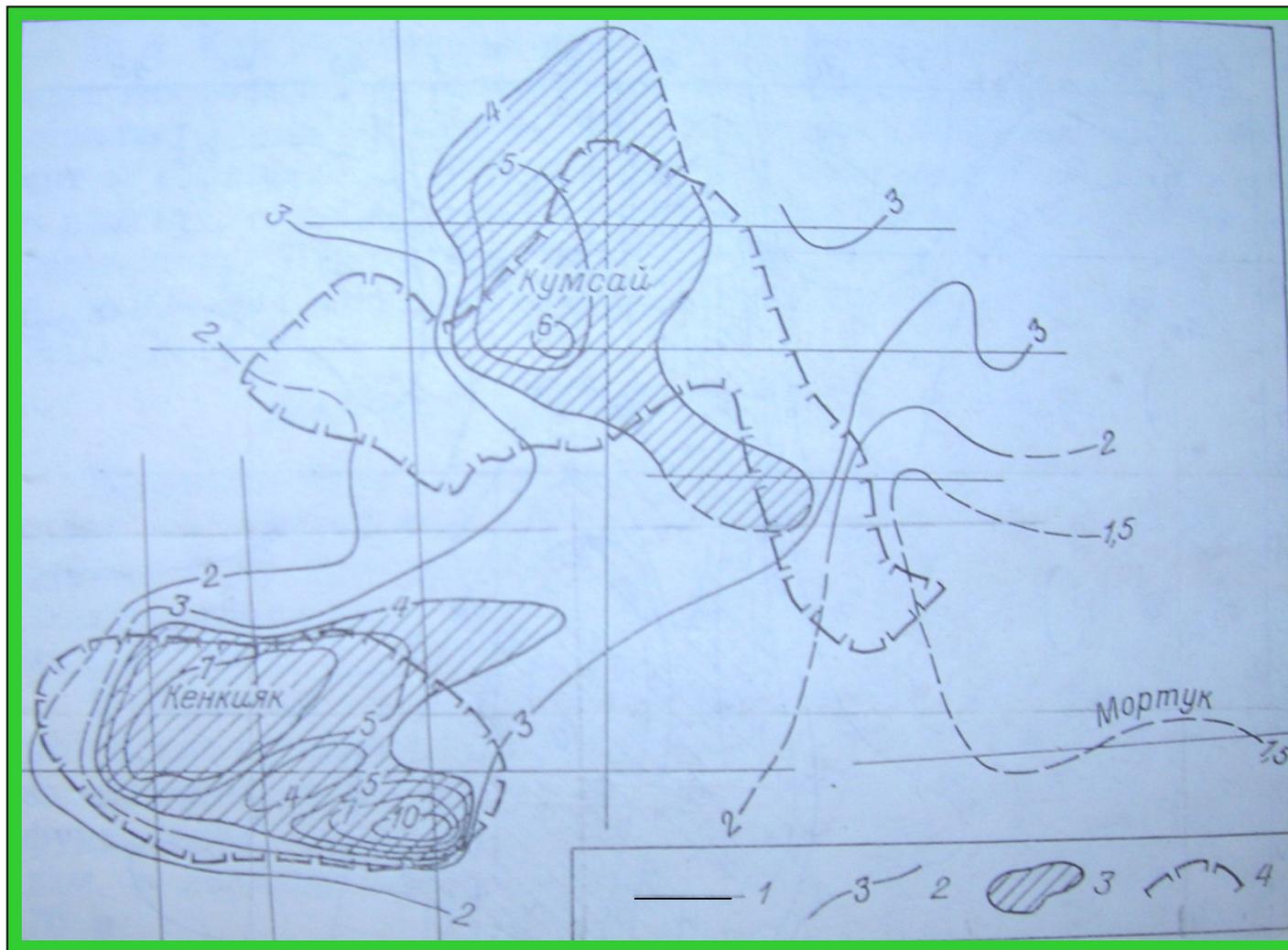
Вертикальный разрез кажущейся поляризуемости по профилю
над нефтяным месторождением Кенкияк Прикаспийской впадины
(по В.Н. Голубкову и В.П. Романенко)



1- изолинии
поляризуемости
в %.
2 – эпицентр
залежи.



Сопоставление результатов работ методом ВЭЗ-ВП с данными бурения в районе нефтяных месторождений в Прикаспийской впадине.



1 – профили наблюдений 2 – изолинии поляризуемости, 3 – зоны аномалий ВП, 4 – контур нефтеносности