

*В.И. Исаев*

**Дисциплина**

**«Интерпретация данных ГИС»**

**МЕТОД ПОТЕНЦИАЛОВ  
СОБСТВЕННОЙ  
ПОЛЯРИЗАЦИИ - ПС**

## ПРИРОДА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ В СКВАЖИНЕ

- **ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ (на контакте металлического электрода и бурового раствора-электролита) -  $U_{ов}$ .**
- **ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ (фильтрация флюида-электролита из пласта в скважину или наоборот) -  $U_{ф}$ .**
- **ДИФФУЗИОННО-АДСОРБЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ (на границе растворов разной концентрации) –  $U_{да}$ .**

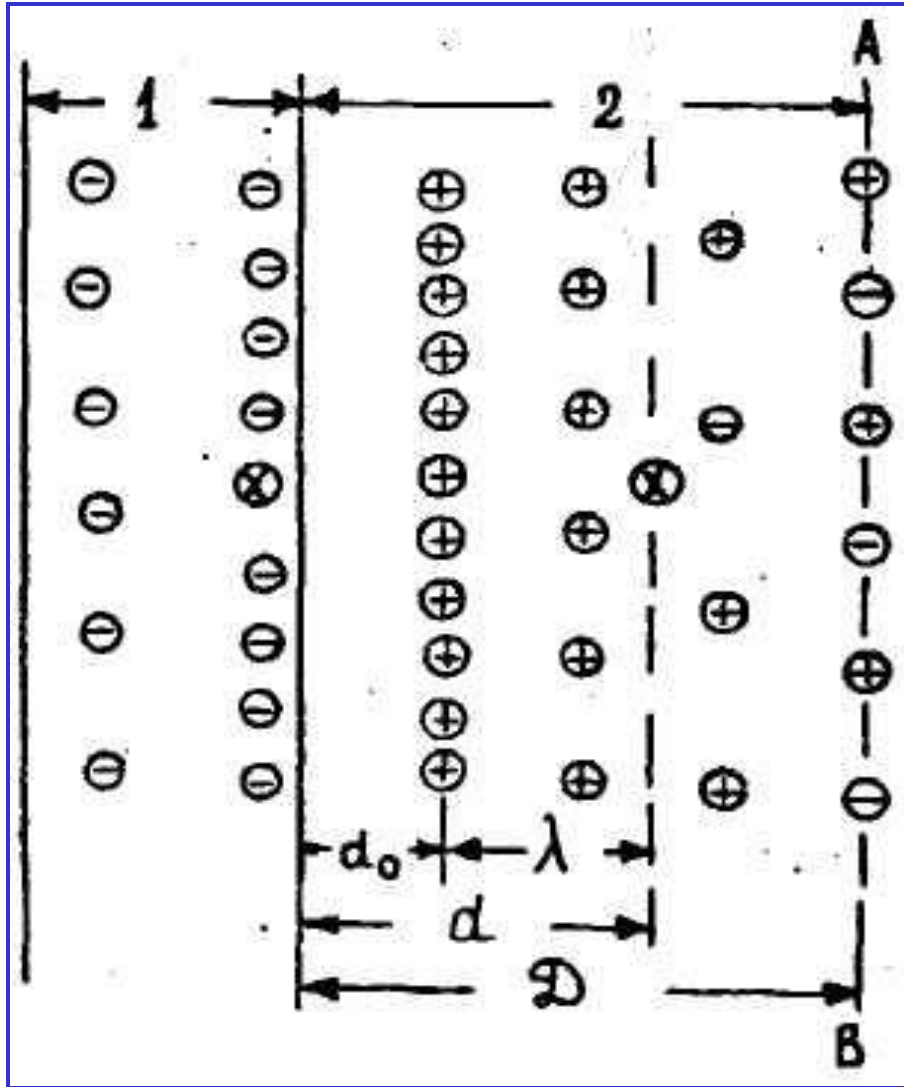
## диффузионно-адсорбционный потенциал

На **контакте двух разных растворов** возникает э.д.с, называемая диффузионным потенциалом и определяемая формулой Нернста

$$E_{cn} = \frac{U - V}{U + V} \cdot \frac{2.3RT}{hF} \cdot \lg \frac{C_1}{C_2} = K_{cn} \lg \frac{C_1}{C_2} = K_{cn} \lg \frac{\rho_2}{\rho_1},$$

где  $U$  и  $V$  – подвижности катионов (+) и анионов (-);  $T$  – температура по Кельвину;  $R$  – газовая постоянная;  $F$  – число Фарадея;  $h$  – валентность ионов;  $C_1$  и  $C_2$  – концентрации, соответственно, более и менее концентрированного растворов;  $K_{cn}$  – коэффициент диффузионного потенциала контакта растворов;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – удельные сопротивления растворов.

# диффузионно-адсорбционный потенциал $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$



⊗ - центры тяжести ионов;  
1 – твердое тело;  
2 – электролит;

Толщиной диффузного слоя ( $d$ ) это расстояние между центрами тяжести зарядов потенциалопределяющего и диффузного слоя

$$d = \frac{1}{2F} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon \cdot RT}{\pi \cdot C_0 (z_1 + z_2)}}$$

где  $R$  – газовая постоянная,  $F$  – постоянная Фарадея,  $T$  — температура в градусах Кельвина;

$\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость в относительных единицах;  
 $C_0$  — концентрация раствора в моль/см<sup>3</sup>;  $Z_1$  и  $Z_2$  - валентности ионов.

## СХЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДИФфуЗИОННО-АДСОРБЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА В ПЛАСТЕ

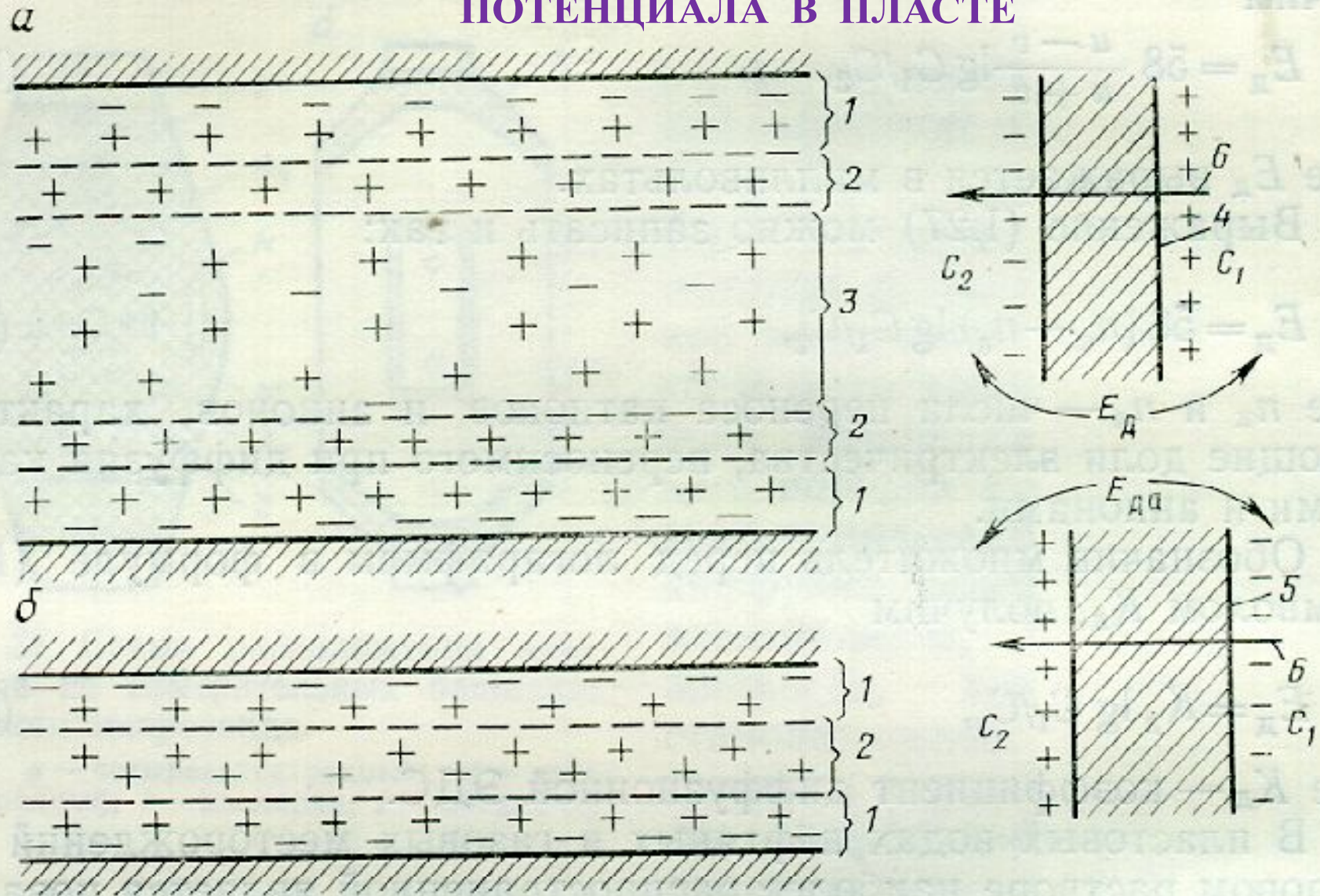


Рис. 27. Схема переноса ионов в широком (а) и узком (б) капиллярах.

1 — адсорбированные ионы; 2 — подвижные ионы диффузного слоя; 3 — свободный раствор; перегородки: 4 — с широкими капиллярами; 5 — с узкими капиллярами; б — направление диффузии

## Диффузионно-адсорбционный потенциал

Токи ПС **диффузионного-адсорбционного** происхождения возникают в скважинах при наличии двух предпосылок:

- 1) присутствии контакта различных по литологическим особенностям (глинистости) пород;
- 2) разнице в минерализации пластовой воды и бурового раствора.

Электродвижущая сила ПС диффузионного происхождения определяется формулой

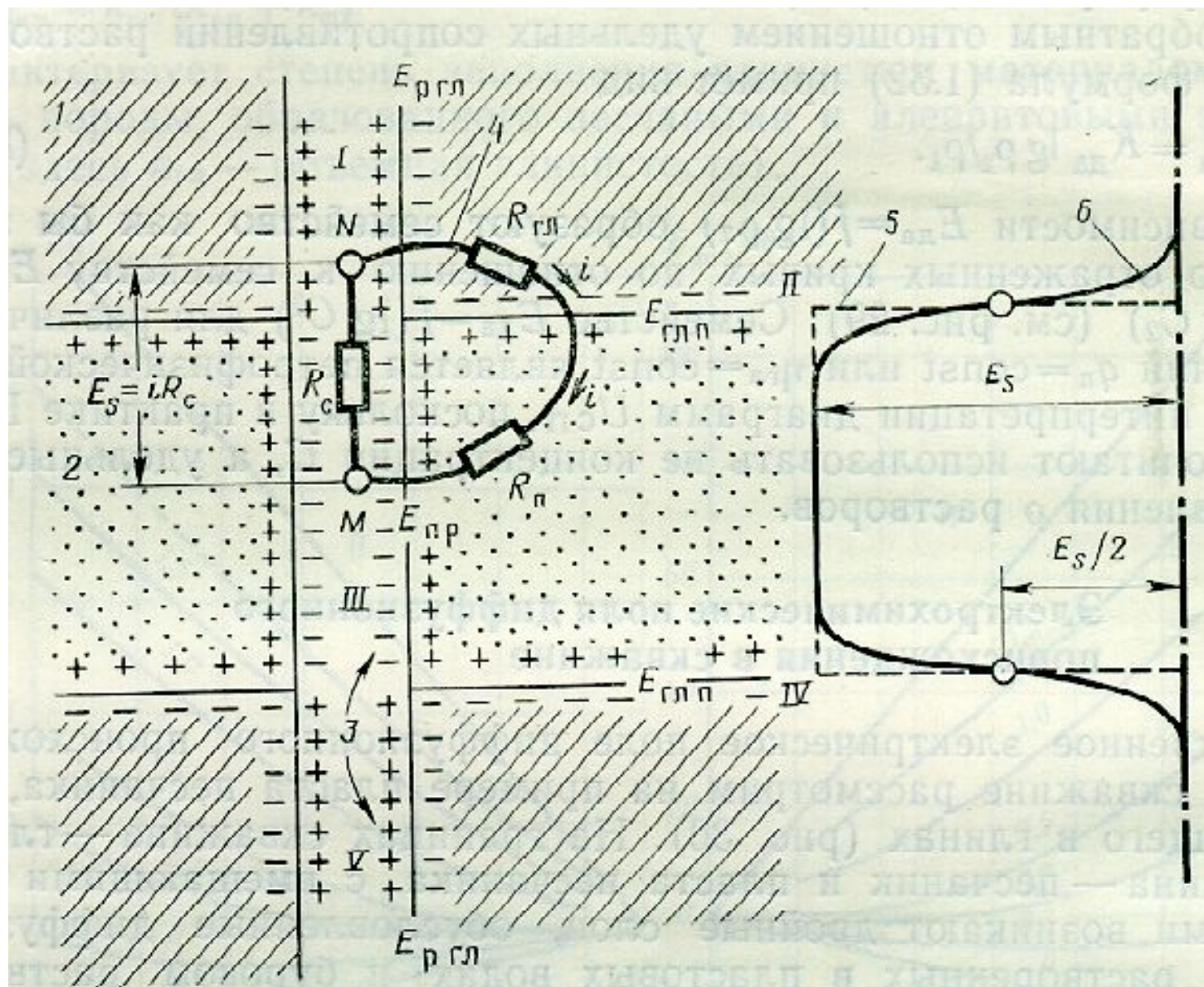
$$U_{\text{да}} = K_{\text{да}} \lg (C_{\text{в}} / C_{\text{ф}}) = K_{\text{да}} \lg (\rho_{\text{в}} / \rho_{\text{ф}}),$$

где  $K_{\text{да}}$  — коэффициент диффузионного-адсорбционного потенциала;  $C_{\text{ф}}, \rho_{\text{ф}}$  — минерализация, удельное сопротивление фильтрата бурового раствора;  $C_{\text{в}}, \rho_{\text{в}}$  — минерализация, удельное сопротивление пластовой воды.

**ВОЗНИКНОВЕНИЕ  
ДИФфуЗИОННО-  
АДСОРБЦИОННОГО  
ПОТЕНЦИАЛА В  
СКВАЖИНЕ**

$$E_s = i (R_{гг} + R_n + R_c).$$

$$\Delta U = i R_c = \\ = E_s - i (R_{гг} + R_n).$$



**Рис. 30.** Естественное электрическое поле диффузионного происхождения в пласте песчаника, залегающего в глинах.

1 — вмещающие породы (глины); 2 — пласт песчаника; 3 — двойные электрические слои на границах скважина — глина, глина — песчаник, песчаник — скважина; 4 — замкнутый электрический контур — эквивалентная электрическая схема поля СП в скважине; 5 — график  $E_s$ ; 6 — график  $U_{СП}$

# СКВАЖИННЫЙ ПРИБОР КС, БЭЗ, БК И ПС.

ГИС в процессе бурения разведочных и эксплуатационных скважин выполняют комплексные партии.

### В открытом стволе:

- Стандартный каротаж, ПС, резистивиметрия (К1А-723)
- Боковое каротажное зондирование (К1А-723)
- Боковой каротаж (К1А-723)
- Индукционный каротаж (К1А-723, АИК-5М, ИК-КАС)
- Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ)
- Микрозондирование, микрокавернометрия (МКГ)
- Кавернометрия, профилометрия (СКПД-3, СКПД-Ц)
- Радиоактивный каротаж естественной и наведенной активности (РКС-3, РК5-76)
- Плотностной гамма-гамма каротаж (СП-2 АГАТ)
- Волновой широкополосный акустический каротаж (АКВ-1, АКШ-42)
- Инклинометрия (ИОН, ИОН-ПК)
- Термометрия

### В обсаженном стволе:

- Акустический контроль определения качества цементирования (АКВ-1, АКШ-42)
- Плотностная цементометрия (ЦМ-8-12, СГДТ-НВ)
- Радиоактивный каротаж (РКС-3, РК-5-76, СРК-М)
- Инклинометрия (ИОН, ИОН-ПК)
- Термометрия

## Электрический каротаж

### Стандартный каротаж

Выполняется тремя стандартными зондами (А2.0МД.5Н, NД.5М2.0А, NБ.0МД.5А) в комплексе с кривой ПС. Регистрация выполняется во всех скважинах с целью сопоставления разрезов скважин, стратиграфического расчленения пород, пересеченных скважиной, выделения проницаемых интервалов.

### Боковое каротажное зондирование (БКЗ)

Представляет собой измерение в скважине кажущегося сопротивления горных пород пятью градиент-зондами разной длины (А0.4МД.1Н, А1.0МД.1Н, А2.0МД.5Н, А4.0МД.5Н, А8.0М1.0Н). БКЗ проводят в комплексе с измерением диаметра скважины, сопротивления бурового раствора (резистивиметрия) и записью ПС. решаемые задачи:

- определение границ пластов
- выделение коллекторов
- определение пористости пластов
- определение нефтегазонасыщенности

### Боковой каротаж

Отличается от каротажа обычными трехэлектродными зондами, применением двух симметрично расположенных экранирующих электродов с регулируемой силой тока в них. Применение этой схемы уменьшает влияние вмещающих пород и промывочной жидкости на результаты измерения. Получаемые значения КС близки к удельному электрическому сопротивлению горных пород.

решаемые задачи:

- расчленение разреза, в том числе определение границ маломощных пластов
- определение УЭС пластов в скважинах с минерализованным буровым раствором
- определение УЭС в высокоомных разрезах

### ПС (собственный потенциал)

Решаемые задачи:

- расчленение разреза, выделение коллекторов
- определение коллекторских свойств пластов
- определение степени глинизации коллекторов
- определение коэффициента пористости

### Резистивиметрия бурового раствора:

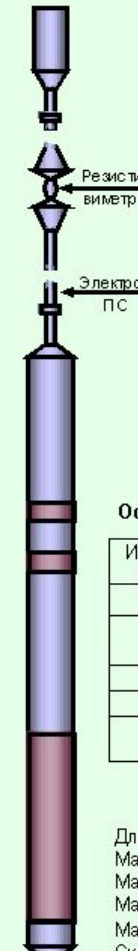
данные по сопротивлению бурового раствора используются при обработке БКЗ.

## Прибор комплексного электрического каротажа К1А-723-М

Предназначен для проведения геофизических исследований в нефтяных и газовых скважинах. Прибор обеспечивает возможность за один проход по интервалу исследований выполнить измерения комплексом зондов БКЗ, зондом КС, зондом трехэлектродного БК, зондом ИК, резистивиметром, ПС.

Применяется для исследования необсаженных скважин, заполненных промысловой жидкостью на водной основе.

Отличается малым диаметром, что позволяет его использовать при проведении исследований через буровой инструмент, обладает высокой производительностью и надежностью, удобен в эксплуатации.



### Основные технические характеристики

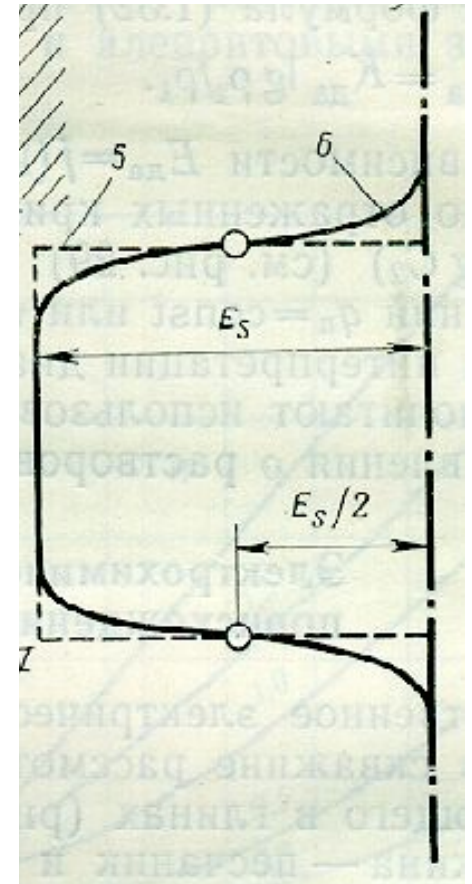
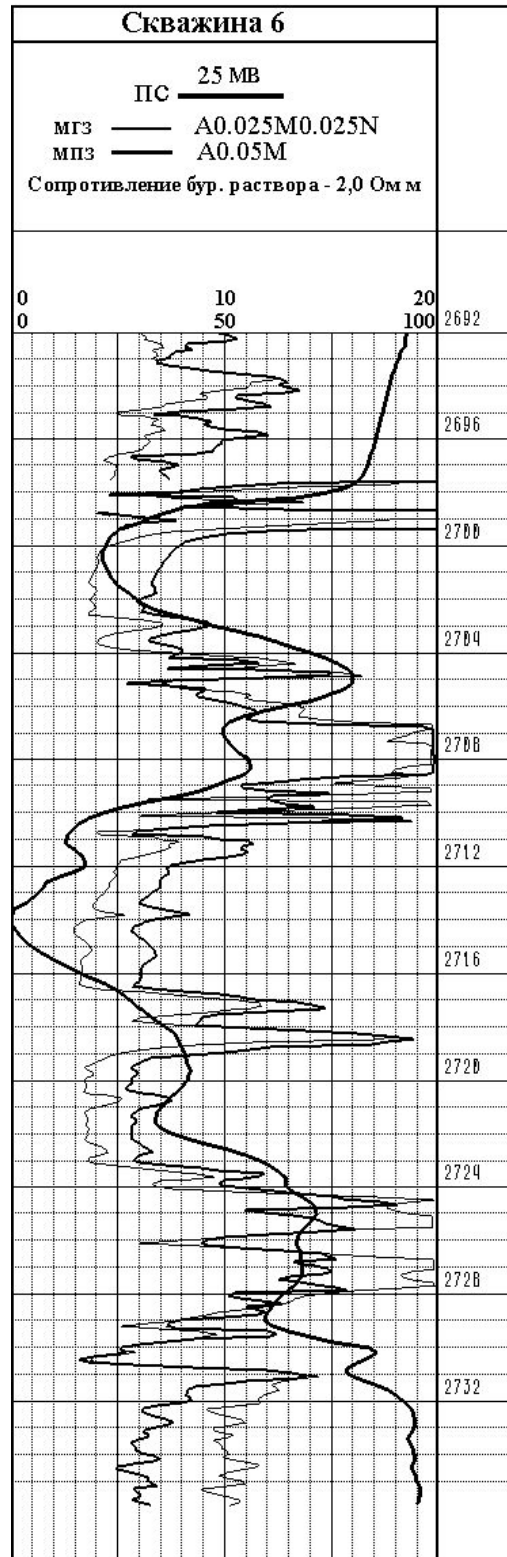
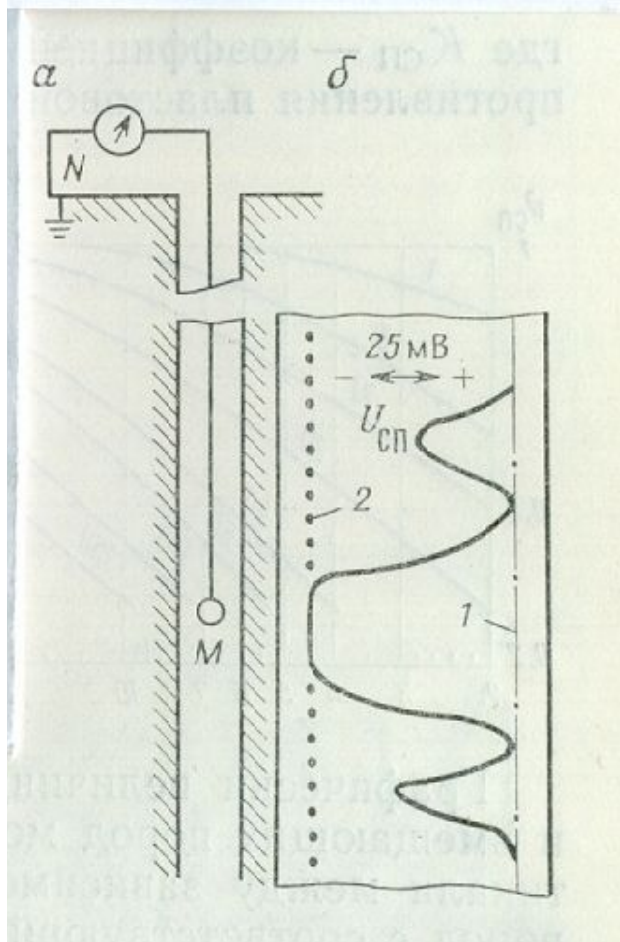
Измеряемый параметр	Единица измерения	Диапазон
Зонд БКЗ	Ом	0,2 – 5000
Зонд КС	Ом <sup>м</sup>	0,2 – 1000
Зонд БК	Ом <sup>мм</sup>	0,2 – 1000
Зонд ИК	МС/мм	10 – 2500
ПС	В	-0,5 - +0,5
Резистивиметр	Ом/м	0,05 - 5

### Общие технические данные

Длина (с зондом)	20470 мм
Максимальный диаметр	73 мм
Масса	80 кг
Макс. рабочая температура	120°С
Макс. рабочее давление	80 МПа
Скорость каротажа	2000 м/ч

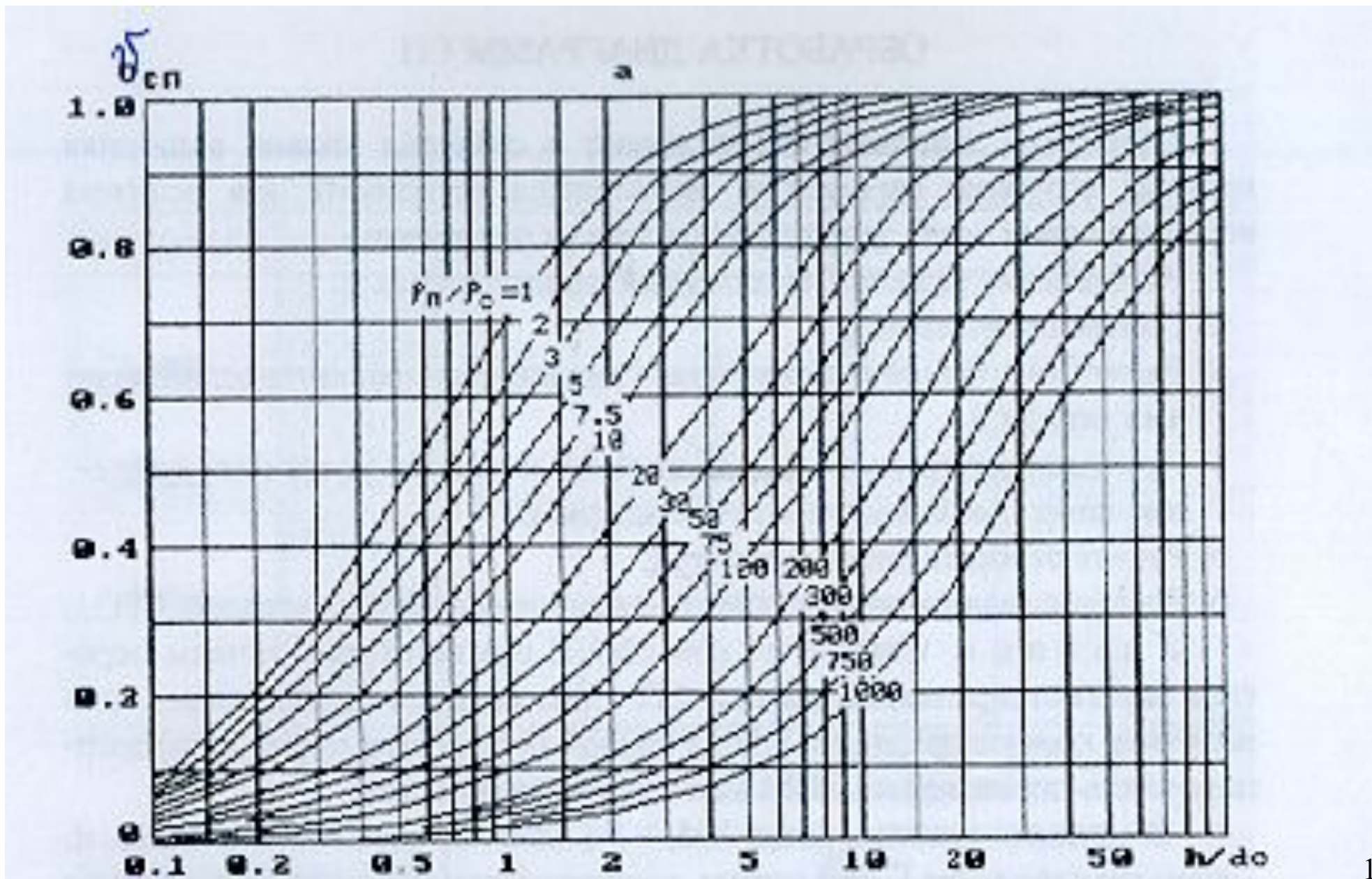


# ДИАГРАММЫ МЕТОДА ПС



# ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ АМПЛИТУДЫ ПС.

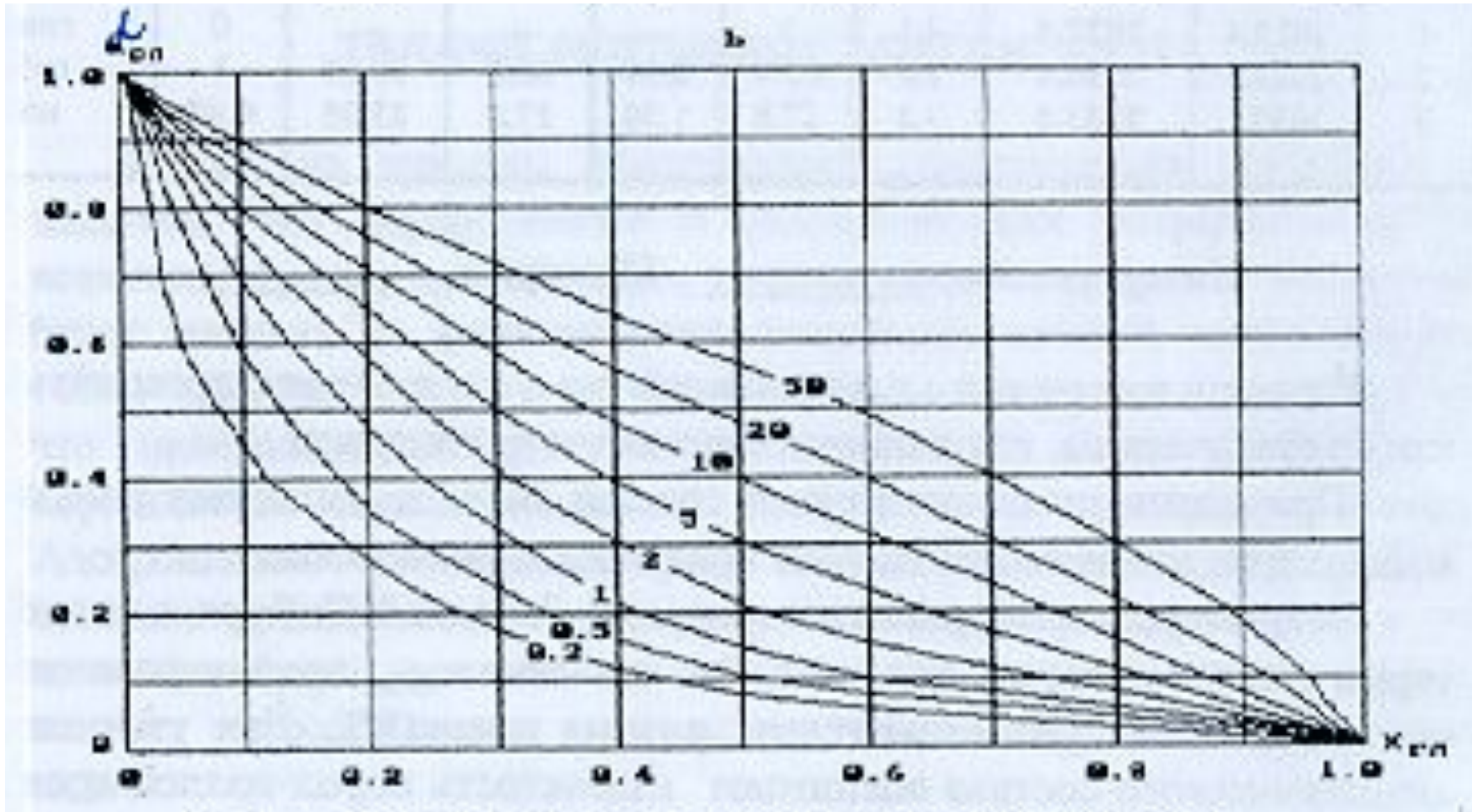
$$E_s = \Delta U_{cn} / \dot{U}_{cn}$$



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ  
АНОМАЛИИ ПС -  $\acute{\alpha}_{сп}$

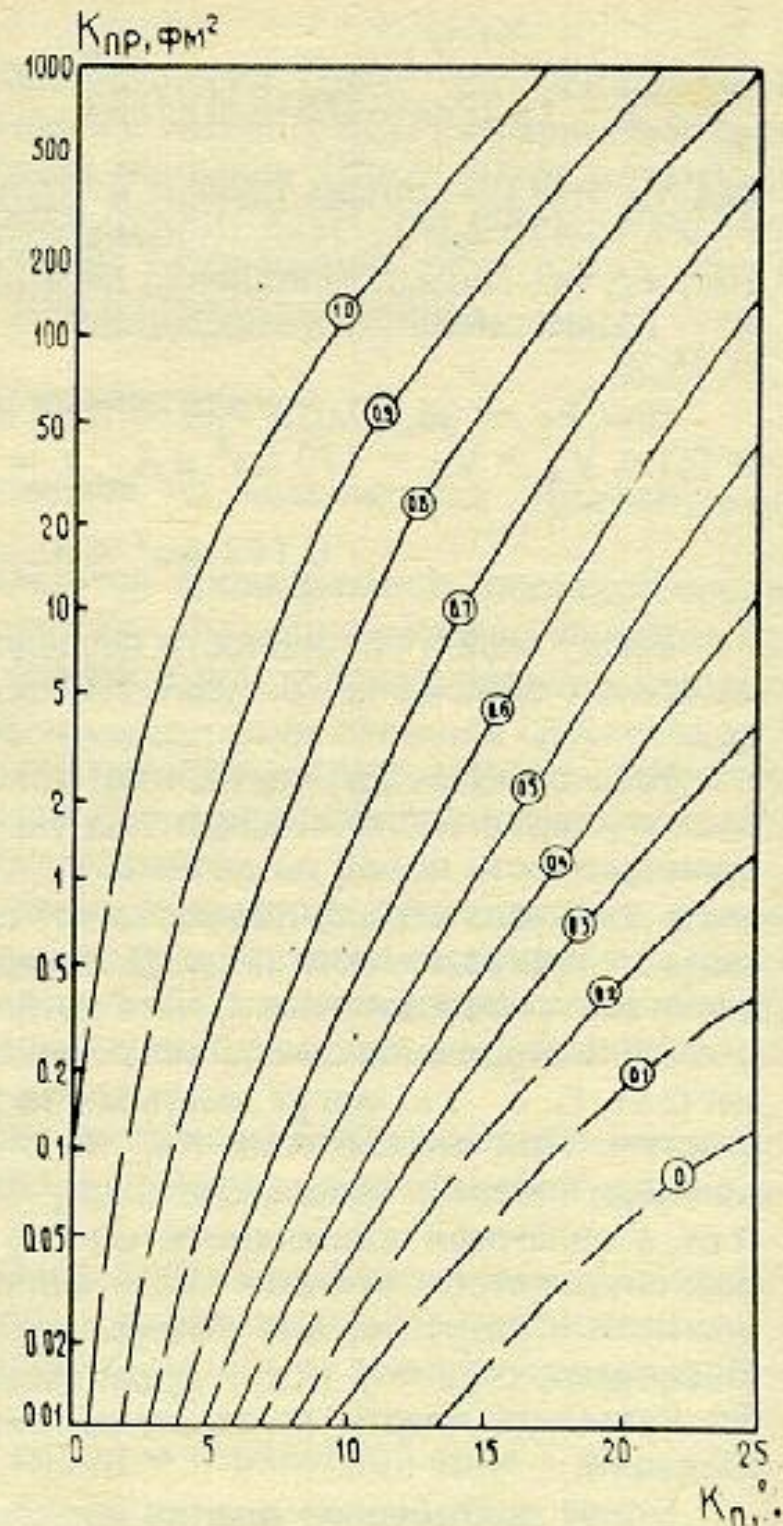
$$\acute{\alpha}_{сп} = E_s / E_{s \max}$$

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ГЛИНИСТОСТИ  
ПО ВЕЛИЧИНЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ АМПЛИТУДЫ АНОМАЛИИ ПС ( $\dot{\alpha}_{\text{пс}}$ ).  
 $R_{\text{п}}/R_{\text{зп}} = \text{CONST}$



# ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ОБЪЕКТА ГИС ПО $\alpha_{пс}$ И $K_{п}$

Рис. 21. Палетка для определения проницаемости пластов по значениям пористости и относительной амплитуде ПС. Шифр кривых —  $\alpha_{пс}$ .



# Область применения метода ПС

1. Необсаженные скважины.
2. РВО.
3.  $C_{\text{ф}}$  меньше  $C_{\text{в}}$ .

# Порядок интерпретации диаграмм СП

- 1. Расчленение разреза на пласты
- 2. Снятие отсчетов аномалии  $U_{сп}$
- 3. Расчет статической амплитуды  $E_{сп}$
- 4. Введение поправки за температуру
- 5. Расчет относительной амплитуды  $\acute{A}_{нс}$
- 6. Оценка глинистости пласта  $K_{гл}$
- 7. Определение литологии пласта

# ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИАГРАММ ПС. Расчленение разреза на пласты

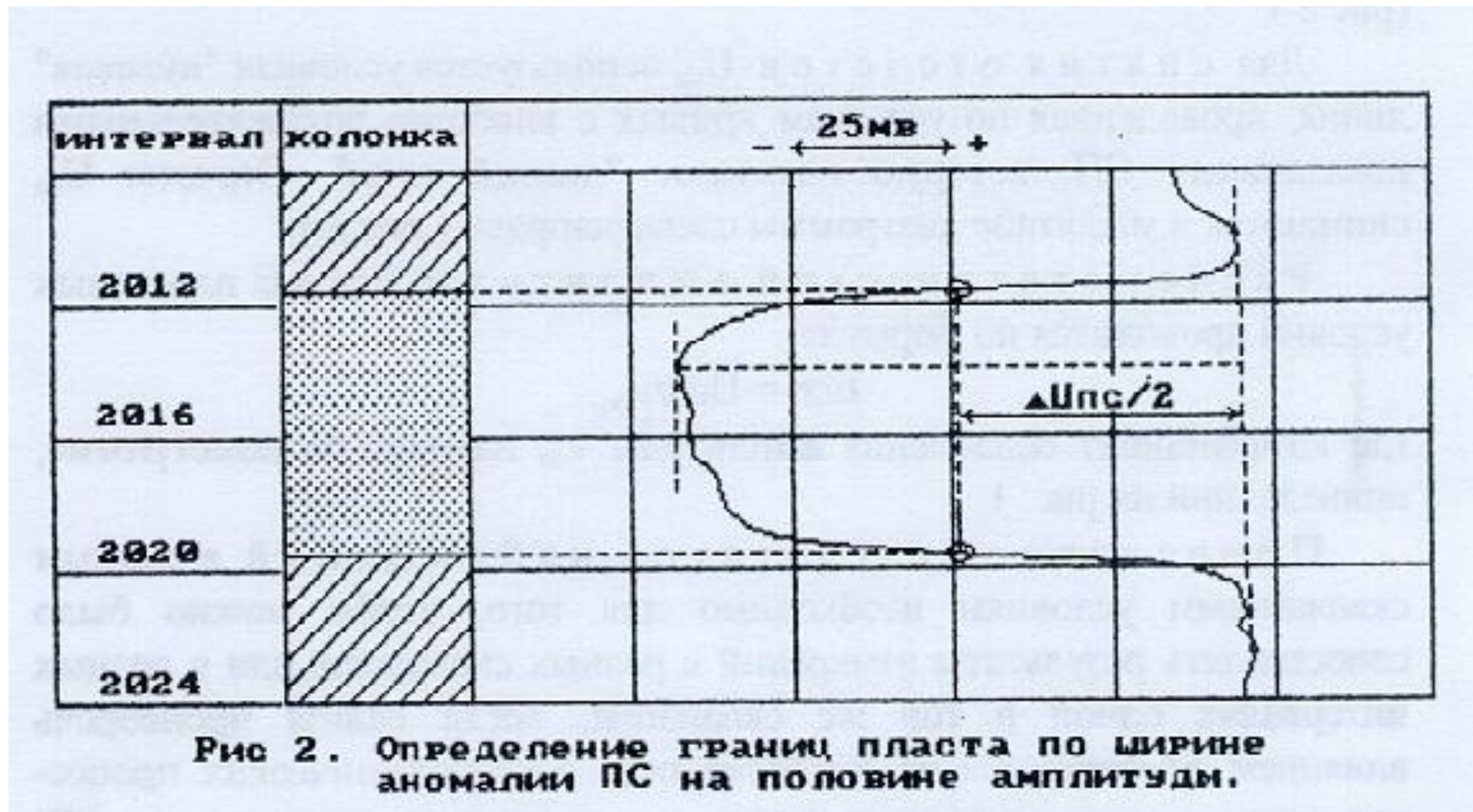
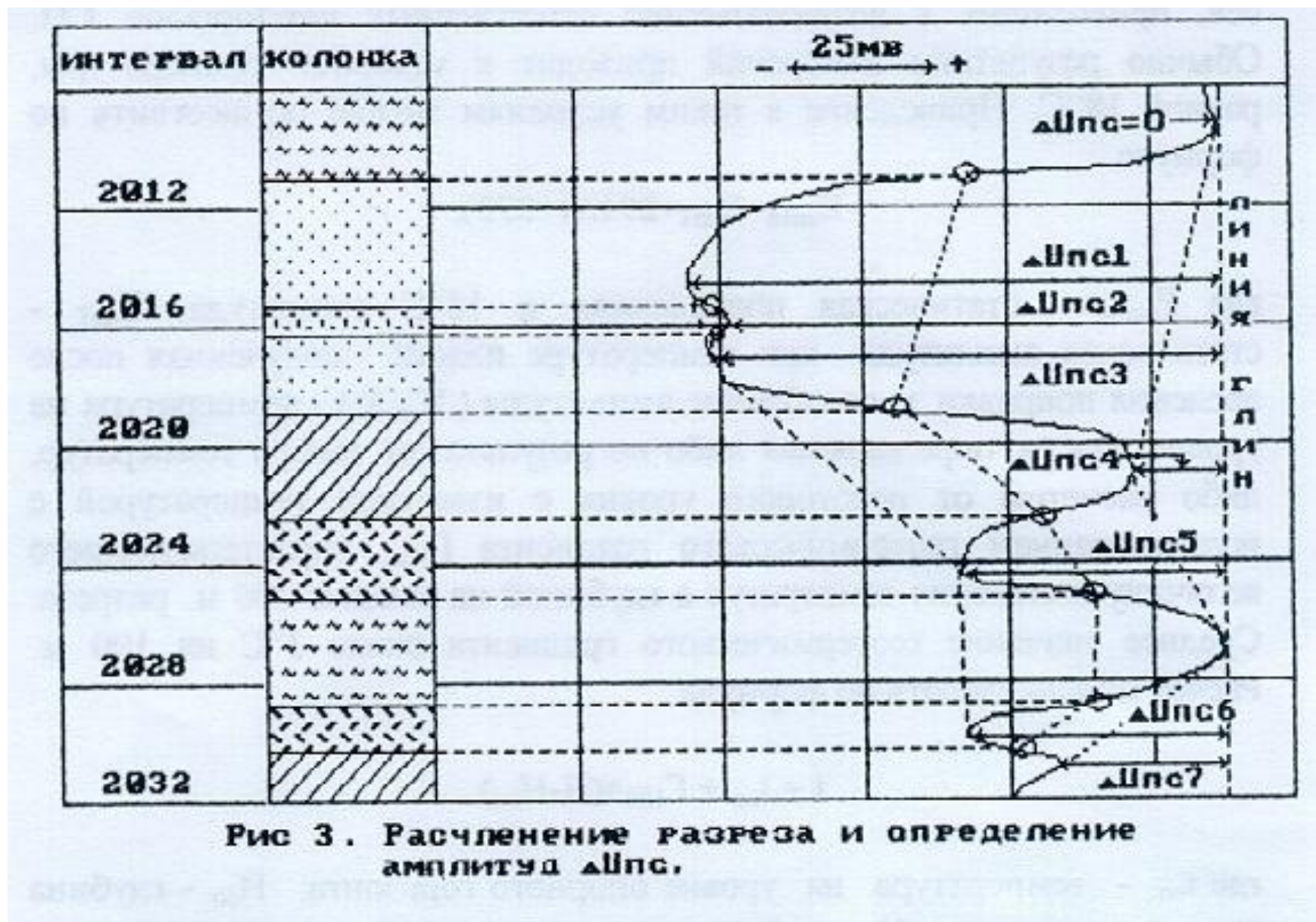


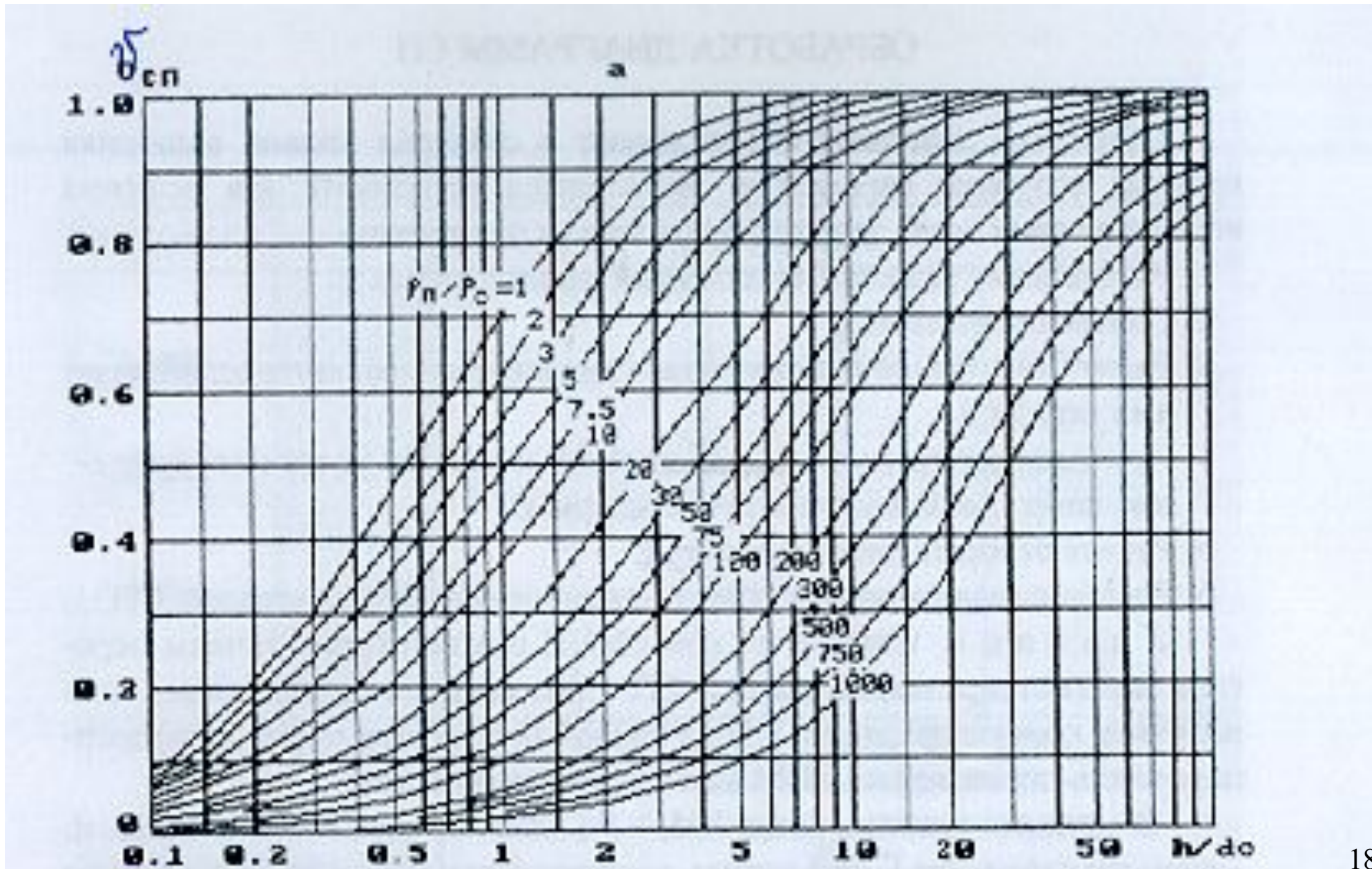
Рис 2. Определение границ пласта по ширине аномалии ПС на половине амплитуды.



## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИАГРАММ ПС. Снятие отсчетов аномалии $U_{\text{сп}}$ .



# ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИАГРАММ ПС. Расчет статической амплитуды $E_{сп}$



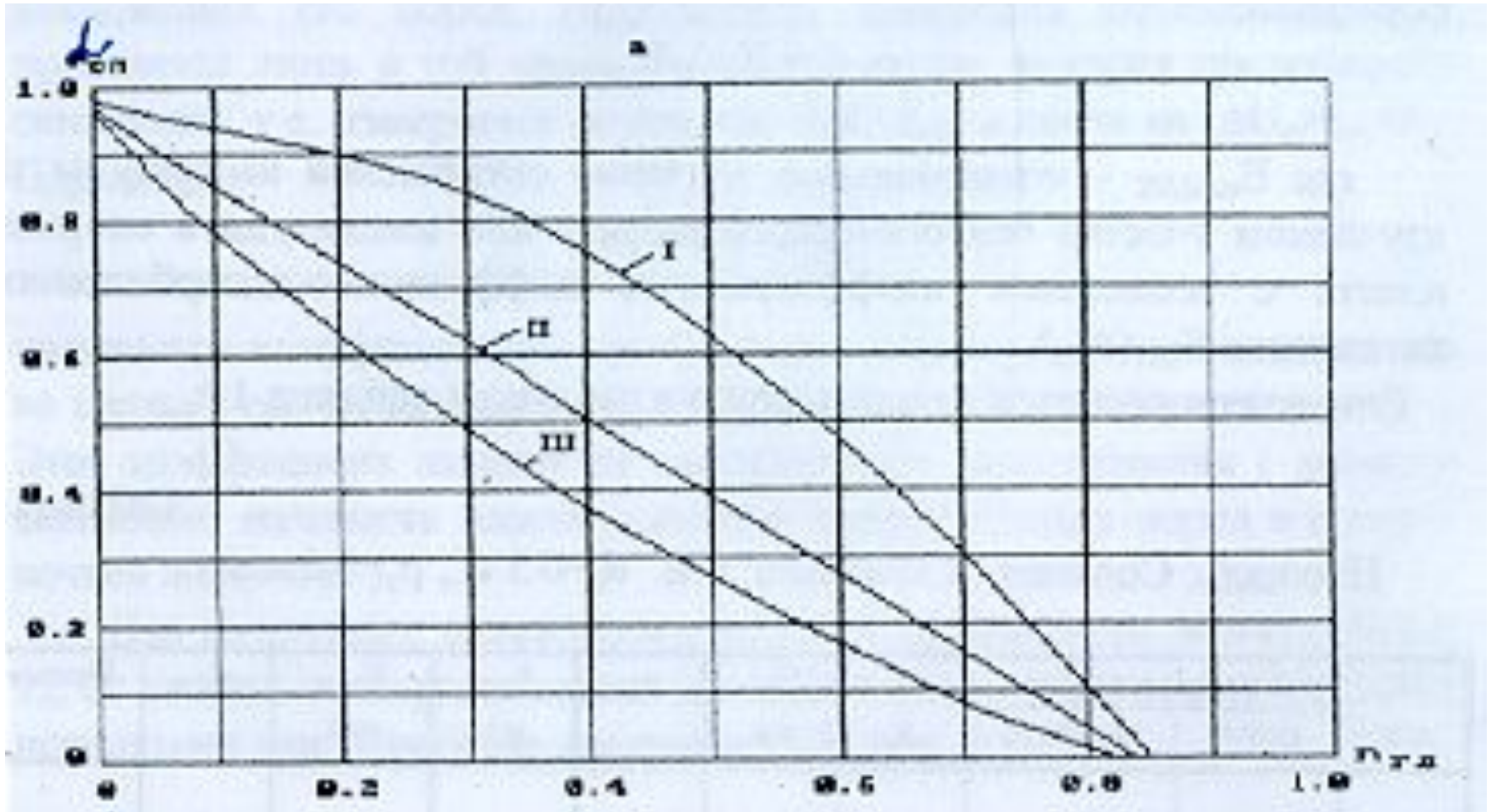
**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИАГРАММ ПС.  
Введение поправки за температуру**

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИАГРАММ ПС.

Расчет относительной амплитуды  $\hat{a}_{\text{пс}}$



**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИАГРАММ ПС . Оценка глинистости пласта Кгл.  
II – ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ.**



# Интерпретация диаграмм ПС.

## Определение литологии пласта

<b>№п/п</b>	<b>К<sub>гл</sub></b>	<b>Литология</b>
<b>1</b>	<b>0 – 0,1</b>	<b>Крупнозернистый песчаник (КЗП)</b>
<b>2</b>	<b>0,1 – 0,2</b>	<b>Среднезернистый песчаник (СЗП)</b>
<b>3</b>	<b>0,2 – 0,3</b>	<b>Мелкозернистый песчаник (МЗП)</b>
<b>4</b>	<b>0,3- 0,4</b>	<b>Тонкозернистый песчаник (ТЗП)</b>
<b>5</b>	<b>0,4 – 0,5</b>	<b>Крупнозернистый алевролит (КЗА)</b>
<b>6</b>	<b>0,5 – 0,6</b>	<b>Среднезернистый алевролит (СЗА)</b>
<b>7</b>	<b>0,6- 0,7</b>	<b>Мелкозернисты алевролит (МЗА)</b>
<b>8</b>	<b>0,7 – 0,8</b>	<b>Тонкозернистый алевролит (ТЗА)</b>
	<b>больше 0,8</b>	<b>Аргиллит</b>