

ФМС по геофизике

Мироманов А.В.

Состав грунтов

- **Грунт = твердые частицы + вода + воздух (газ)**

Классификация грунтов (простейшая)

№ п/п	Наименование грунта	Содержит глинистых частиц	Число пластичности J_p
1	Глины	> 30	$> 0,17$
2	Суглинок	$10 \div 30$	$0,07 \div 0,17$
3	Супесь	$3 \div 10$	$0,01 \div 0,07$
4	Песок	< 3	Не пластич.

- **Свойства твердых частиц.**
- Свойства твердых (минеральных) частиц зависят от размеров.
- **Классификация твердых частиц:**

	№ п/п	Поперечный размер (мм)
1	Галечные (щебень)	$> 10 (20)$
2	Гравелистые	$2 \div 10 (20)$
3	Песчаные	$0,05 \div 2$
4	Пылеватые	$0,005 \div 0,05$
5	Глинистые	$< 0,005$

Структурно-неустойчивые грунты

грунты, которые обладают способностью изменять свои структурные **свойства** под влиянием внешних воздействий с развитием значительных осадок, протекающих, как правило, с большой скоростью.



Мерзлые и вечно-мерзлые грунты



Лессовые грунты



Набухающие грунты



Слабые водонасыщенные грунты (илы, ленточные глины)



Торф и заторфованные грунты



Засоленные грунты

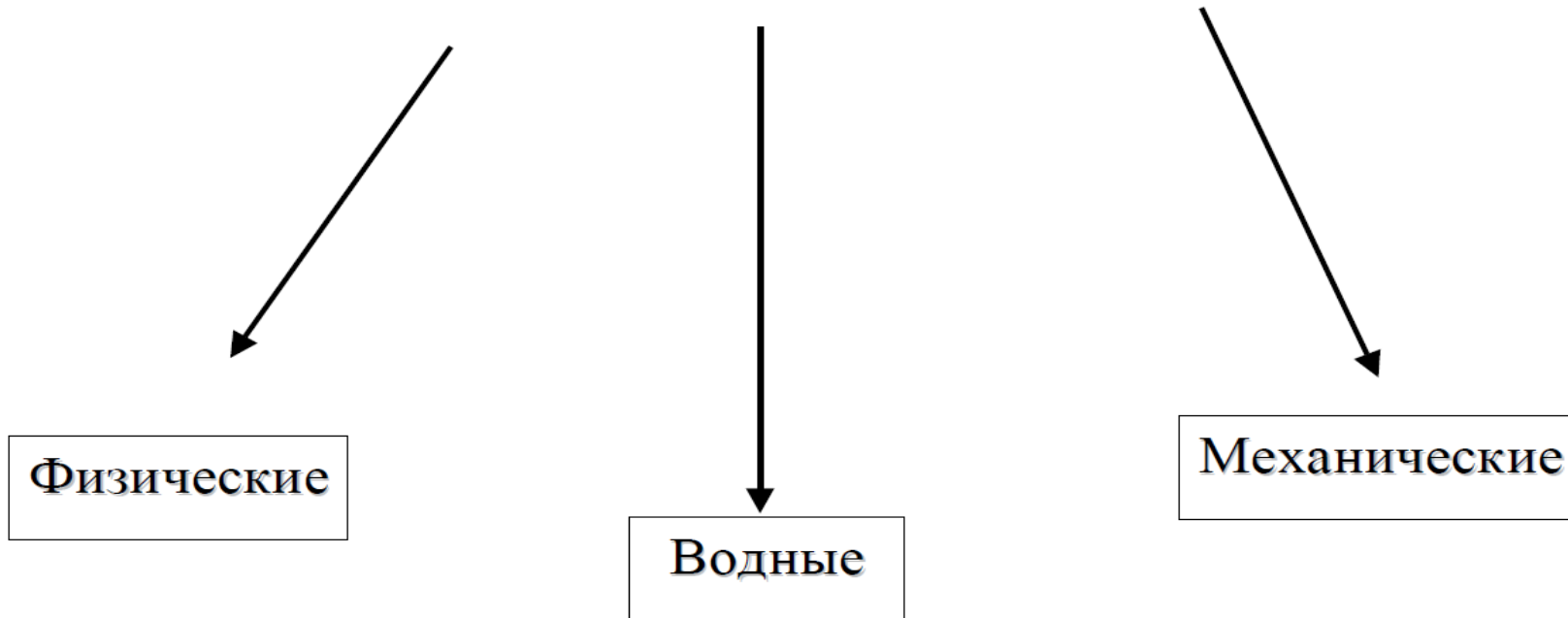


Насыпные грунты.

Физико-механическими свойствами горных пород -

- определяют их физическое состояние,
- отношение к воде
- закономерности изменения прочности и деформируемости.

Физико-механические свойства песчаных и глинистых грунтов и их показатели



Свойства грунтов (горных пород)

Изм.		Лист		Кол.уч.		№ док.		Подпись		Дата		Таблица 4.2 - Физико-механические свойства грунтов																
		№ п/п		Наименование грунта		Заданные характеристики							Вычисленные характеристики															
						мощность, м	Плотность грунта ρ , т/м³	Плотность частиц грунта ρ_s , т/м³	Природная влажность, W	Влажность на границе текучести, W_L	Влажность на границе раскатывания, W_p	Коэффициент фильтрации K_f , м/сут	Коэффициент сжимаемости, m_0 , МПа ⁻¹	Угол внутреннего трения, φ^0	Сцепление C , кН/м²	Плотность сухого грунта ρ_d , т/м³	Число пластичности, I_p	Показатель текучести, I_L	Коэффициент пористости, e	Степень влажности, S_r	Модуль деформации E_0 , кН/м²	Расчет. сопротивление R_0 , кН/м²	для расчета оснований					
																							по несущ. способности			по деформациям		
																							удельный вес γ_d , кН/м³	угол внутр. трения φ^0	сцепление CI , кН/м²	удельный вес γ_d , кН/м³	угол внутр. трения φ^0	сцепление CI , кН/м²
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	24	25	26		
		1	Насыпной грунт (песок сред. круп-ти)	0,5	1,43	2,71	0,19	-	-	3	0,09	32	1,0	1,29	-	-	0,62	0,63	$27 \cdot 10^3$	200	1,89	38	3,0	14,3	38	3,0		
		2	Песок средней крупности	1,2-1,5	2,65	1,58	0,19	-	-	10	0,09	35	1,0	1,29	-	-	0,62	0,63	$30 \cdot 10^3$	200	26,5	35	1	26,5	35	1		
		3	Песок мелкий плотный	4	2,67	1,51	0,32	-	-	5	0,050	33	2,0	1,02	-	-	0,60	0,64	$29 \cdot 10^3$	180	26,7	33	2	26,7	33	2		
		4	Песок мелкий сред. плот-ти	1,2-2,5	2,65	1,50	0,32	-	-	7	0,050	33	2,0	1,02	-	-	0,60	0,64	$28 \cdot 10^3$	160	26,5	33	2	26,5	33	2		

ДП-02068025.270102.002

Главнейшими физическими свойствами песчаных и глинистых пород являются плотность, пористость и влажность.

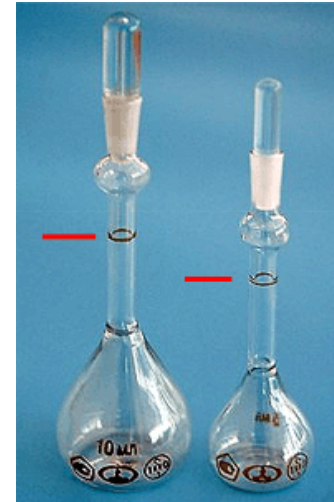
Плотность

Плотность грунта с естественной влажностью -
отношение массы грунта к объему

плотность минеральной части
 $\rho_s (\rho_m)$ – отношение массы
твердых частиц к объему



Плотность скелета грунта $\rho_d (\rho_{ск})$ –
отношение массы сухого
грунта к объему



Коэффициент пористости характеризует отношение объема пор к объему твердой компоненты, выражается в долях единицы

Консистенцией грунта называют его состояние, характеризующие способность сохранять свою форму без или при наличии внешнего механического воздействия.

Влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее, называется влажностью верхнего предела пластичности (W_L) – **граница текучести**. Влажность грунта на границе текучести определяется методом балансировочного конуса (по ГОСТ 5180-84).

Влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояния в твердое, называется влажностью нижнего предела пластичности (W_P) – **границей раскатывания**. Влажность грунта на границе раскатывания определяется методом раскатывания (ГОСТ 5180-84).

Число пластичности

$$I_P = W_L - W_P$$

показатель текучести

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = \frac{W - W_P}{I_P}$$

Механические свойства горных пород определяют их поведение под воздействием внешних усилий – нагрузки!

Необходимы для расчета величины осадок сооружений, оценки степени устойчивости оползневых склонов и откосов выемок и др

Прочностные

*под **прочностью** грунтов понимается их способность сопротивляться разрушению под влиянием механических напряжений*

Характеризуются:

- Сцеплением
- Углом внутреннего трения**
- сопротивлением сжатию
- сопротивлением скалыванию
- сопротивлением растяжению

Деформационные

***определяются** их сжимаемостью под нагрузкой, обусловленной смещением минеральных части относительно друг друга и соответственно уменьшением объема пор вследствие деформации частиц породы, воды и газа.*

Характеризуются:

- **модулем общей деформации E** ,
- коэффициентом Пуассона**,
- коэффициентами сжимаемости a и консолидации,
- модулем упругости E_y
- модулями сдвига и объемного сжатия

Механические свойства определяют в лабораторных и полевых условиях (ГОСТ 12248-2011; ГОСТ 20276-2012).

Деформационные свойства

В лабораторных условиях сжимаемость определяют в специальных приборах – одометрах в условиях, исключающий возможность бокового расширения образца грунта, помещенного в жесткое металлическое кольцо (метод компрессионного сжатия).



Прочностные свойства.

В зависимости от передаваемой нагрузки различают следующие типы испытаний: одноосное сжатие, одноплоскостной сдвиг и трехосное сжатие.

- ✓ Сопротивление сдвигу характеризует прочность дисперсных (песчаных и глинистых) грунтов, т. е. их способность сопротивляться разрушению.
- ✓ Испытания пород на трехосное сжатие правильнее моделируют их напряженное состояние в естественных условиях залегания и дают достаточно надежные данные о сопротивлении сдвигу, но они более сложны, чем испытания в срезных приборах. Поэтому они не могут быть массовыми в условиях производственных исследований.



Одноплоскостной сдвиг



Трехосное сжатие



Одноосное сжатие

Геофизические исследования по косвенным измерениям:

- Плотность – на основе гамма-гамма метода
- Влажность – на основе нейтронно-гамма метода
- Скорость распространения Р- и SH-волн
 - - получаем коэффициент Пуассона (μ)
- добавляем плотность – получаем модуль упругости (E_d), угол внутреннего трения и коэффициент сцепления
- Электрическое сопротивление – позволяет соотнести влажность с льдистостью

Методы получения данных

- Многоволновая сейсмика

- Наземная
- Скважинная

- Электроразведка

- На постоянном токе
- Естественные поля

- Гамма-гамма каротаж

- Нейтрон-гамма каротаж

- Лабораторные методы

Минусы

- Косвенные измерения
- Интегральность (большой объем горных пород)
- Высокий уровень помех
- Необходимость калибровки на каждом участке
- ...

Плюсы

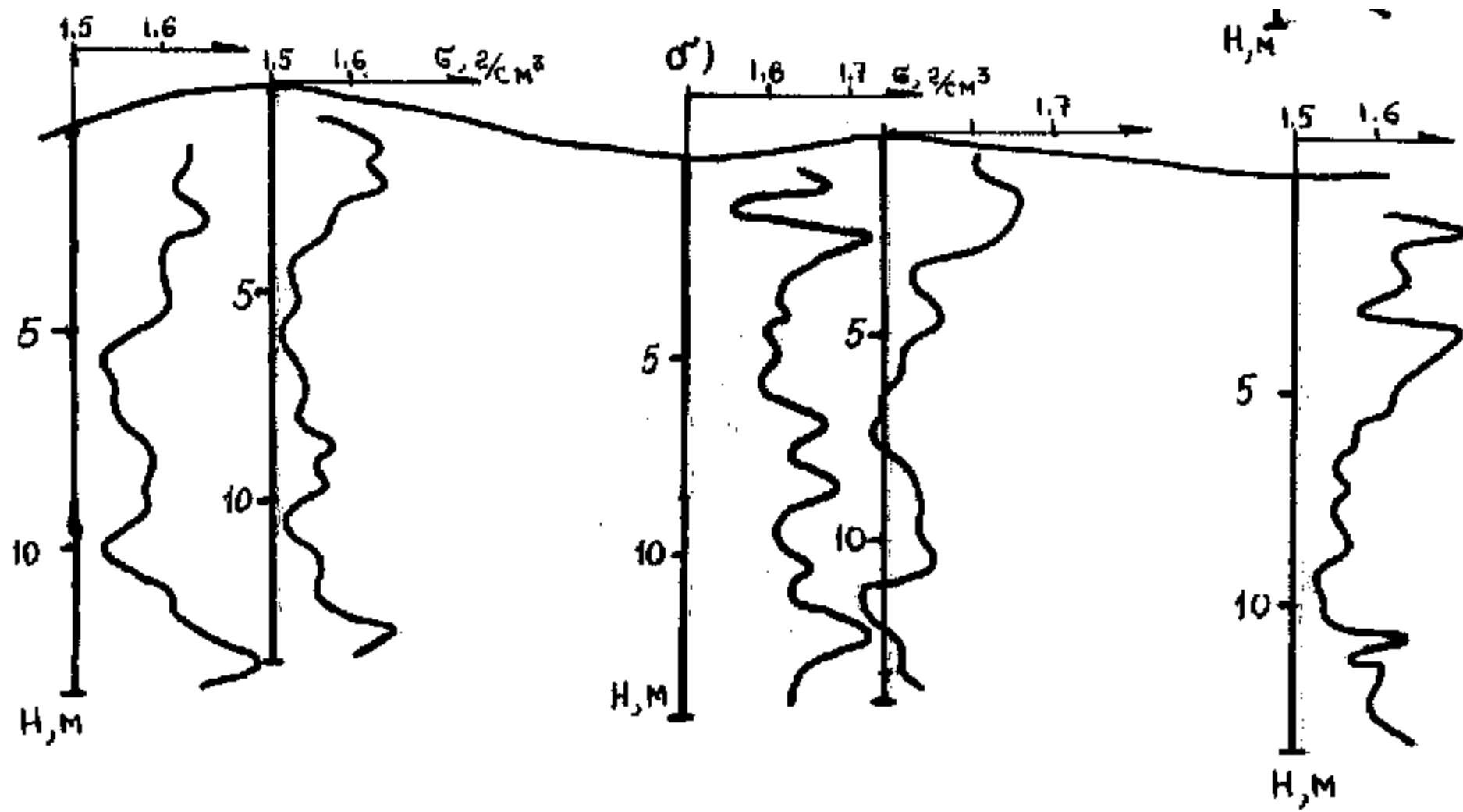
- Измерения in situ
- Регулируемая детальность данных
- ...

Минусы

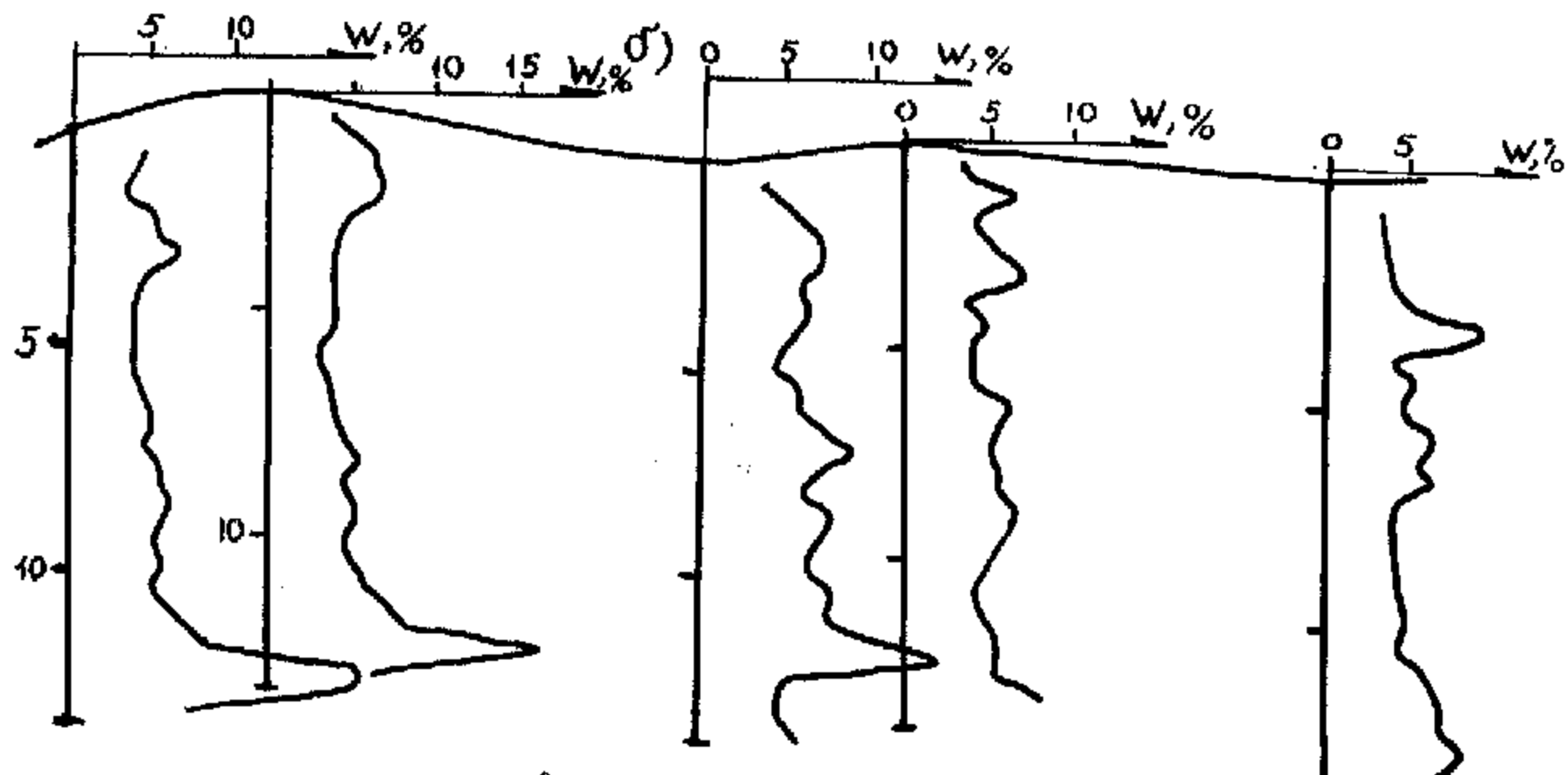
- Сложность при сохранении состояния пробы (керн)

Плюсы

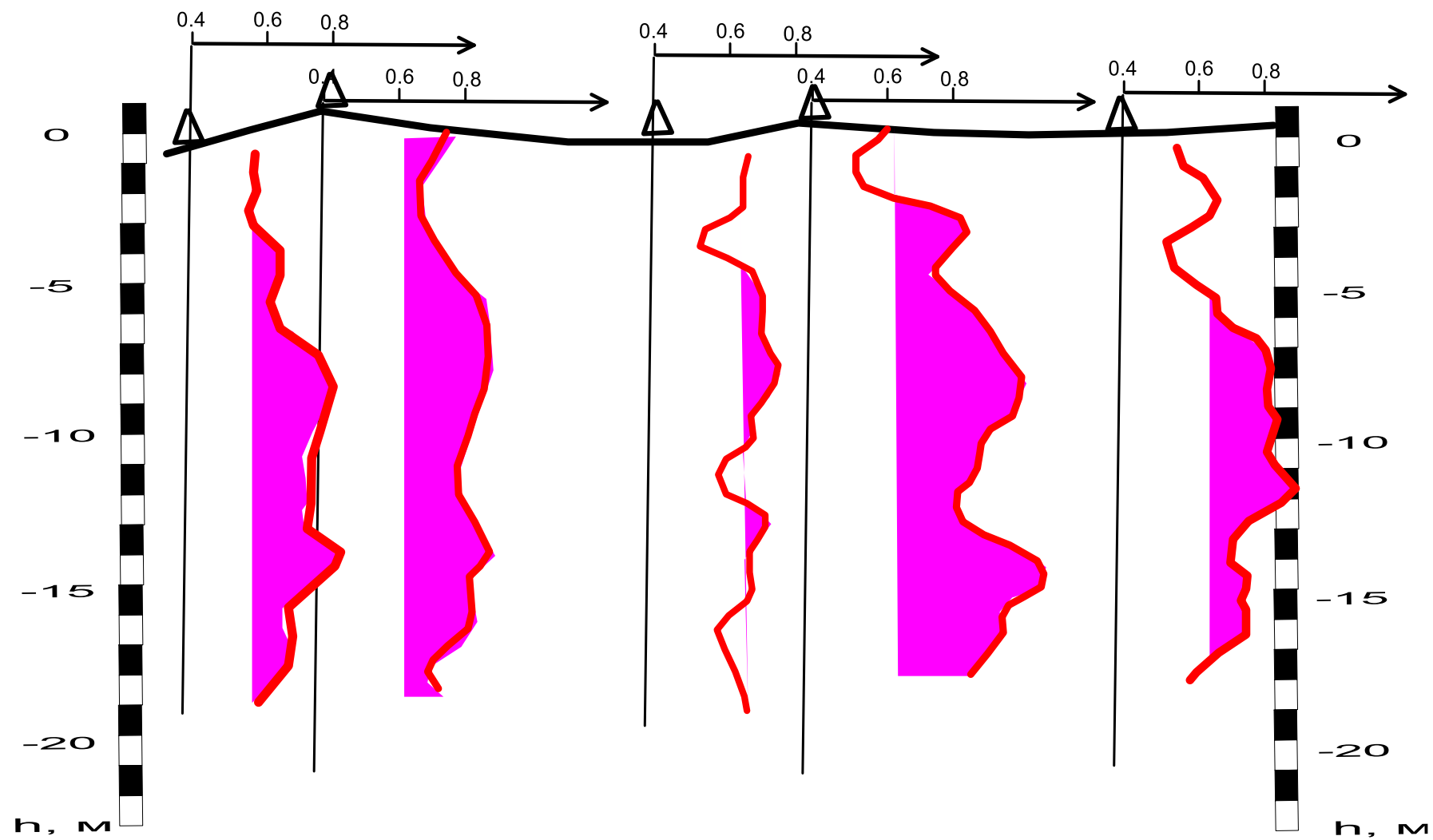
- Точность
- детальность
- Практическая ценность
- ...

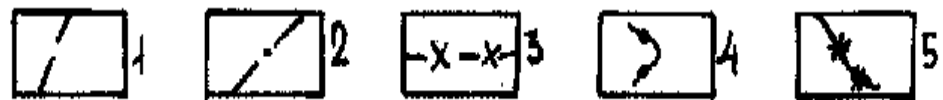
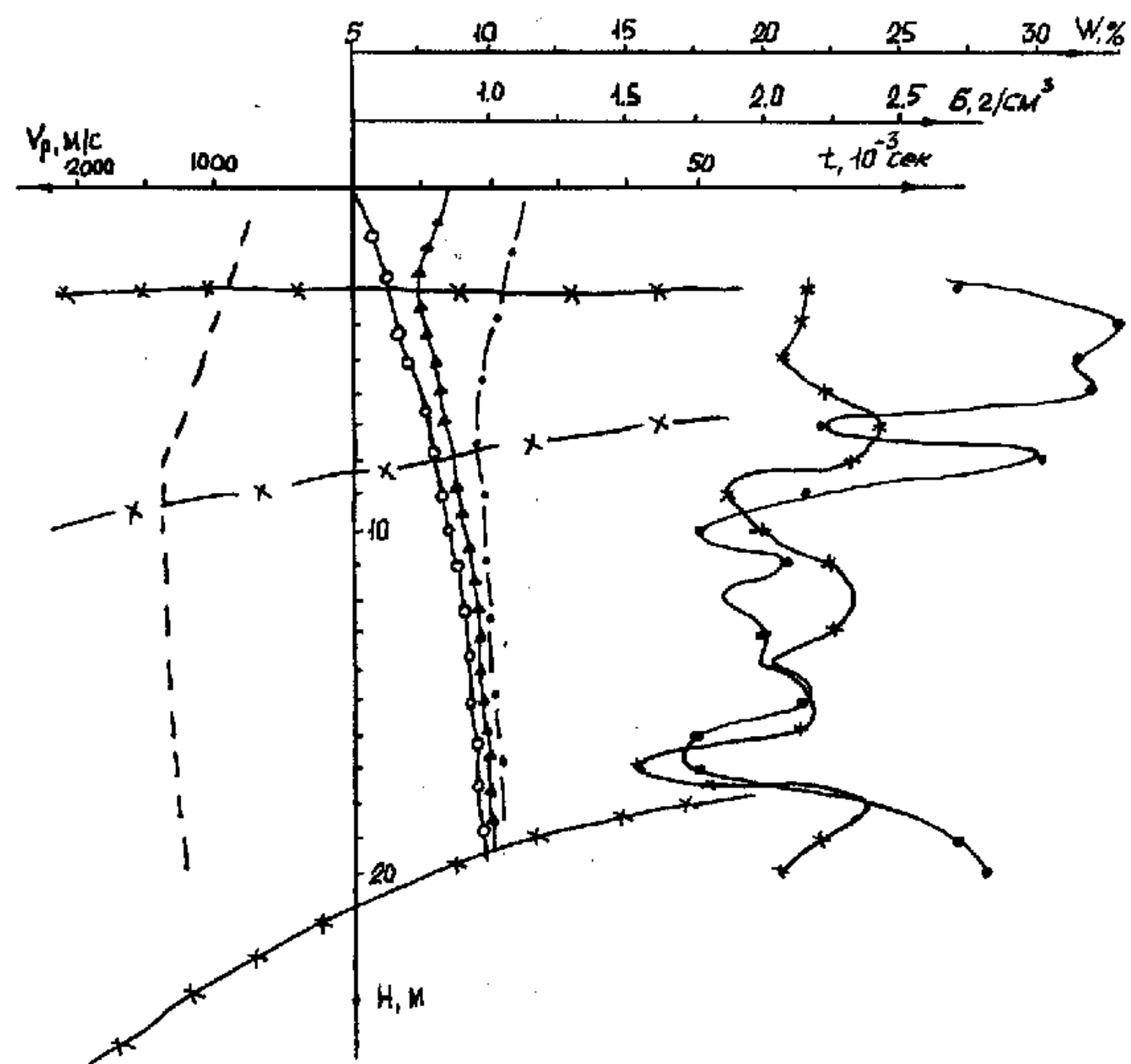


влажность



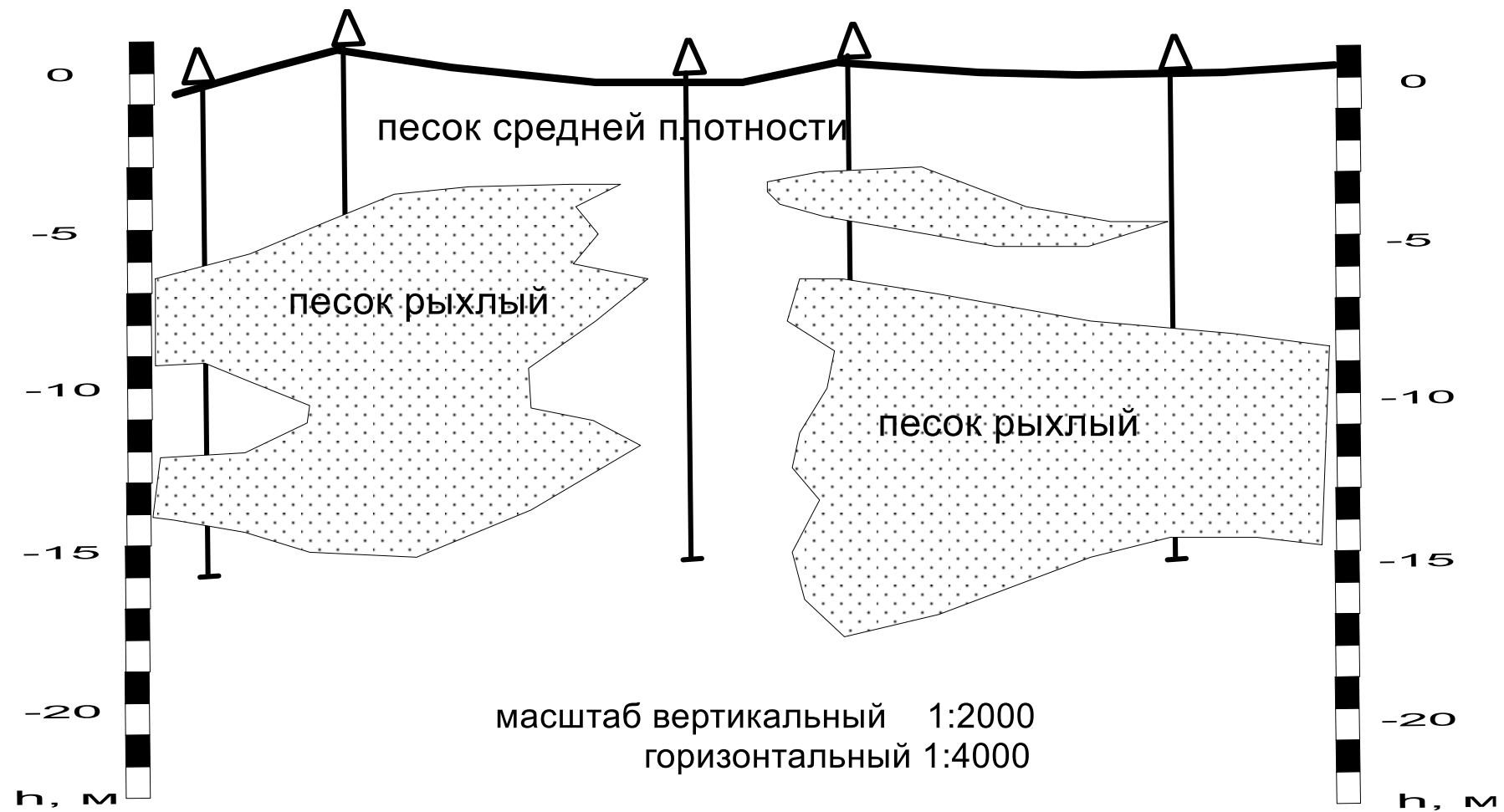
пористость



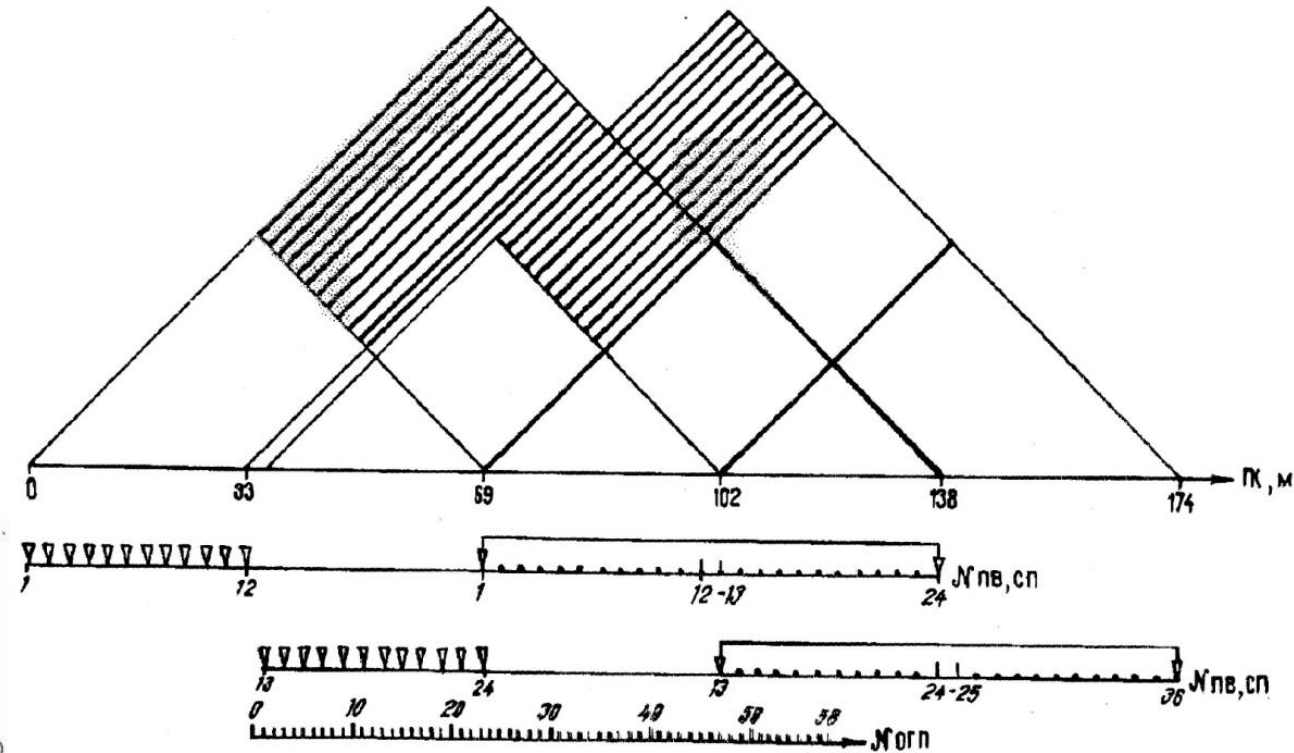
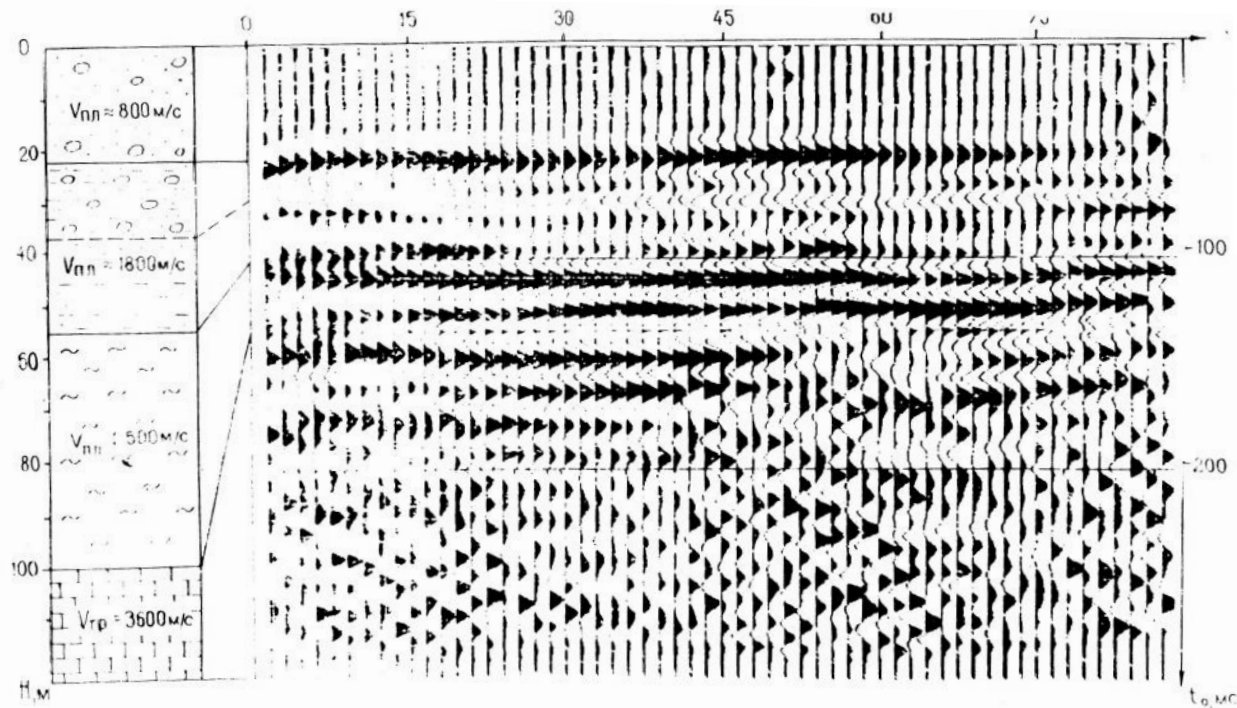


- 1 – график средней скорости
- 2 – непродольный годограф
- 3 – сейсмические границы
- 4 – влажность по НГК
- 5 – плотность по ГКК

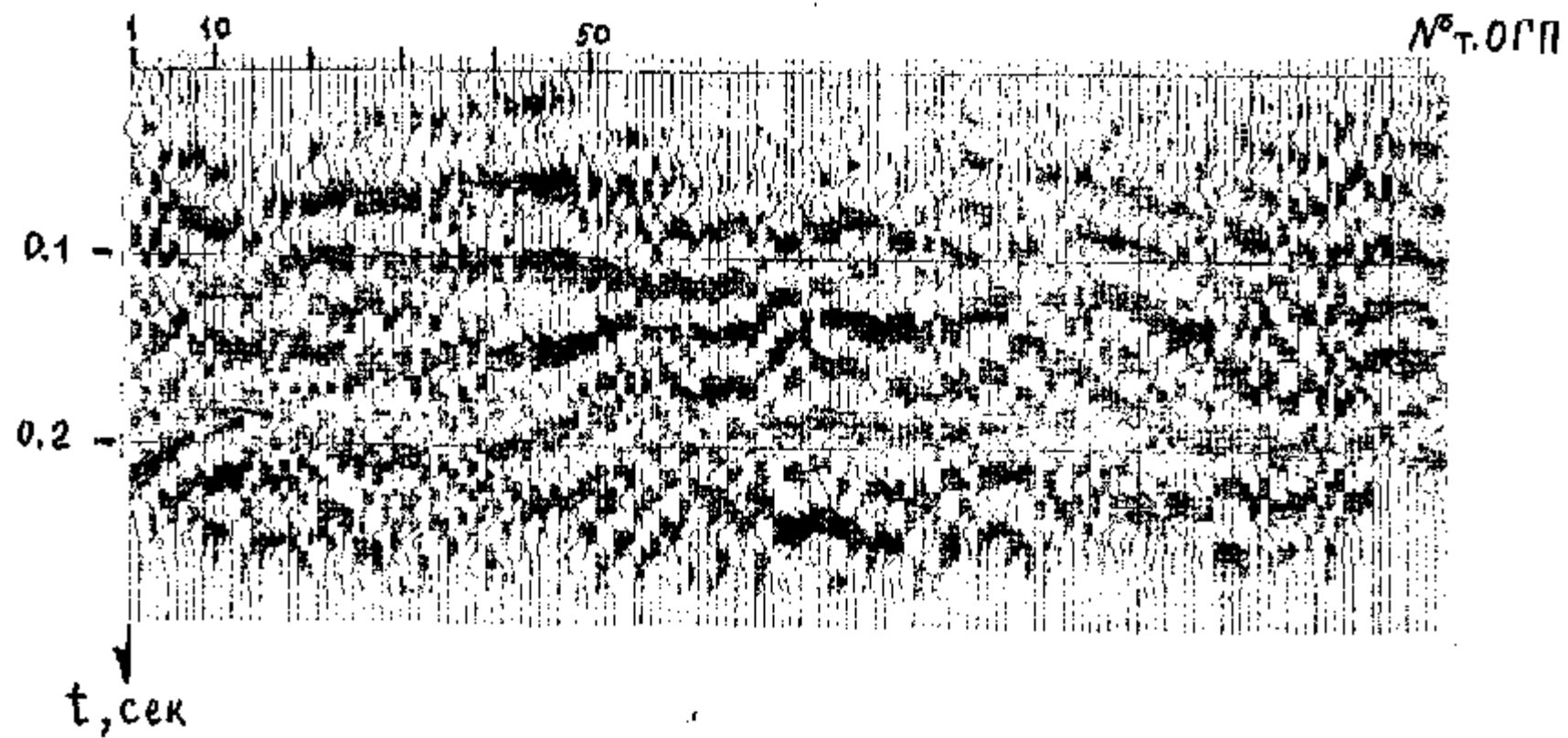
Муйский район
обобщенный инженерно-геологический разрез



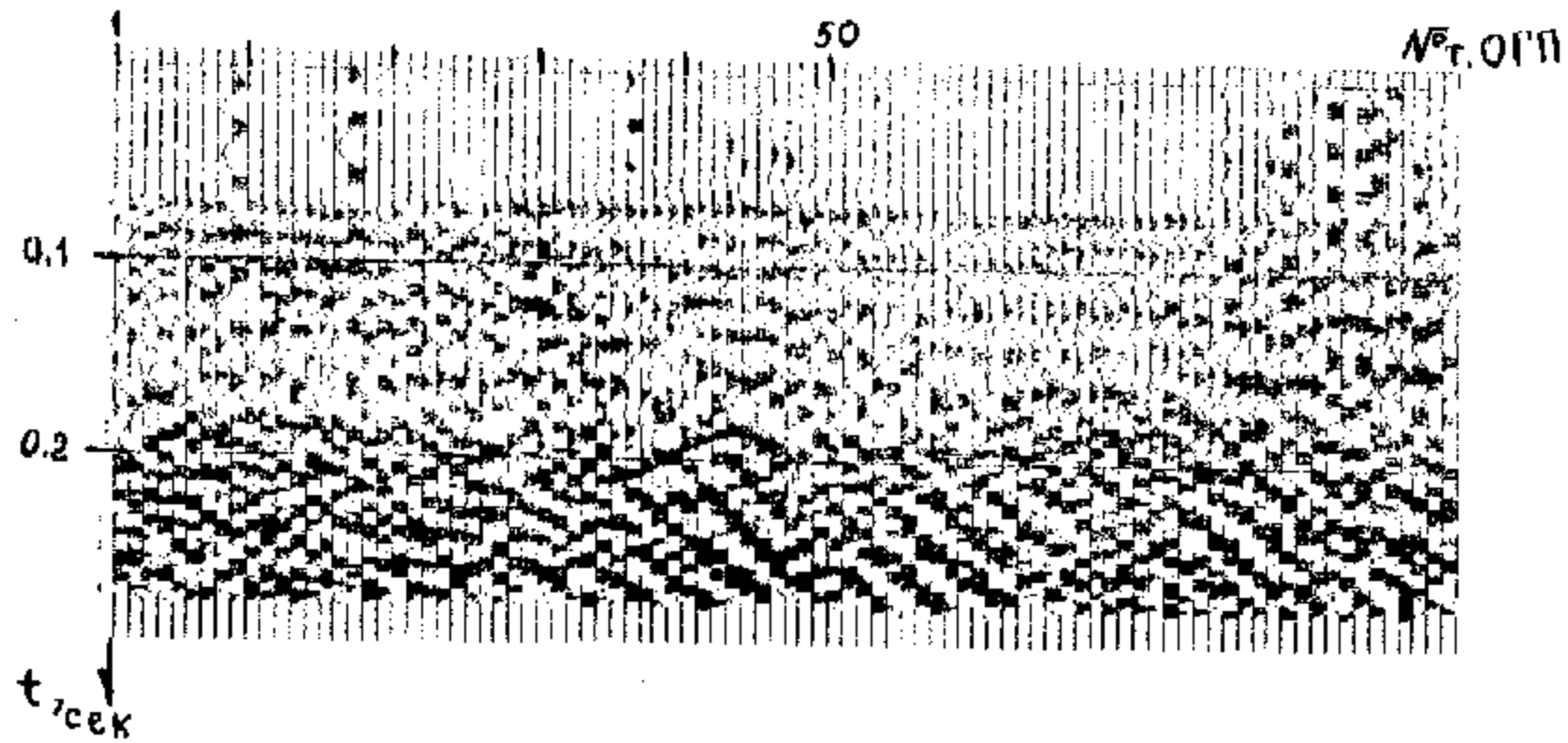
СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ВРЕМЕННЫЕ РАЗРЕЗЫ ОГП



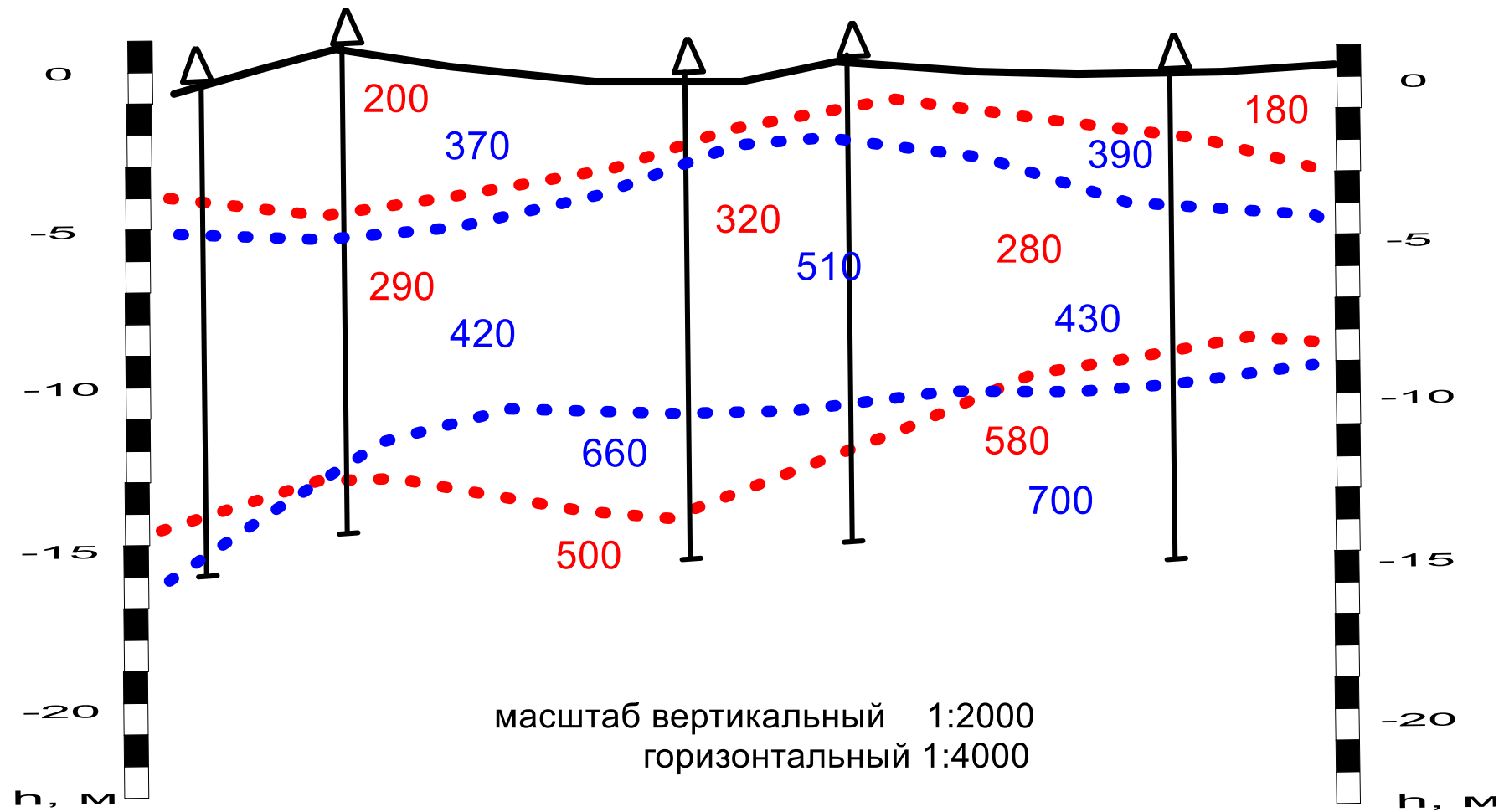
Временной разрез (SH-волны)



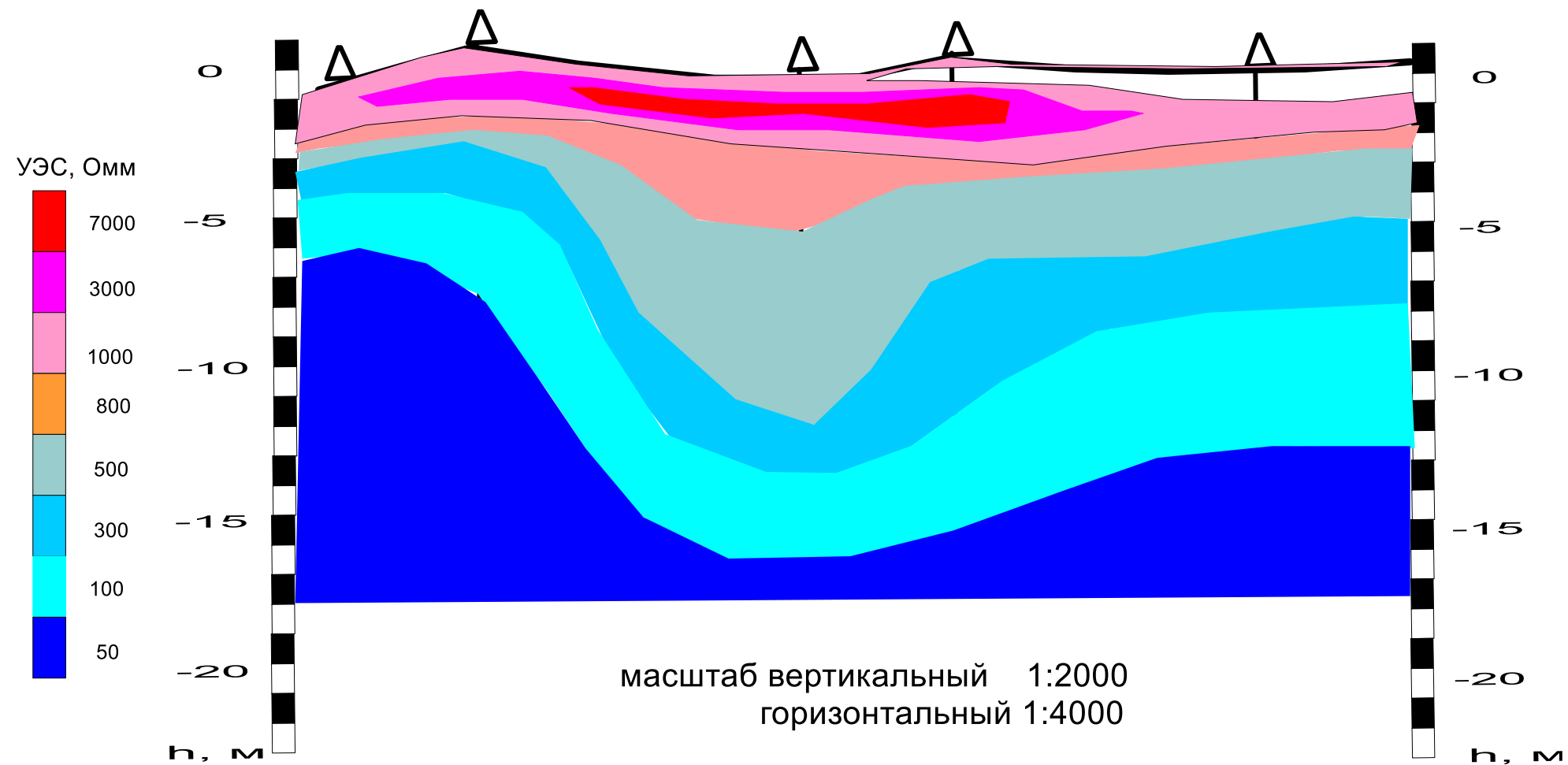
Временной разрез (Р-волны)



Муйский район
распределение V_{sh} и V_p в разрезе



Муйский район
распределение УЭС в разрезе



Регрессионные уравнения

- Модуль упругости
- $E_d = 1.78 \cdot \sigma + 0.987 \cdot V_p + 0.231 \cdot V_{sh}$
- Угол внутреннего трения
- $f_i = -0.018 \cdot V_p + 0.575 \cdot V_{sh} - 0.223 \cdot E_d$
- Модуль сцепления
- $C = 0.197 \cdot \sigma - 0.318 \cdot M_d - 0.258 \cdot E_d$

Где:

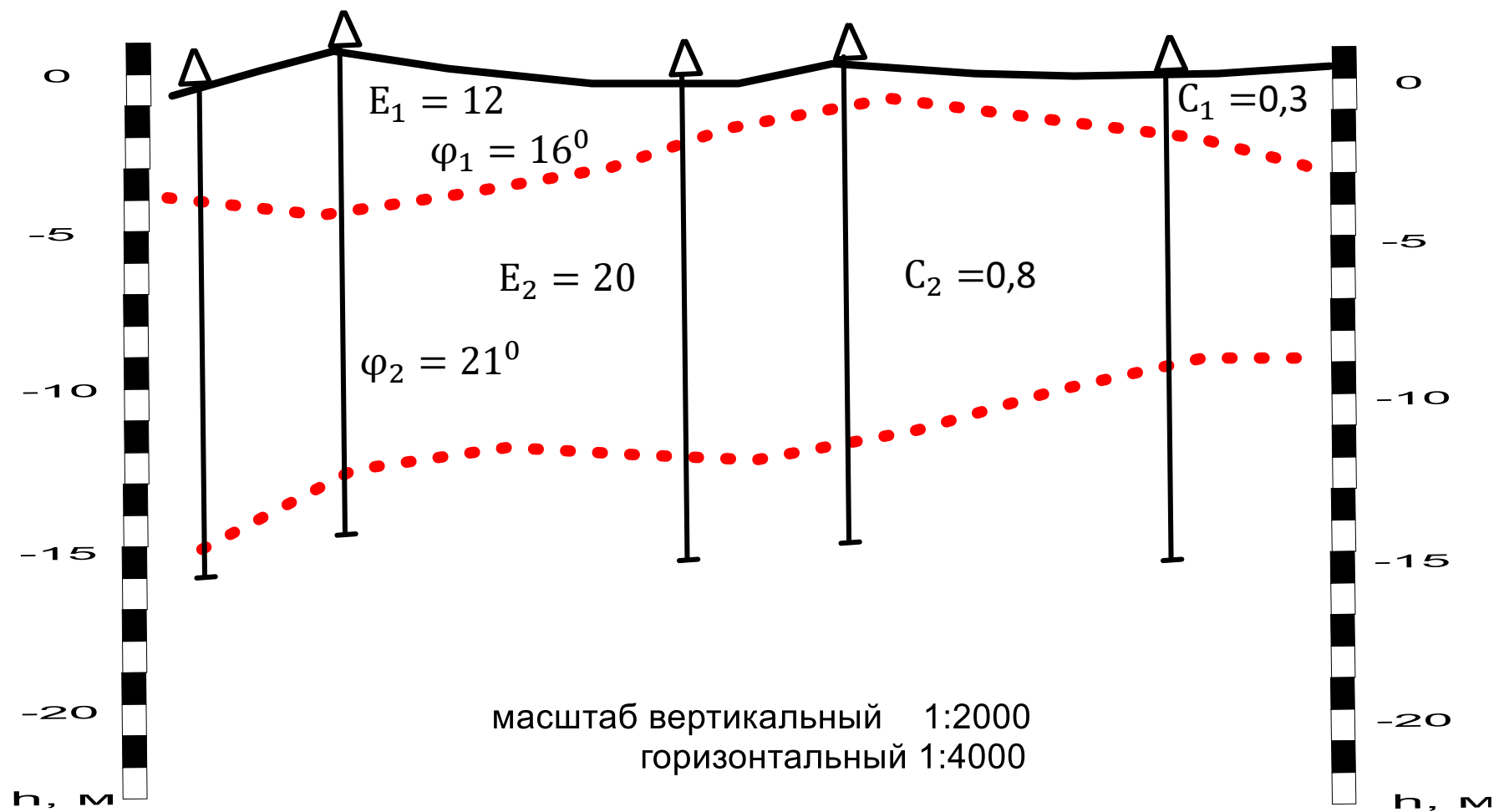
σ – плотность, г/см

V_p – скорость Р-волн

V_{sh} – скорость SH-волн

M_d - коэффициент Пуассона

Муйский район
распределение ФМС в разрезе



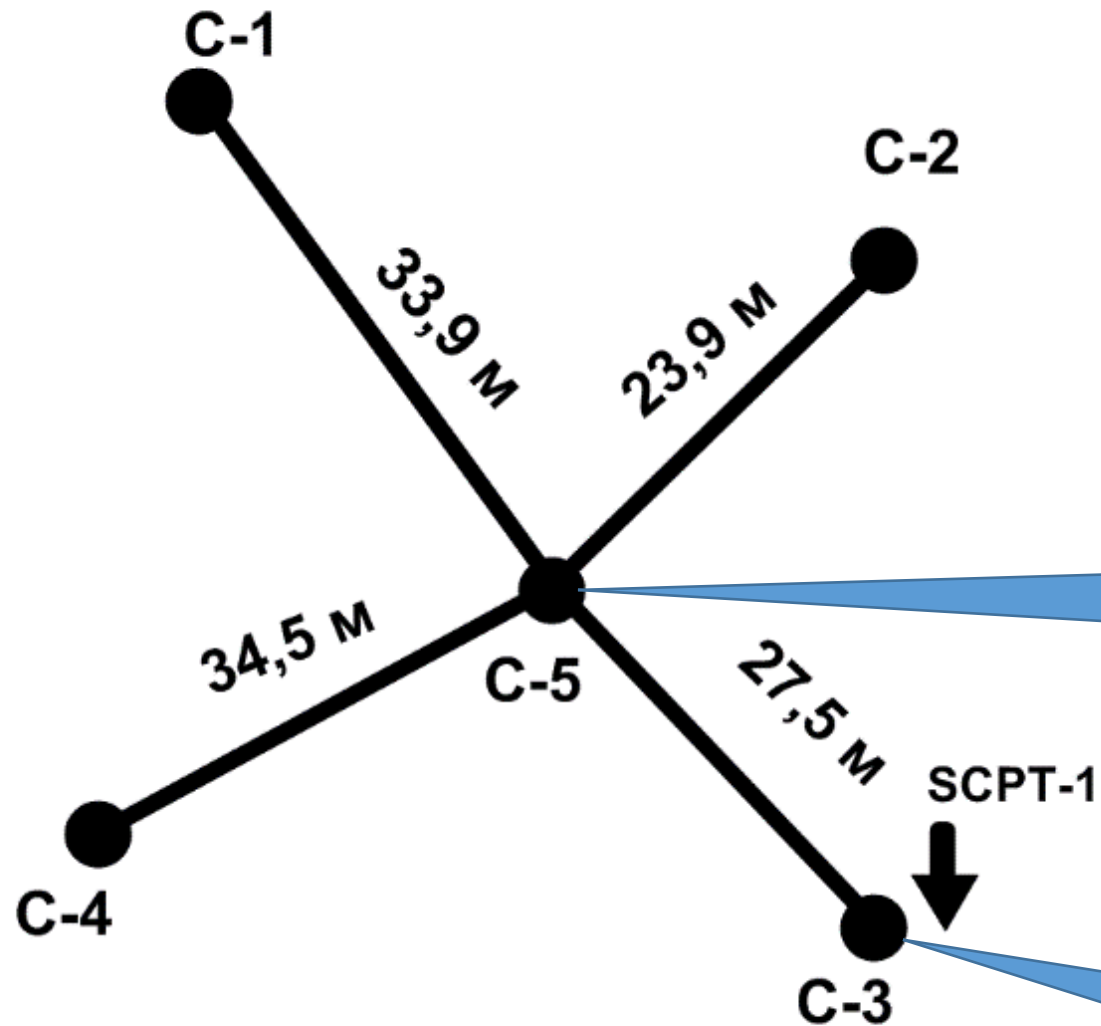
Методы, полученные параметры

методы

- межскважинное сейсмическое просвечивание (МСП)
- статическое зондирование с измерением скоростей волн сдвига (сейсмостатическое зондирование) (SCPT)

Полученные результаты

- модуль упругости,
- модуль сдвига,
- коэффициент Пуассона

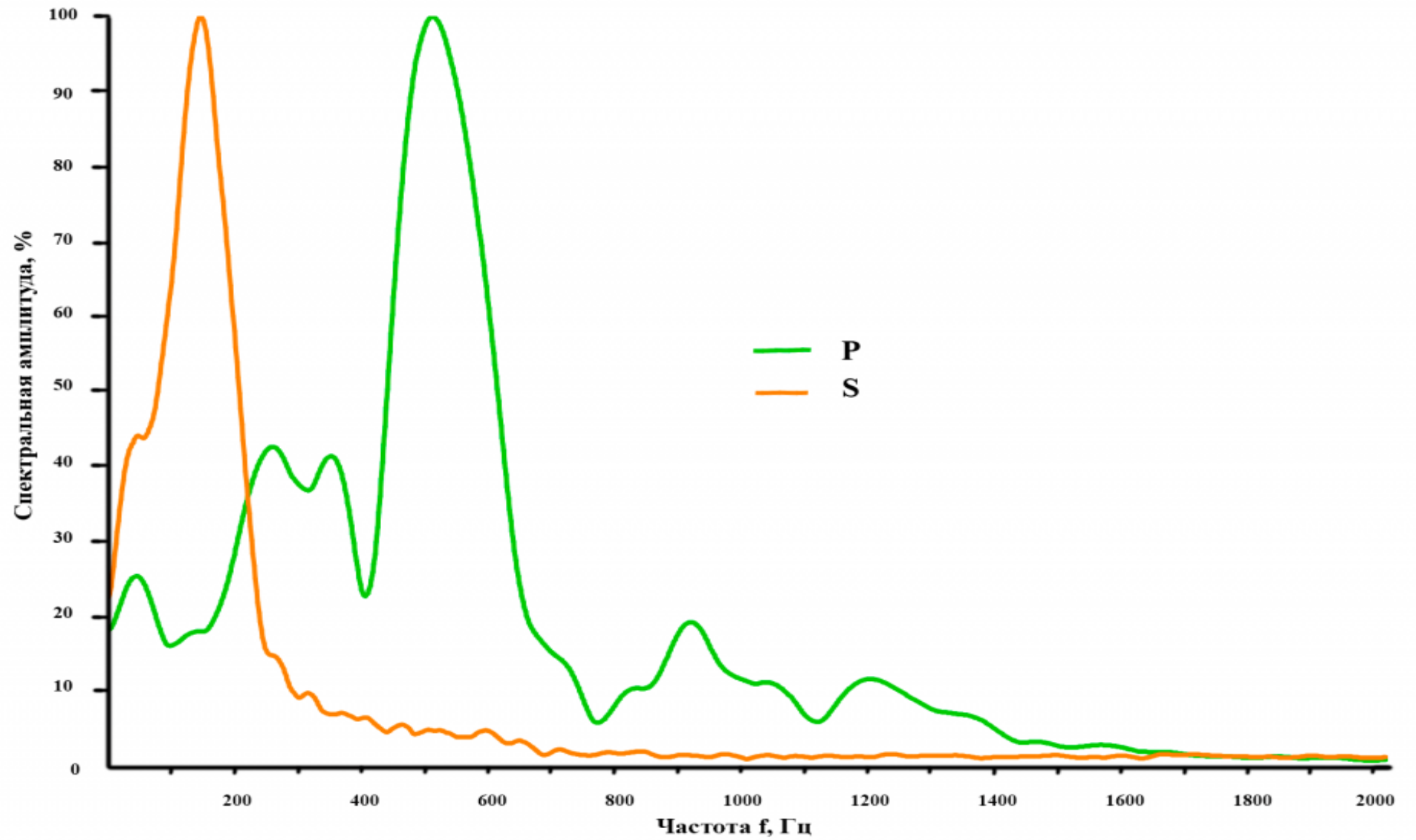


Положение скважин в плане

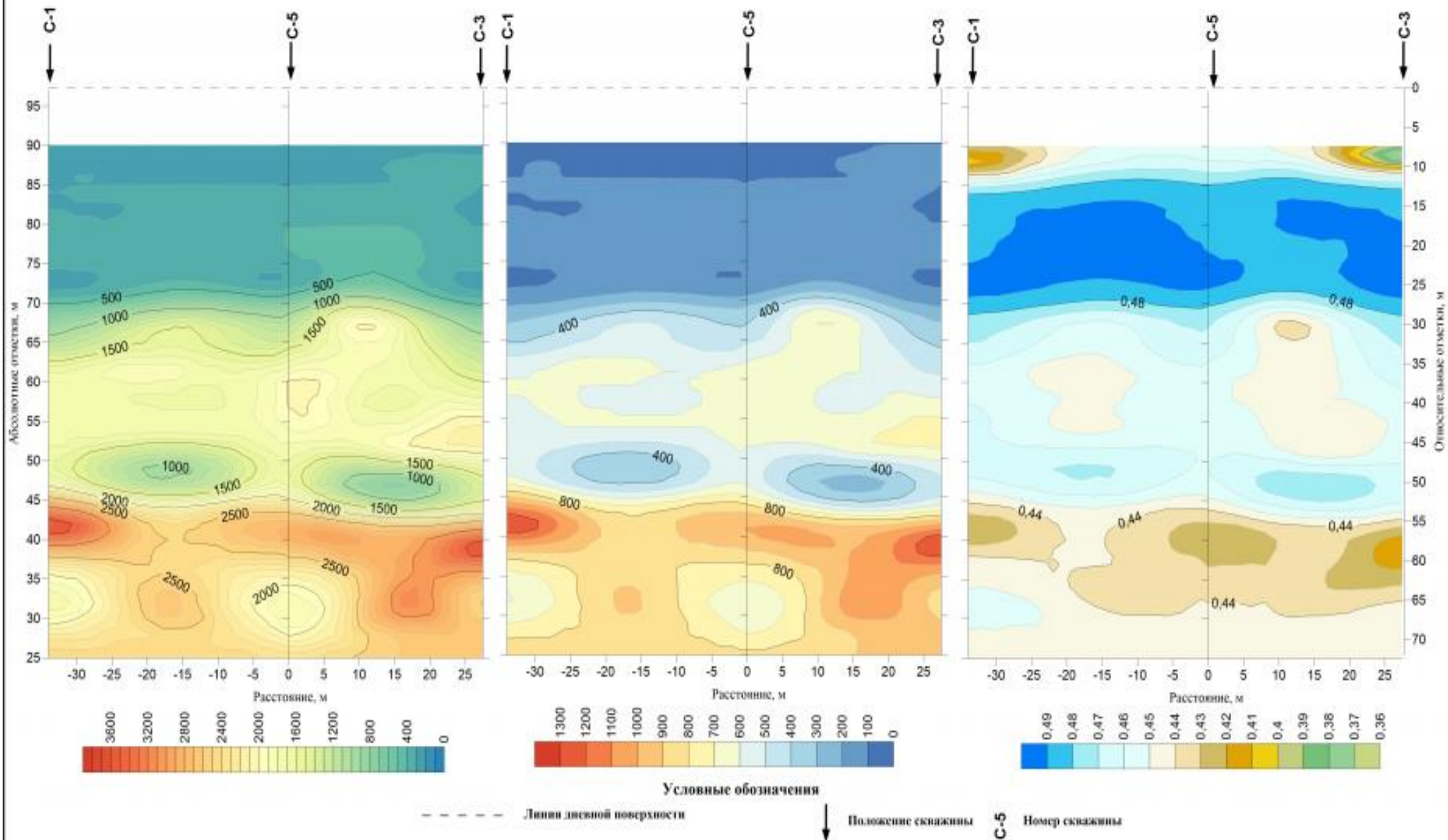
скважинный пневмоэлектрический излучатель Shock, использующий в качестве источника энергии накопитель Jack

Регистрация на трехкомпонентный геофонный зонд с механическим прижимом

Спектральная характеристика колебаний



модуль Юнга (а), модуль сдвига (b), коэффициент Пуассона (с)



результаты определения скорости продольных и поперечных волн и рассчитанных по ним динамических модулей упругости

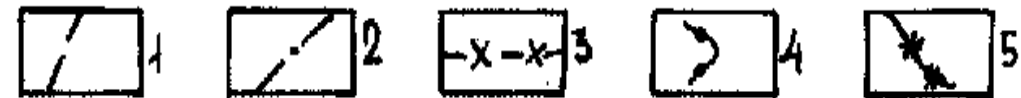
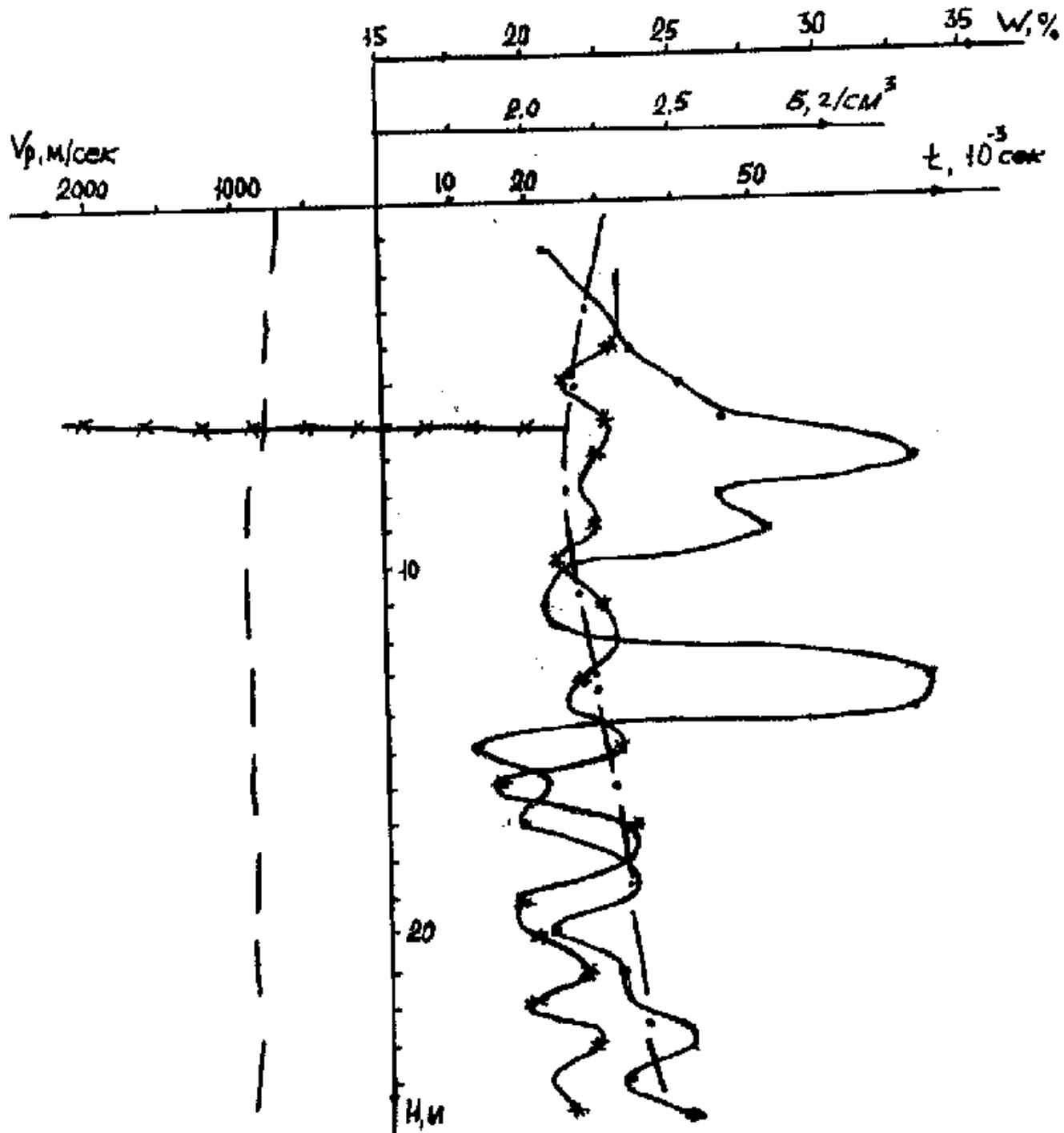
№	Глубина,м	Номер слоя	Vp, м/с	Vs, м/с	Плотность, ρ, г/см	Vp/Vs	Модуль Юнга, Е, МПа	Модуль сдвига, G, МПа	Коэффициент Пуассона, μ
1	1,5-6,0	1	450	170	1,77	2,65	145	50	0,42
2	6,0-10,0	2	550	270	1,88	2,04	367	137	0,34
3	10,0-15,0	3	1600	270	1,98	5,93	428	145	0,49
4	15,0-22,0	4	1700	290	2,08	5,86	520	175	0,49
5	22,0-25,2	5	1750	310	2,00	5,65	570	190	0,48

Рекомендуемый комплекс методов

- Многоволновая сейсморазведка
 - Наземная
 - Скважинная
- Электроразведка
 - Электротомография
 - ...
- ГГК, НГК
- ...

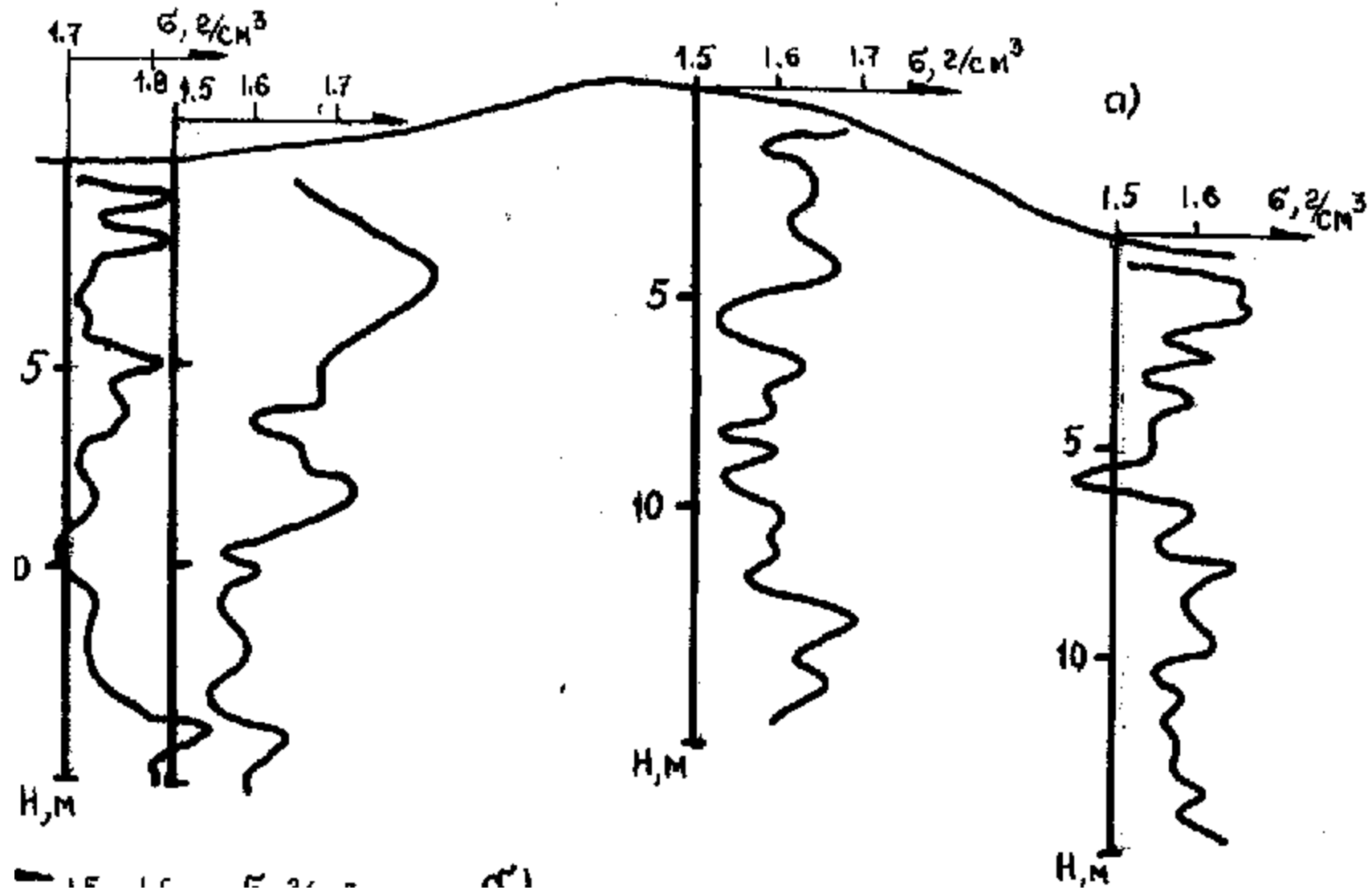
Спасибо за внимание

- Мироманов Андрей Викторович
- 89148994611
- mav@ex.istu.edu

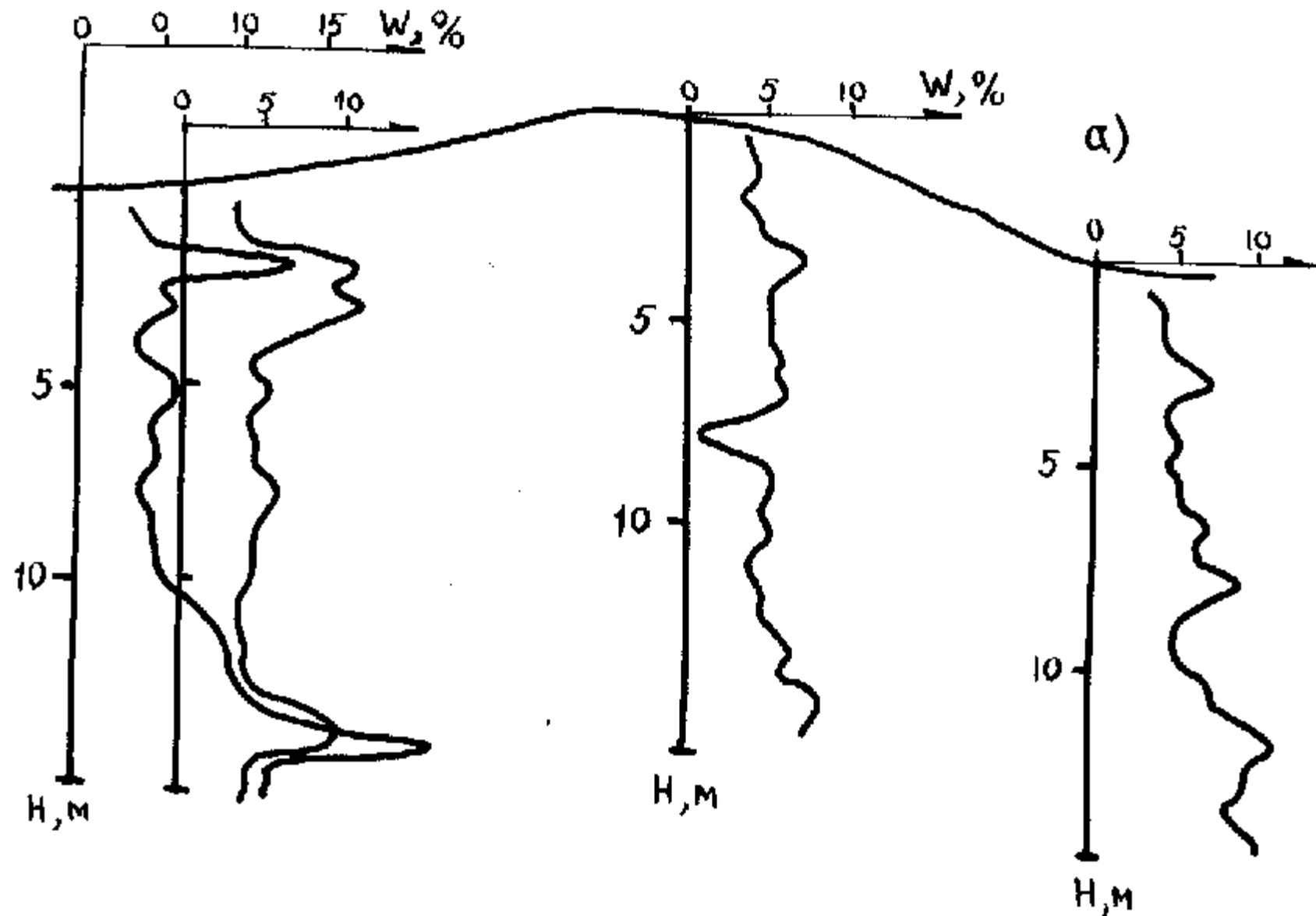


- 1 – график средней скорости
- 2 – непродольный годограф
- 3 – сейсмические границы
- 4 – влажность по НГК
- 5 – плотность по ГК

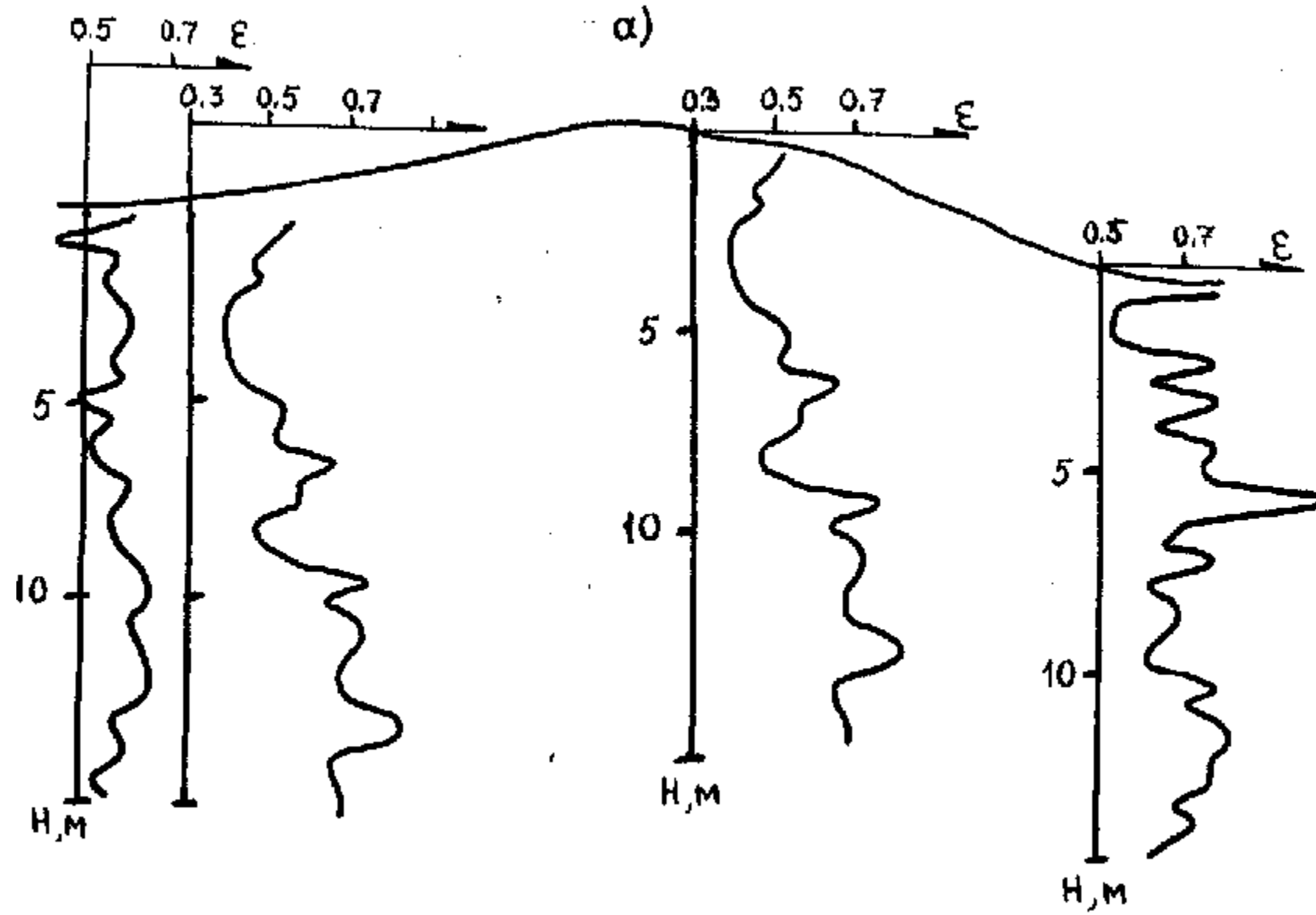
ПЛОТНОСТЬ



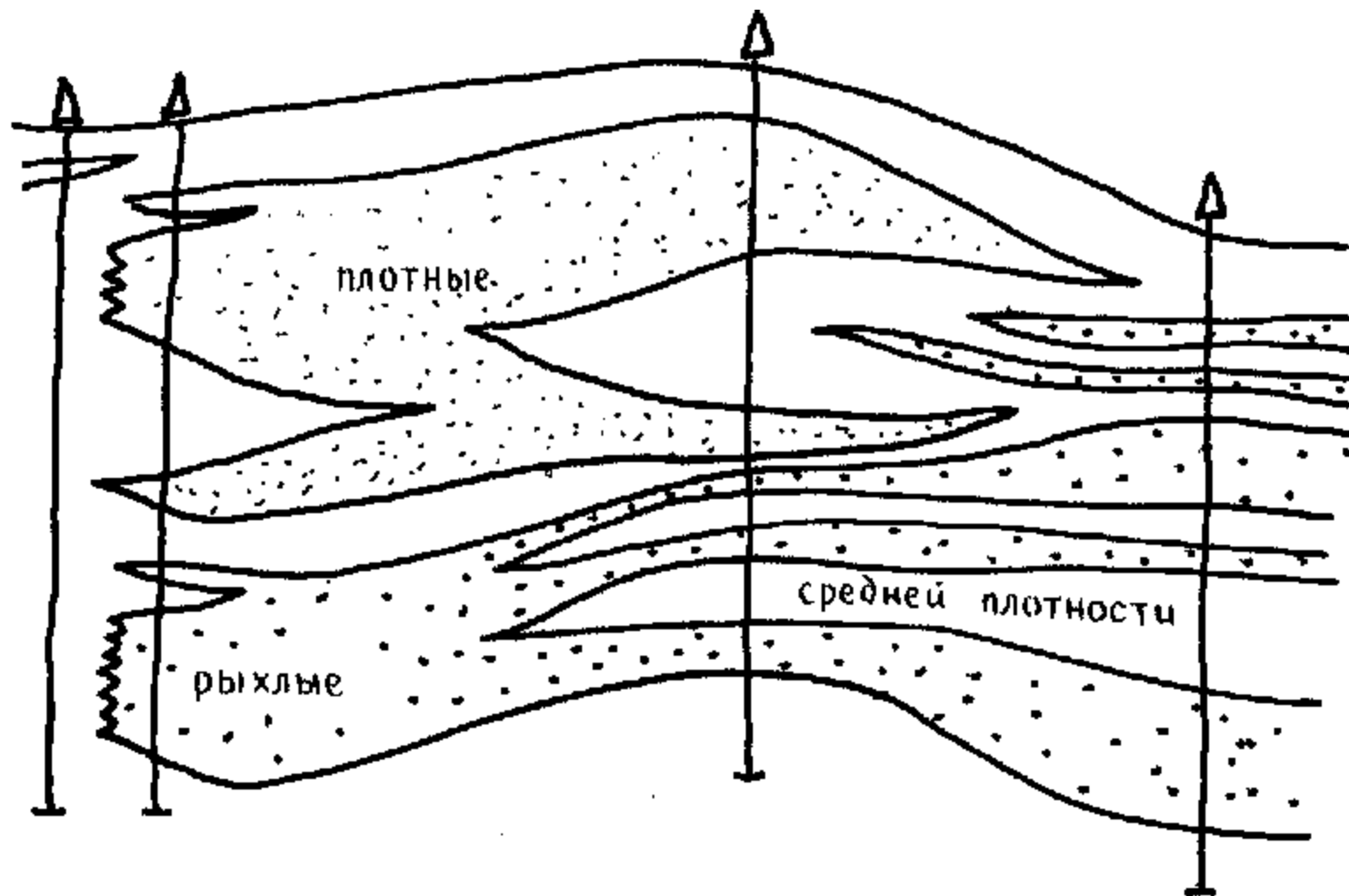
Влажность

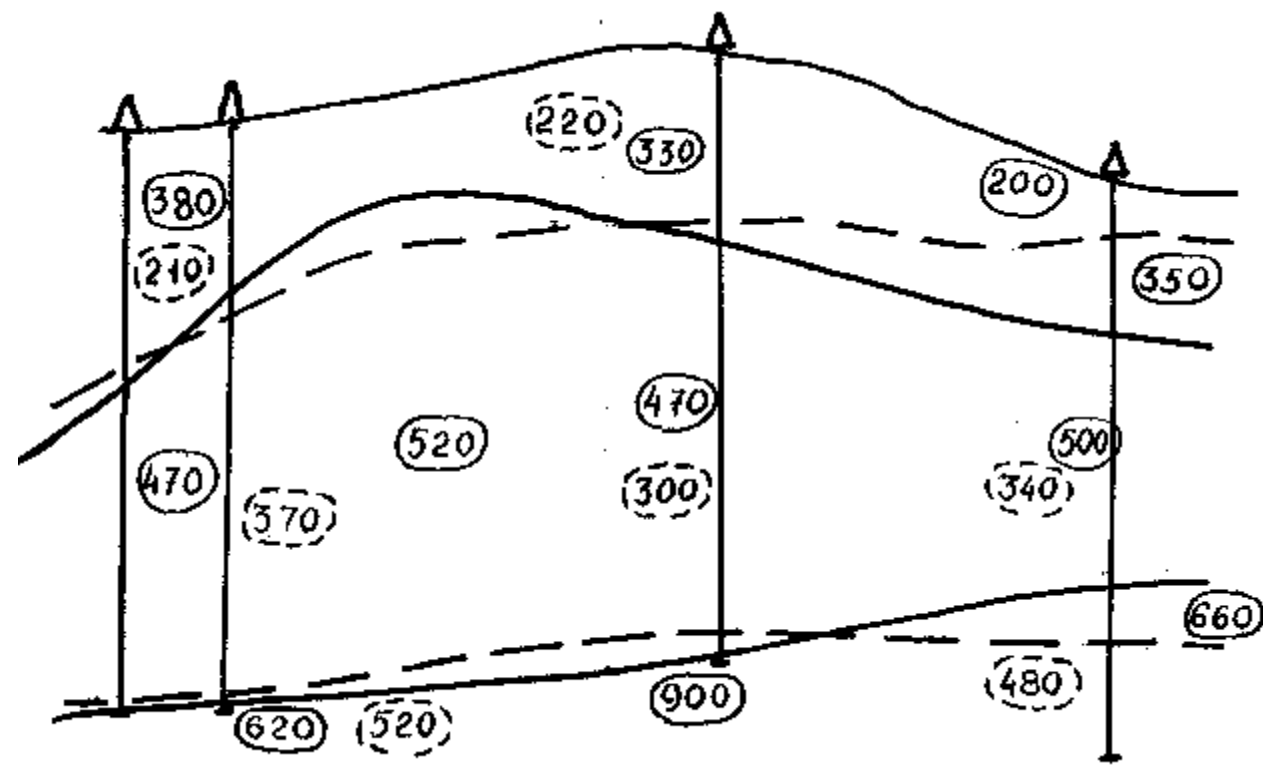


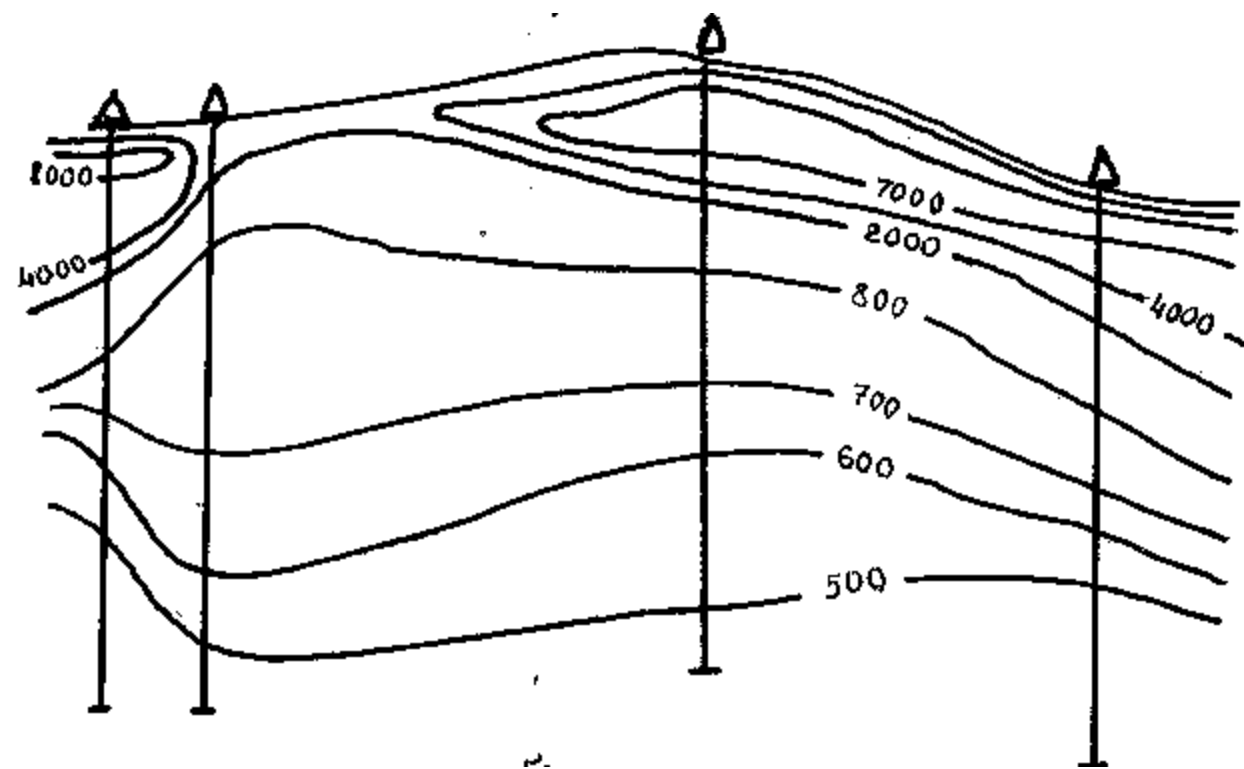
пористость

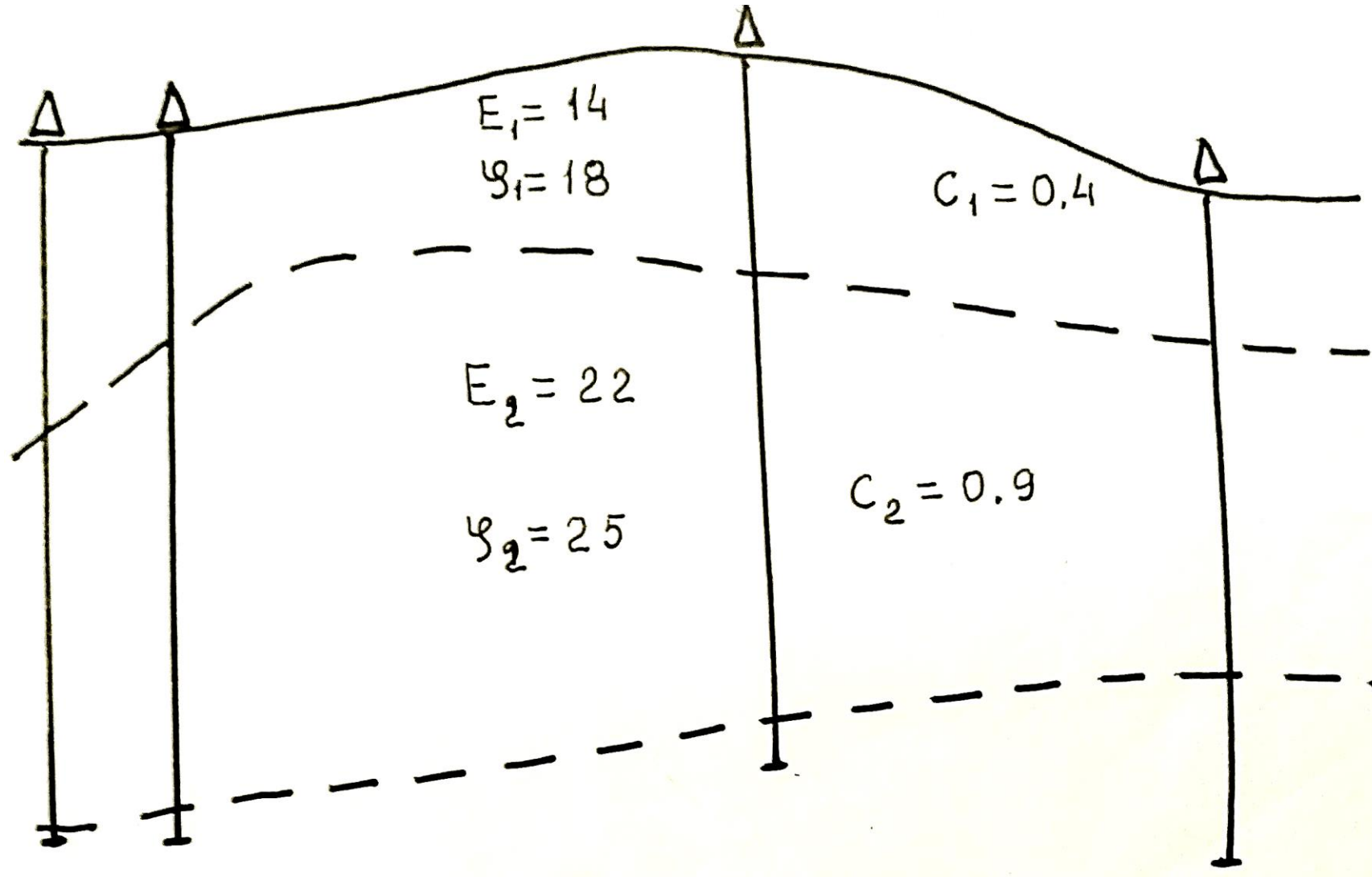


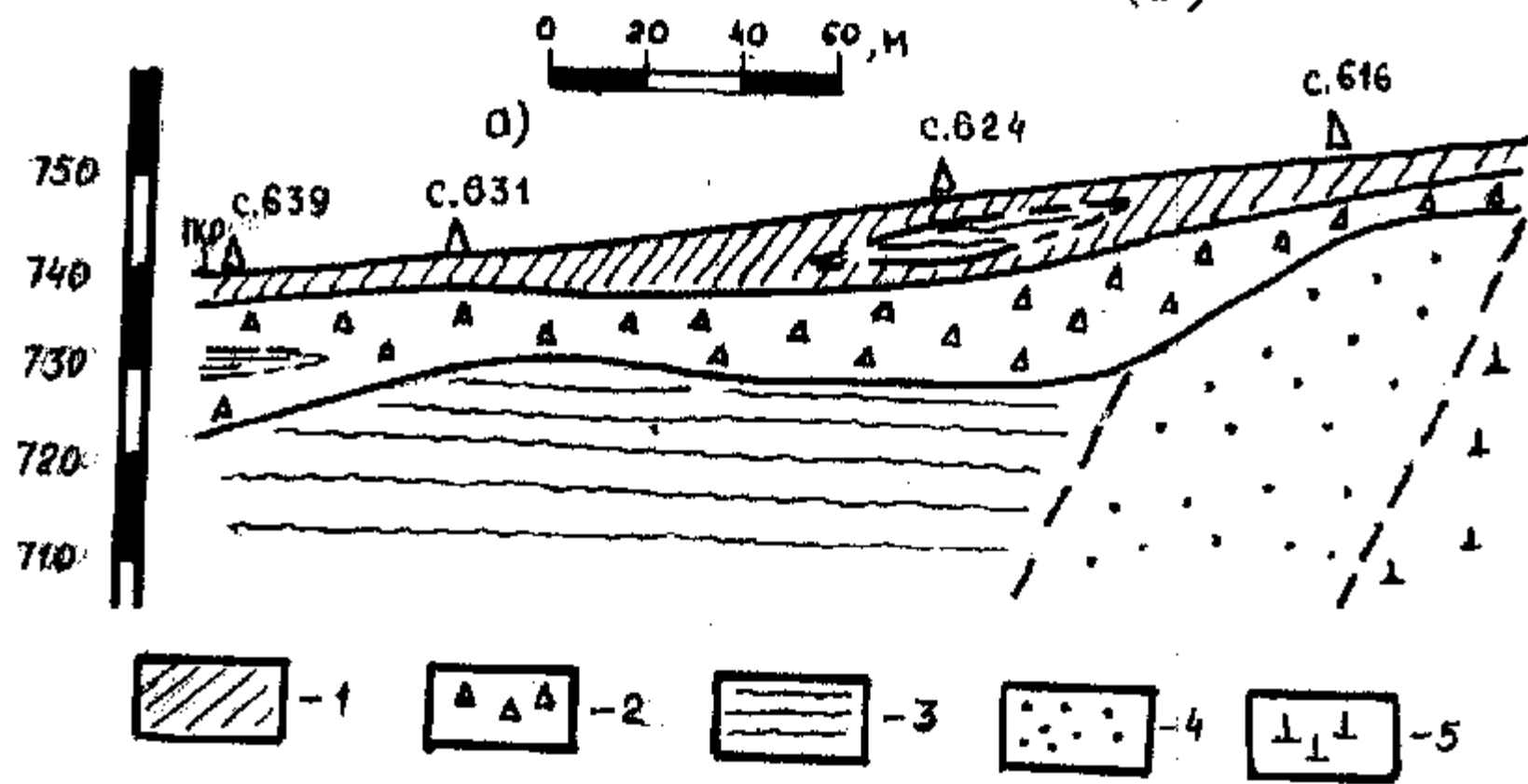
Северо-муйск

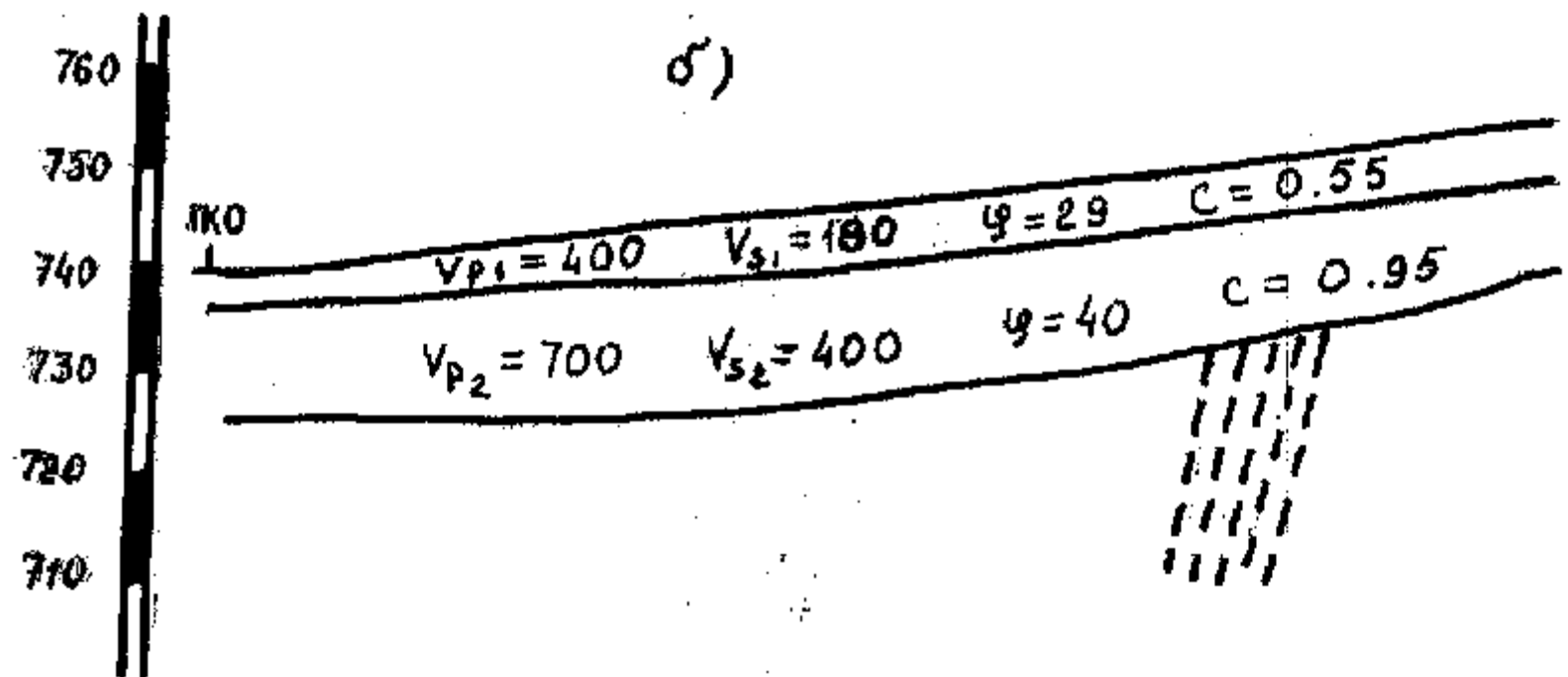












1 - суглинок, 2 - щебенчатый грунт, 3 - глинистые сланцы,
4 - песчанник, 5 - диабаз

