

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

**Кафедра теоретической и геотехнической механики**

**Составители  
С. М. Простов  
М. В. Гуцал**

## **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОКОНТРОЛЯ**

**Методические указания по выполнению курсовой работы**

**Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности  
21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового  
производства в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе**

**Кемерово 2019**

## Рецензенты

Сирота Д. Ю. – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и геотехнической механики

Хямяляйнен В. А. – доктор технических наук, профессор, председатель учебно-методической комиссии 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства

**Простов Сергей Михайлович,  
Гуцал Максим Владимирович.**

**Обработка результатов геоконтроля:** методические указания по выполнению курсовой работы [Электронный ресурс] для обучающихся специальности 21.05.05 Физические процессы горного или нефтегазового производства очной формы обучения / сост.: С. М. Простов, М. В. Гуцал; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Курсовая работа включает 4 раздела, для каждого из которых изложены цель, задание, теоретические положения и указания по выполнению расчетов. Приведены порядок оформления пояснительной записки, вопросы для самопроверки и список рекомендованной литературы.

© КузГТУ, 2019  
© Простов С. М.,  
Гуцал М. В.,  
составление, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Общие положения</b>	<b>2</b>
<b>1. Построение диаграмм гранулометрического состава песчано-глинистых грунтов</b>	
1.1. Цель и содержание раздела	3
1.2. Теоретические положения	3
1.3. Содержание работы	5
<b>2. Расчет коэффициентов фильтрации глинистых и песчаных грунтов</b>	
2.1. Цель и содержание раздела	6
2.2. Теоретические положения	6
2.3. Содержание работы	9
<b>3. Расчет акустических и механических параметров образцов горных пород по данным ультразвуковых измерений</b>	
3.1. Цель и содержание раздела	11
3.2. Теоретические положения	11
3.3. Содержание работы	16
<b>4. Расчет погрешности измерений при площадных и скважинных радиометрических исследованиях</b>	
4.1. Цель и содержание раздела	17
4.2. Теоретические положения	17
4.3. Содержание работы	24
<b>5. Порядок оформления пояснительной записки и защиты курсовой работы</b>	<b>25</b>
<b>6. Вопросы для самопроверки и контроля</b>	<b>26</b>
<b>7. Рекомендуемая литература</b>	<b>27</b>
<b>Приложение А</b>	<b>28</b>

## Общие положения

Обработка результатов геоконтроля является неотъемлемой и важной составной частью физико-технического контроля и мониторинга процессов горного производства. Обработка результатов лабораторных и полевых (производственных) экспериментальных исследований предназначена для решения следующих задач:

- повышение точности определения физических параметров горных пород путем введения поправок, учитывающих условия измерений;
- снижение влияния случайных факторов на результаты измерений и оценка их воспроизводимости (точности) путем применения методов математической статистики;
- визуализация экспериментальных данных для их последующего корректного анализа.

Курсовая работа включает 4 раздела, отражающих основное содержание тем «Изучение механических свойств горных пород на образцах», «Методы и средства акустического контроля», «Методы и средства радиометрического контроля» теоретического курса [1] и тем «Определение физических свойств грунтов», «Ультразвуковые исследования образцов горных пород», «Изучение устройства аппаратуры и полевые исследования радиометрическим методом» лабораторного практикума [2].

Общая цель курсовой работы состоит в закреплении теоретических знаний, выработке навыков статистической обработки и визуализации баз данных лабораторных и полевых геофизических исследований состояния и свойств горных пород

Основные этапы выполнения курсовой работы:

- выдача задания;
- выполнение расчетов и графических построений, уяснение неясных элементов методик на консультациях, устранение замечаний преподавателя;
- оформление пояснительной записки;
- защита работы.

Результатом защиты курсовой работы является дифференцированная оценка.

# 1. Построение диаграмм гранулометрического состава песчано-глинистых грунтов

## 1.1. Цель и содержание раздела

Задание раздела предназначено для выработки у студентов навыков построения диаграмм гранулометрического состава песчано-глинистых и гравелистых горных пород по данным лабораторных исследований.

**Задание.** Для заданного распределения масс фракций грунта построить диаграмму, интегральную кривую гранулометрического состава, оценить однородность по коэффициенту неоднородности и отнести его к одному из типов с помощью соответствующей треугольной диаграммы.

Исходные данные расчетов для 25 вариантов заданий приведены в табл. 1.1.

## 1.2. Теоретические положения

Гранулометрический состав характеризует осадочные породы в отношении их дисперсности, т. е. размеров слагающих частиц. Он выражает процентное содержание в породе групп частиц (фракций) различных размеров, взятых по отношению к массе абсолютно сухой породы.

Мерой неоднородности гранулометрического состава песчаных и глинистых пород служит коэффициент неоднородности

$$K_H = d_{60}/d_{10}, \quad (1.1)$$

где  $d_{60}$  – контролирующий диаметр частиц;  $d_{10}$  – действующий или эффективный диаметр частиц.

Под действующим или эффективным диаметром частиц  $d_{10}$  понимают такой диаметр, меньше которого в породе имеют 10 % от всех частиц. Контролирующим диаметром  $d_{60}$  называют такой, меньше которого в данной породе 60 % частиц.

Чем больше  $K_H$ , тем неоднороднее грунт. Если  $K_H < 3$ , грунт считается однородным.

Для наглядности представления о составе и степени однородности породы строят различные диаграммы и графики (рис. 1.1–1.3).

Таблица 1.1

## Результаты измерений массы фракций грунта

№ варианта	Фракции грунта, мм													
	<0,002	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,25	0,5	1	2	5	10	20
1	10	16	9	10	11	30	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	19	19	85	94	131	103	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	174	131	85	114	70	85	135
4	—	—	—	—	—	20	12	82	90	135	93	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	150	135	90	120	85	70	140
6	85	86	80	61	25	19	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	19	9	80	94	131	103	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	170	122	85	114	79	85	125
9	80	98	75	60	26	20	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	28	136	150	130	90	120	—	—	—
11	75	80	85	66	14	20	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	160	120	90	120	80	70	140
13	90	81	70	61	25	9	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	26	120	174	132	85	114	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	—	82	90	135	93	78	64	80
16	95	81	79	61	29	19	—	—	—	—	—	—	—	—
17	15	11	12	14	8	26	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	20	12	88	99	135	93	—	—	—
19	9	15	11	11	10	28	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	82	90	135	93	88	64	88
21	—	—	—	—	—	23	124	160	130	90	130	—	—	—
22	15	26	19	10	11	30	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	19	9	85	94	131	103	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—	—	174	131	85	114	71	85	115
25	89	91	75	61	24	20	—	—	—	—	—	—	—	—

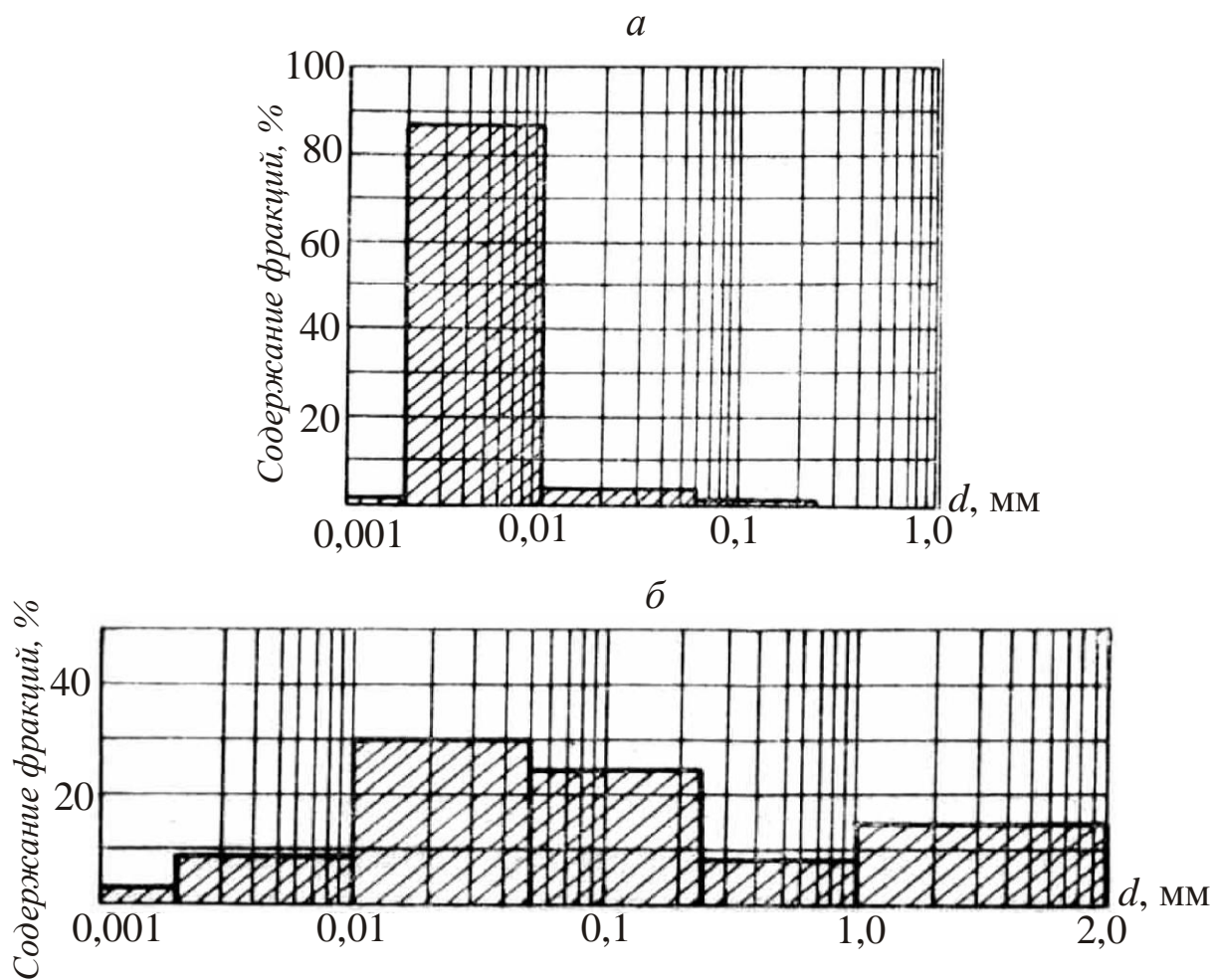


Рис. 1.1. Диаграммы гранулометрического состава однородной (а) и неоднородной (б) глинистой породы

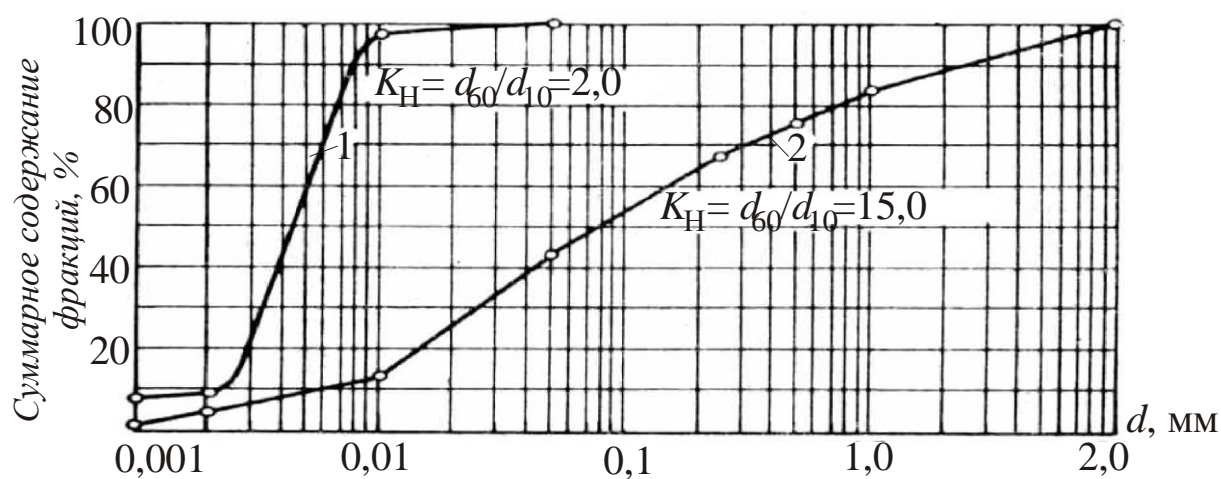


Рис. 1.2. Интегральные кривые гранулометрического состава глинистых пород

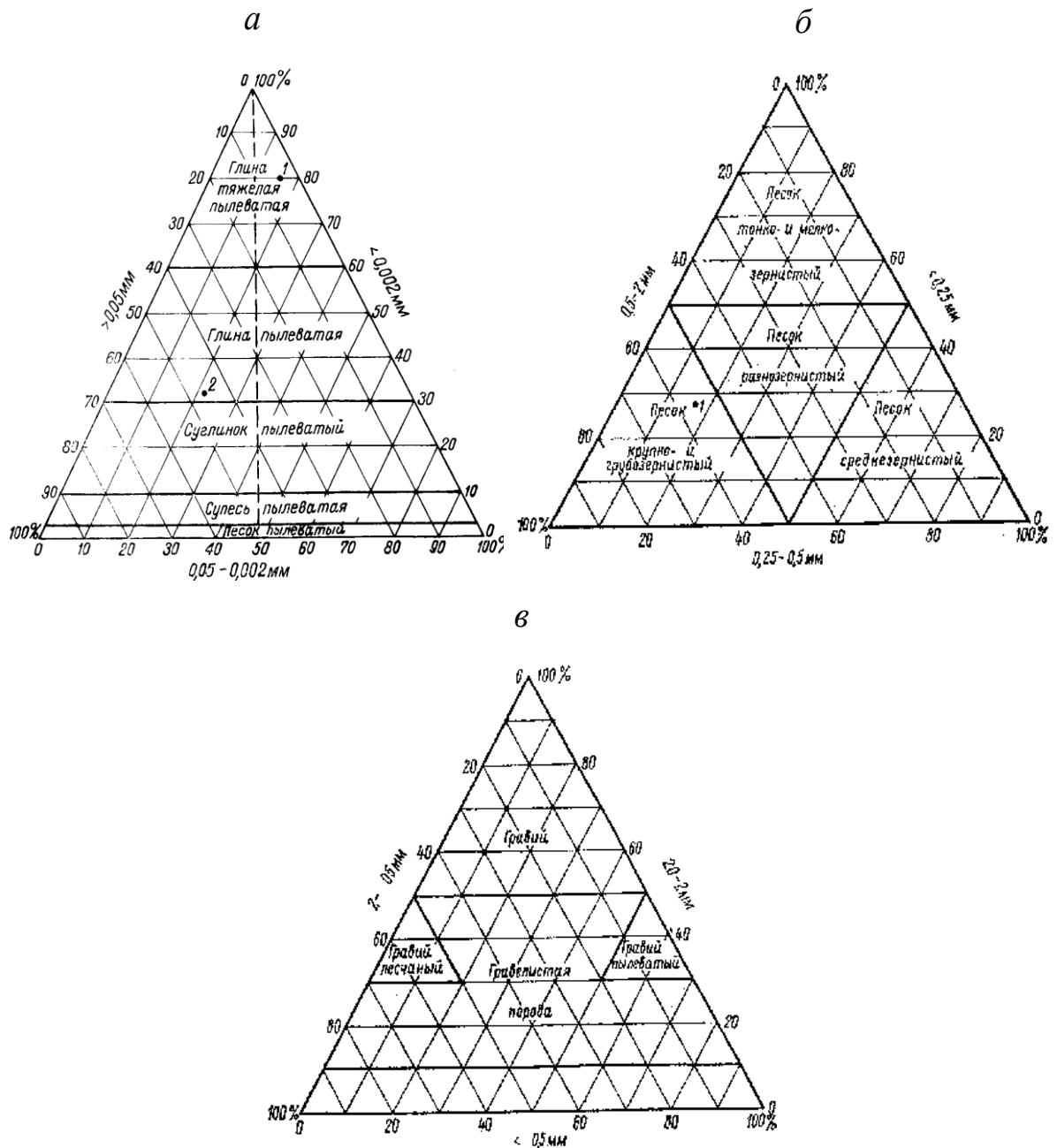


Рис. 1.3. Треугольная диаграмма для изображения гранулометрического состава глинистых (*a*), песчаных (*б*) и гравелистых (*в*) пород

### 1.3. Содержание работы

1.3.1. Рассчитать процентное содержание  $i$ -й фракции по формуле

$$A_i = \frac{m_i}{m} 100 \%, \quad (1.2)$$

где  $m_i$  – масса  $i$ -й фракции грунта, г;  $m$  – масса пробы грунта, равная сумме  $m_i$ , г.

Рассчитать суммарное содержание фракций.

Исходные данные и результаты расчетов занести в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Результаты определения гранулометрического  
состава грунта

Показатель фракции	Фракции грунта, мм					
Масса $m_i$ , г						
Содержание, %						
Суммарное содержание, %						

1.3.2. По данным табл. 1.2 построить диаграмму (рис. 1.1) и интегральную кривую (рис. 1.2) гранулометрического состава.

1.3.3. По формуле (1.1) рассчитать коэффициент неоднородности  $K_H$  и оценить однородность грунта.

1.3.4. По данным табл. 1.2 выбрать соответствующую треугольную диаграмму (рис. 1.3), изобразить ее, указать точку, соответствующую гранулометрическому составу грунта и определить его тип.

1.3.5. Оформить работу, включив в нее следующие компоненты: цель, результаты выполнения пп. 1.3.1–1.3.4.

## 2. Расчет коэффициентов фильтрации глинистых и песчаных грунтов

### 2.1. Цель и содержание раздела

Задание раздела предназначено для уяснения студентами особенностей расчета коэффициентов фильтрации глинистых и песчаных грунтов по данным лабораторных исследований.

**Задание.** По заданным значениям экспериментальных параметров для двух образцов рассчитать их коэффициенты фильтрации, проанализировать зависимость этого показателя от влияющих факторов.

Исходные данные расчетов для 25 вариантов заданий приведены в табл. 2.1.

### 2.2. Теоретические положения

Величину коэффициента фильтрации горных пород определяют с помощью компрессионного прибора. Основными экспериментальными параметрами, определяемыми в ходе испытаний, являются следующие:

$m$  – масса груза, обеспечивающая вертикальную нагрузку на образец, кг;

$H$  – заданная начальная высота напора воды, фильтрующейся через образец, см;

$y$  – падение уровня воды в напорной трубке в ходе эксперимента, см;

$t$  – продолжительность опыта, с;

$T$  – температура фильтрующейся воды, град.

Величину коэффициента фильтрации  $K_{\phi}$  вычисляют по формуле (в см/с)

$$K_{\phi} = 0,01565 \cdot B / t\tau, \quad (2.1)$$

где  $\tau$  – поправка, учитывающая температуру  $T$  воды;  $B$  – промежуточный параметр, определяемый из выражения (в см)

$$B = [-\ln(1 - y/H)]. \quad (2.2)$$

Таблица 2.1

## Результаты измерений фильтрационных характеристик

№ варианта	Масса вертикальной нагрузки, г	Образец 1				Образец 2			
		$H$ , см	$y$ , см	$t$	$T$ , град	$H$ , см	$y$ , см	$t$	$T$ , град
1	$m_1 = 0,7$	30	10	240	15	60	5	130	10
	$m_2 = 1,0$		10	180			5	85	
	$m_3 = 1,5$		10	90			5	50	
2	$m_1 = 0,8$	40	15	300	20	35	20	300	16
	$m_2 = 1,2$		15	200			20	250	
	$m_3 = 1,5$		15	130			20	170	
3	$m_1 = 0,7$	50	5	150	14	40	10	200	20
	$m_2 = 1,1$		5	100			10	140	
	$m_3 = 1,6$		5	55			10	100	
4	$m_1 = 0,9$	35	10	230	23	50	10	310	15
	$m_2 = 1,1$		10	170			10	230	
	$m_3 = 1,7$		10	70			10	150	
5	$m_1 = 0,6$	30	15	310	10	35	15	300	20
	$m_2 = 0,9$		15	214			15	204	
	$m_3 = 1,5$		15	140			15	130	
6	$m_1 = 0,8$	40	5	150	16	40	5	100	14
	$m_2 = 1,0$		5	100			5	70	
	$m_3 = 1,6$		5	55			5	40	
7	$m_1 = 0,7$	50	20	330	15	50	20	130	23
	$m_2 = 1,1$		20	234			20	85	
	$m_3 = 1,5$		20	150			20	50	
8	$m_1 = 0,7$	35	5	140	20	60	10	250	10
	$m_2 = 1,0$		5	100			10	185	
	$m_3 = 1,5$		5	60			10	80	
9	$m_1 = 0,8$	40	10	240	14	35	5	150	16
	$m_2 = 1,1$		10	180			5	100	
	$m_3 = 1,4$		10	90			5	55	
10	$m_1 = 0,7$	50	15	300	23	40	20	330	15
	$m_2 = 1,1$		15	214			20	234	
	$m_3 = 1,5$		15	130			20	150	
11	$m_1 = 0,9$	60	5	140	10	60	10	200	20
	$m_2 = 1,3$		5	105			10	130	
	$m_3 = 1,8$		5	70			10	75	
12	$m_1 = 0,7$	35	20	350	16	35	20	350	14
	$m_2 = 1,0$		20	270			20	270	
	$m_3 = 1,5$		20	160			20	160	
13	$m_1 = 0,5$	40	10	240	20	40	10	150	23
	$m_2 = 0,9$		10	180			10	100	
	$m_3 = 1,6$		10	90			10	55	

## Окончание табл. 2.1

## Результаты измерений фильтрационных характеристик

№ вари- анта	Масса верти- кальной на- грузки, г	Образец 1				Образец 2			
		$H$ , см	$y$ , см	$t$	$T$ , град	$H$ , см	$y$ , см	$t$	$T$ , град
14	$m_1 = 0,7$	50	10	300	15	30	5	150	10
	$m_2 = 1,1$		10	214			5	100	
	$m_3 = 1,5$		10	130			5	55	
15	$m_1 = 0,7$	35	15	310	20	45	20	300	16
	$m_2 = 1,0$		15	214			20	230	
	$m_3 = 1,5$		15	140			20	100	
16	$m_1 = 0,6$	40	5	150	30	30	10	260	15
	$m_2 = 1,1$		5	100			10	200	
	$m_3 = 1,5$		5	55			10	110	
17	$m_1 = 0,8$	50	20	140	35	40	15	320	20
	$m_2 = 1,1$		20	105			15	240	
	$m_3 = 1,4$		20	70			15	160	
18	$m_1 = 0,7$	60	10	230	39	50	5	150	14
	$m_2 = 1,1$		10	170			5	110	
	$m_3 = 1,5$		10	70			5	75	
19	$m_1 = 0,9$	35	5	100	35	35	10	250	23
	$m_2 = 1,3$		5	70			10	185	
	$m_3 = 1,8$		5	40			10	80	
20	$m_1 = 0,7$	40	20	300	30	30	15	300	10
	$m_2 = 1,1$		20	230			15	204	
	$m_3 = 1,5$		20	100			15	130	
21	$m_1 = 0,8$	60	10	240	33	40	5	140	16
	$m_2 = 1,1$		10	185			5	90	
	$m_3 = 1,5$		10	110			5	55	
22	$m_1 = 0,6$	35	20	300	36	50	20	300	15
	$m_2 = 1,1$		20	250			20	230	
	$m_3 = 1,5$		20	170			20	100	
23	$m_1 = 0,8$	40	10	210	35	35	5	100	20
	$m_2 = 1,1$		10	160			5	70	
	$m_3 = 1,4$		10	90			5	40	
24	$m_1 = 0,7$	30	5	155	28	40	10	210	14
	$m_2 = 1,1$		5	110			10	160	
	$m_3 = 1,5$		5	75			10	90	
25	$m_1 = 0,9$	45	20	310	25	50	15	310	23
	$m_2 = 1,3$		20	240			15	230	
	$m_3 = 1,8$		20	113			15	150	

Для практического определения величины температурной поправки  $\tau$  используют табл. 2.2.

Расчеты повторяют при трех значениях  $m$ .

Таблица 2.2

**Величины температурных поправок  $\tau$**

Температура воды $T$ , °С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\tau$	0,7	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
Температура воды $T$ , °С	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\tau$	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
Температура воды $T$ , °С	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$\tau$	1,3	1,33	1,36	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,57
Температура воды $T$ , °С	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
$\tau$	1,6	1,63	1,66	1,69	1,72	1,75	1,78	1,81	1,84	1,87

Разделение грунтов по степени водопроницаемости приведено в табл. 2.3.

Таблица 2.3

**Классификация горных пород по коэффициенту фильтрации**

Разновидность грунтов	Коэффициент фильтрации $K_f$ , м/сут
Водонепроницаемый	$< 0,005$
Слабоводопроницаемый	$0,005-0,3$
Водопроницаемый	$0,3-3$
Сильноводопроницаемый	$3-30$
Очень сильноводопроницаемый	$> 30$

## 2.3. Содержание работы

2.3.1. По формуле (2.1) с использованием табл. 2.1 и табл. 2.2 рассчитать коэффициенты фильтрации образцов 1 и 2.

Результаты расчетов занести в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Результаты расчетов коэффициентов фильтрации образцов

Номер образца	$m$ , г	$H$ , см	$y$ , см	$t$	$T$ , град	$\beta$	$\tau$	$K_f$ , см/с
1								
2								

2.3.2. По данным табл. 2.4 построить графики зависимостей  $K_f(m)$  для обоих образцов. Сделать вывод о качественной зависимости величины  $K_f$  от экспериментальных параметров  $m$ ,  $t$  и  $T$ .

2.3.3. Перевести рассчитанные величины  $K_f$  из см/с в м/сут и отнести исследуемые горные породы к соответствующим классам по водопроницаемости.

2.3.4. Оформить работу, включив в нее следующие компоненты: цель, результаты выполнения пп. 2.3.1–2.3.3.

### **3. Расчет акустических и механических параметров образцов горных пород по данным ультразвуковых измерений**

#### **3.1. Цель и содержание раздела**

Задание раздела предназначается для выработки у студентов навыков обработки результатов лабораторных акустических исследований контактным и иммерсионным методом.

**Задание.** Для заданных результатов ультразвуковых измерений, полученных методами продольного профилирования и иммерсионным, рассчитать комплекс акустических и механических параметров образцов.

Исходные данные расчетов для 25 вариантов заданий приведены в табл. 3.1.

#### **3.2. Теоретические положения**

Для определения скоростей распространения упругих волн в образцах горных пород применяют два метода: контактный и иммерсионный.

Контактный метод прозвучивания применяют при исследовании влияния механического нагружения на изменение акустических свойств горных пород. При этом методе используют схемы прозвучивания и продольного профилирования. При продольном профилировании фиксируют продольную ( $P$ ) и поверхностную ( $R$ ) волны (рис. 3.1).

Результатами измерений являются следующие параметры:

- расстояние  $l'$  между датчиками, м;
- время прохождения продольной  $t_P$  и поверхностной  $t_R$  волн, мкс.

Скорость распространения продольной  $V_P$  и поверхностной  $V_R$  волн в образце определяют по формулам (м/с):

Таблица 3.1

Номер варианта	Контактный метод									Иммерсионный метод		$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
	$l'_1$ , м	$t_{P1}$ , мкс	$t_{R1}$ , мкс	$l'_2$ , м	$t_{P2}$ , мкс	$t_{R2}$ , мкс	$l'_3$ , м	$t_{P3}$ , мкс	$t_{R3}$ , мкс	$i_1$ , град	$i_2$ , град	
1	0,01	3,5	4,8	0,02	3,9	4,9	0,03	4,8	5,8	20	35	2,5
2	0,02	4,0	4,9	0,04	4,3	5,1	0,06	4,9	5,9	14	25	2,6
3	0,01	2,5	3,7	0,02	2,7	3,9	0,03	3,8	5,0	16	30	3,5
4	0,01	3,6	4,7	0,02	4,1	4,9	0,03	4,8	5,5	22	31	2,5
5	0,01	2,1	3,2	0,02	2,8	3,6	0,03	3,0	4,5	21	36	2,6
6	0,01	2,5	3,7	0,02	2,7	3,9	0,03	3,8	5,0	12	24	3,5
7	0,01	3,5	4,8	0,02	3,9	4,9	0,03	4,8	5,8	16	33	2,5
8	0,02	4,1	5,0	0,04	4,3	5,1	0,06	4,9	5,8	22	31	2,6
9	0,01	2,5	3,7	0,02	2,7	3,9	0,03	3,8	5,0	24	35	3,5
10	0,01	3,0	3,8	0,02	3,3	4,2	0,03	4,7	5,6	14	27	2,5
11	0,01	2,1	3,2	0,02	2,8	3,6	0,03	3,0	4,5	16	30	2,6
12	0,02	4,1	5,0	0,04	4,3	5,1	0,06	4,9	5,8	21	31	3,5
13	0,01	3,5	4,8	0,02	3,9	4,9	0,03	4,8	5,9	12	24	2,6
14	0,01	3,5	4,8	0,02	3,9	4,9	0,03	4,7	5,8	16	33	3,5
15	0,02	4,0	4,9	0,04	4,3	5,1	0,06	4,9	5,9	22	31	2,5
16	0,01	3,0	3,8	0,02	3,3	4,2	0,03	4,7	5,6	24	35	2,6
17	0,01	3,5	4,8	0,02	3,9	4,9	0,03	4,8	5,8	14	27	3,5
18	0,01	2,1	3,2	0,02	2,8	3,6	0,03	3,0	4,5	16	30	2,5
19	0,01	2,5	3,7	0,02	2,7	3,9	0,03	3,8	5,0	21	31	3,5
20	0,01	3,55	4,8	0,02	4,0	4,9	0,03	4,8	5,8	22	31	2,5
21	0,02	4,0	4,9	0,04	4,3	5,1	0,06	4,9	5,9	19	33	2,6
22	0,01	2,5	3,7	0,02	2,7	3,9	0,03	3,85	5,1	14	25	3,5
23	0,02	4,1	5,0	0,04	4,3	5,1	0,06	4,9	5,8	15	31	2,6
24	0,01	2,1	3,2	0,02	2,8	3,6	0,03	3,0	4,5	23	32	3,5
25	0,01	2,5	3,7	0,02	3,9	4,9	0,03	4,8	5,8	20	34	2,5

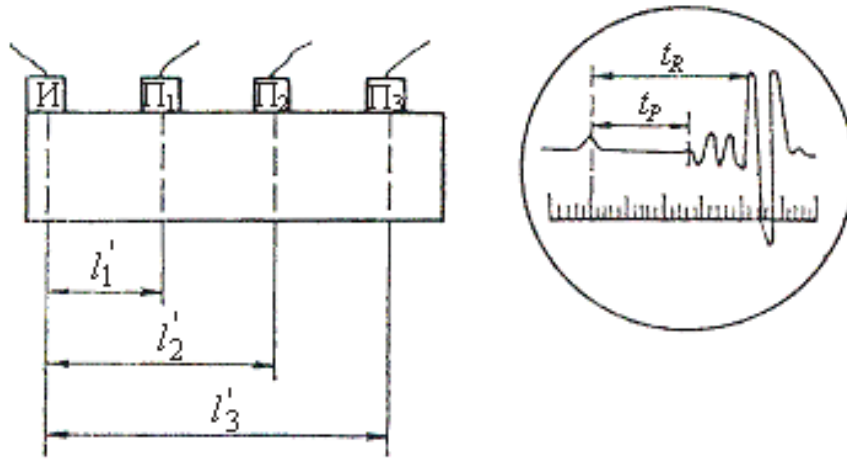


Рис. 3.1. Схема продольного профилирования при ультразвуковых контактных исследованиях образцов:

И – излучатель; П – приемник

$$V_P = \frac{l'_2 - l'_1}{t_{P2} - t_{P1}} 10^6 = \frac{l'_3 - l'_2}{t_{P3} - t_{P2}} 10^6 = \frac{\Delta l'}{\Delta t_P} 10^6; \quad (3.1)$$

$$V_R = \frac{l'_2 - l'_1}{t_{R2} - t_{R1}} 10^6 = \frac{l'_3 - l'_2}{t_{R3} - t_{R2}} 10^6 = \frac{\Delta l'}{\Delta t_R} 10^6. \quad (3.2)$$

Другим методом ультразвуковых исследований является иммерсионный, заключающийся в помещении системы «исследуемый образец – преобразователи» в жидкую среду. При этом упругие волны, переходя из жидкости в твердое тело, на границе раздела двух сред возбуждают в образце два вида волн: продольные и поперечные. Эти волны можно разделить, если поворачивать образец в ультразвуковом пучке на определенные углы. Так как скорость продольных волн в горных породах выше скорости поперечных, то угол внутреннего отражения продольных волн  $i_1$  (первый критический угол) меньше угла полного внутреннего отражения поперечных волн  $i_2$  (второй критический угол). Поворачивая образец в ультразвуковом пучке, добиваются вначале полного внутреннего отражения от поверхности образца горной породы продольной волны, затем, увеличивая угол, добиваются полного внутреннего отражения от поверхности образца и поперечной волны (рис. 3.2).

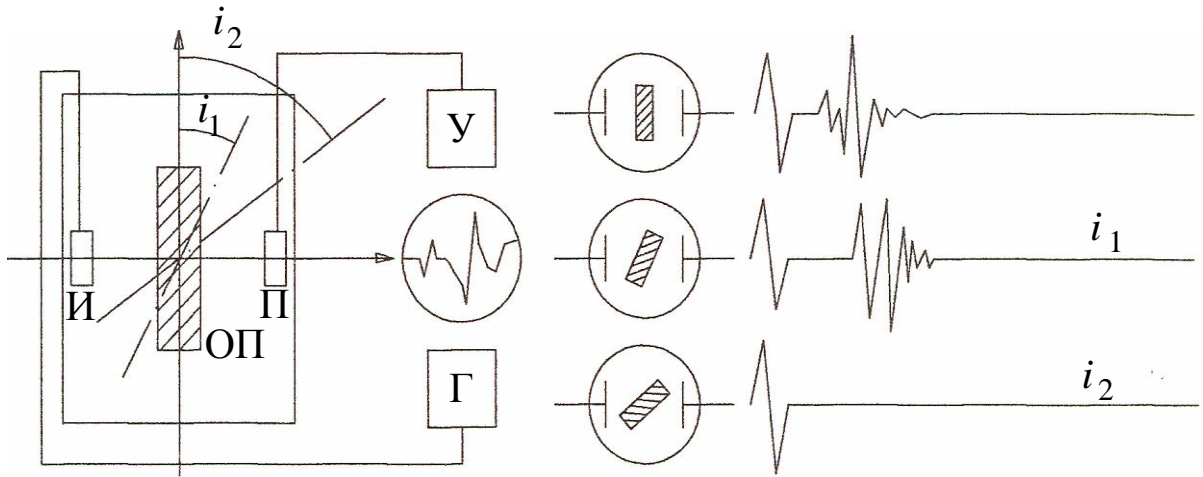


Рис. 3.2. Схема иммерсионного метода:  
 ОП – образец породы; У – усилитель; Г – генератор;  
 $i_1, i_2$  – критические углы

В качестве иммерсионной жидкости используется дистиллированная вода, скорость УЗК  $V_{\text{ж}}$  в которой равна приблизительно 1500 м/с. Скорости распространения продольной и поперечной волн определяются следующим образом:

$$V_P = \frac{V_{\text{ж}}}{\sin i_1}; \quad (3.3)$$

$$V_S = \frac{V_{\text{ж}}}{\sin i_2}. \quad (3.4)$$

В соответствии с положениями теории упругости скорости распространения упругих волн  $V_P$ ,  $V_S$ ,  $V_R$  в неограниченном массиве взаимосвязаны с механическими параметрами:

$$V_P = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}; \quad (3.5)$$

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}}; \quad (3.6)$$

$$V_R = \frac{0,87 + 1,12\mu}{1 + \mu} \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (3.7)$$

где  $E$  – модуль упругости породы, Па;  $\rho$  – плотность породы, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $G$  – модуль сдвига, Па.

По соотношению  $V_P/V_S$  можно определить коэффициент

Пуассона:

$$\mu = \frac{2 - (V_P / V_S)^2}{2[1 - (V_P / V_S)^2]}. \quad (3.8)$$

Для удобства определения соотношений между различными скоростями  $V_P$ ,  $V_S$ ,  $V_R$  и коэффициентом Пуассона  $\mu$  используют номограмму (рис. 3.3), построенную на основе зависимостей (3.5)–(3.7).

Модули сдвига  $G$  и упругости  $E$  определяют из уравнений

$$G = \rho V_S^2; \quad (3.9)$$

$$E = 2G(1 + \mu); \quad (3.10)$$

$$E = 2\rho V_S^2(1 + \mu). \quad (3.11)$$

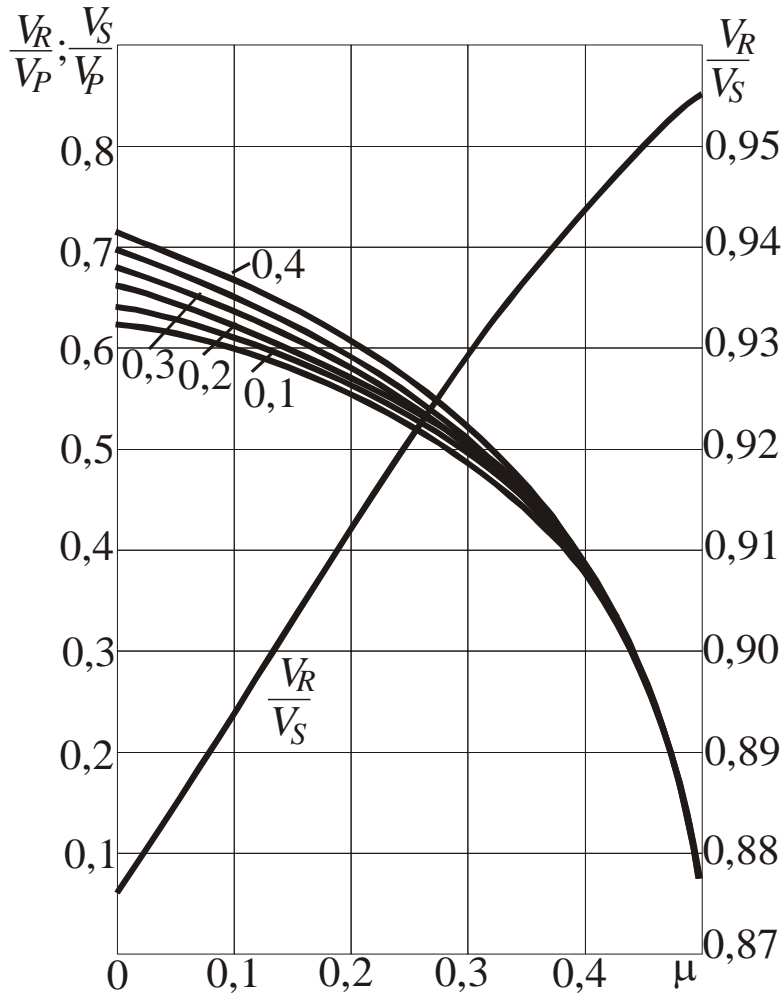


Рис. 3.3. Номограмма для расчета скоростей упругих колебаний и коэффициента Пуассона  $\mu$

Породы обладают сопротивлением распространению в них упругих волн, которое оценивается удельным волновым (акустическим) сопротивлением  $z$ , кг/м<sup>2</sup>·с:

$$z = \rho V_P. \quad (3.12)$$

### 3.3. Содержание работы

3.3.1. По данным табл. 3.1 провести обработку результатов измерений контактным методом.

По формулам (3.1) и (3.2) рассчитать по 2 значения скоростей продольной  $V_P$  и поперечной  $V_R$  волн, определить их средние значения.

Используя номограмму (рис. 3.3), по отношению  $V_R / V_P$  определить величины коэффициента Пуассона  $\mu$  и скорость поперечной волны  $V_S$ .

Используя заданные значения  $\rho$ , рассчитать модуль упругости  $E$  и акустическое сопротивление  $z$  по формулам (3.11) и (3.12).

Результаты измерений и расчетов занести в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты обработки измерений контактным методом

$l'_1$ , м	$t_1$ , мкс	$l'_2$ , м	$t_2$ , мкс	$l'_3$ , м	$t_3$ , мкс	$V_P$ , м/с	$V_R$ , м/с	$\mu$	$V_S$ , м/с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$E$ , МПа	$z$ , кг/м <sup>2</sup> ·с

3.3.2. По данным табл. 3.1 провести обработку результатов измерений иммерсионным методом.

По формулам (3.3), (3.4) рассчитать скорости продольных  $V_P$  и поперечных  $V_S$  волн.

Используя отношение  $V_S / V_P$  по номограмме (рис. 3.3) и формуле (3.8) определить коэффициент Пуассона  $\mu$ .

Используя заданные значения  $\rho$ , рассчитать модули сдвига  $G$  упругости  $E$ , скорость поперечной волны  $V_R$  и волновое сопротивление  $z$  соответственно по формулам (3.9), (3.10), (3.8) и (3.12).

Результаты измерений и расчетов занести в табл. 3.3.

Таблица 3.2

## Результаты обработки измерений иммерсионным методом

$i_1$ , град	$i_2$ , град	$V_P$ , м/с	$V_S$ , м/с	$\mu$		$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$E$ , МПа	$G$ , МПа	$V_R$ , м/с	$z$ , кг/м <sup>2</sup> . с
				по рис. 3.3	по ф- ле (3.8)					

3.3.3. Оформить работу, включив в нее следующие компоненты: цель, результаты выполнения пп. 1, 2.

#### 4. Расчет погрешности измерений при площадных и скважинных радиометрических исследованиях

##### 4.1. Цель и содержание раздела

Задание раздела предназначается для выработки у студентов навыков статистической обработки результатов полевых геофизических исследований и их преобразования в графическую форму.

**Задание.** Для заданных массивов экспериментальных данных площадных и скважинных радиометрических измерений мощности излучения  $N_3$  рассчитать погрешность измерений истинных значений параметров, построить графики линий равных значений и каротажа.

Исходные данные расчетов для 25 вариантов заданий приведены в табл. 4.1, 4.2.

##### 4.2. Теоретические положения

Радиометрический геоконтроль является эффективным методом изучения геологических разрезов, оценки состояния и свойств горных пород. Пассивный радиометрический контроль применяют для разведки руд радиоактивных металлов, калийных солей, отдельных видов глин, а также, диагностировании фильтрационных потоков. Активный радиометрический мониторинг используют при оценке плотности пород, минерального состава руд, влажности и пористости породного массива, минерализации растворов.

Таблица 4.1

## Результаты площадных исследований

№ вар.	$x, м$	0					10					20					30					40					50				
	$y, м$	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
1	$N_{31}$	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	$N_{32}$	2	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
2	$N_{31}$	5	20	23	15	5	20	25	33	30	10	31	40	45	33	20	20	40	60	40	30	38	52	77	60	40	37	65	130	80	50
	$N_{32}$	3	17	22	18	6	16	28	30	25	13	34	35	39	38	23	19	41	53	41	33	34	50	71	59	44	39	61	121	75	48
3	$N_{31}$	8	17	27	15	8	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	$N_{32}$	4	21	22	18	6	19	26	34	30	13	33	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
4	$N_{31}$	3	10	20	15	5	15	25	33	27	14	30	36	45	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	110	80	40
	$N_{32}$	6	14	22	18	6	13	26	34	25	17	30	30	38	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	98	80	37
5	$N_{31}$	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	$N_{32}$	2	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
6	$N_{31}$	5	20	23	15	5	20	25	33	30	10	31	40	45	33	20	20	40	60	40	30	38	52	77	60	40	37	65	130	80	50
	$N_{32}$	3	17	22	18	6	16	28	30	25	13	34	35	39	38	23	19	41	53	41	33	34	50	71	59	44	39	61	121	75	48
7	$N_{31}$	8	17	27	15	8	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	$N_{32}$	4	21	22	18	6	19	26	34	30	13	33	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
8	$N_{31}$	3	10	20	15	5	15	25	33	27	14	30	36	45	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	$N_{32}$	6	14	22	18	6	13	26	34	25	17	30	30	38	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
9	$N_{31}$	3	10	20	15	5	15	25	33	27	14	34	35	39	38	23	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	65	130	80	50
	$N_{32}$	6	14	22	18	6	13	26	34	25	13	31	36	40	37	27	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	121	75	48
10	$N_{31}$	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	33	35	39	38	28	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	$N_{32}$	2	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	36	45	37	27	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
11	$N_{31}$	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	$N_{32}$	2	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
12	$N_{31}$	5	20	23	15	5	20	25	33	30	10	31	40	45	33	20	20	40	60	40	30	38	52	77	60	40	37	65	130	80	50
	$N_{32}$	3	17	22	18	6	16	28	30	25	13	34	35	39	38	23	19	41	53	41	33	34	50	71	59	44	39	61	121	75	48

Окончание табл. 4.1

№ вар.	x, м y, м	0					10					20					30					40					50				
		0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
13	N <sub>31</sub>	8	17	27	15	8	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	N <sub>32</sub>	4	21	22	18	6	19	26	34	30	13	33	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
14	N <sub>31</sub>	3	10	20	15	5	15	25	33	27	14	30	36	45	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	110	80	40
	N <sub>32</sub>	6	14	22	18	6	13	26	34	25	17	30	30	38	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	98	80	37
15	N <sub>31</sub>	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	N <sub>32</sub>	2	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
16	N <sub>31</sub>	5	20	23	15	5	20	25	33	30	10	31	40	45	33	20	20	40	60	40	30	38	52	77	60	40	37	65	130	80	50
	N <sub>32</sub>	3	17	22	18	6	16	28	30	25	13	34	35	39	38	23	19	41	53	41	33	34	50	71	59	44	39	61	121	75	48
17	N <sub>31</sub>	8	17	27	15	8	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	N <sub>32</sub>	4	21	22	18	6	19	26	34	30	13	33	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
18	N <sub>31</sub>	3	10	20	15	5	15	25	33	27	14	30	36	45	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	N <sub>32</sub>	6	14	22	18	6	13	26	34	25	17	30	30	38	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
19	N <sub>31</sub>	3	10	20	15	5	15	25	33	27	14	34	35	39	38	23	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	65	130	80	50
	N <sub>32</sub>	6	14	22	18	6	13	26	34	25	13	31	36	40	37	27	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	121	75	48
20	N <sub>31</sub>	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	33	35	39	38	28	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	N <sub>32</sub>	2	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	36	45	37	27	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
21	N <sub>32</sub>	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	34	35	39	38	23	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	110	80	40
	N <sub>31</sub>	2	17	22	18	6	13	26	34	25	17	31	36	40	37	27	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	98	80	37
22	N <sub>32</sub>	5	20	23	15	5	15	25	33	27	14	33	35	39	38	28	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	N <sub>31</sub>	3	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	36	45	37	27	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
23	N <sub>31</sub>	3	17	20	15	5	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	110	80	40
	N <sub>32</sub>	2	17	22	18	6	13	26	34	25	13	30	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	98	80	37
24	N <sub>32</sub>	5	20	23	15	5	15	25	33	27	14	31	40	45	33	20	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	60	100	80	40
	N <sub>31</sub>	3	17	22	18	6	13	26	34	25	17	34	35	39	38	23	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	99	81	42
25	N <sub>32</sub>	8	17	27	15	8	15	25	33	27	14	31	36	40	37	27	20	40	50	44	36	33	52	70	58	45	37	65	130	80	50
	N <sub>31</sub>	4	21	22	18	6	13	26	34	25	13	33	35	39	38	28	19	41	49	45	33	32	50	71	59	44	39	61	121	75	48

Таблица 4.2

## Результаты скважинных исследований

№ вар.	z, м	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
1	N <sub>31</sub>	5	10	16	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	7	12	14	23	30	35	44	52	57	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	83	76	72	66	53
2	N <sub>32</sub>	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50	43	38	33	26	18	10	3
	N <sub>31</sub>	52	57	66	70	83	85	87	90	94	103	99	98	97	97	8	76	72	66	53	44	36	30	24	19	8	1
3	N <sub>32</sub>	8	10	20	24	28	37	46	50	58	64	50	43	38	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>31</sub>	7	12	14	23	30	34	44	52	57	66	53	44	36	87	90	94	99	103	99	98	97	81	76	72	66	53
4	N <sub>31</sub>	55	60	65	72	80	83	86	89	93	110	98	96	90	90	83	79	74	64	50	43	38	33	26	17	11	2
	N <sub>32</sub>	52	57	66	70	81	84	87	90	94	99	103	99	98	97	88	77	72	66	53	44	36	30	24	19	12	3
5	N <sub>31</sub>	5	10	16	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	7	12	14	23	30	35	44	52	57	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	81	76	72	66	53
6	N <sub>31</sub>	40	46	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50	43	38	33	26	18	10	3
	N <sub>32</sub>	42	48	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	8	76	72	66	53	44	36	30	24	19	8	1
7	N <sub>31</sub>	8	11	20	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	10	13	16	23	30	34	44	52	57	60	68	83	85	87	90	94	99	113	99	98	97	81	76	72	66	53
8	N <sub>31</sub>	57	60	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	95	90	83	79	74	64	50	43	38	33	26	17	13	4
	N <sub>32</sub>	54	57	66	70	81	84	87	90	94	99	113	99	98	97	88	77	72	66	53	44	32	30	24	19	12	3
9	N <sub>31</sub>	1	3	5	10	16	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70
	N <sub>32</sub>	0	4	7	12	14	23	30	35	44	52	57	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	81	76	72
10	N <sub>31</sub>	28	35	40	46	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50	43	38	33	26	18
	N <sub>32</sub>	24	37	103	99	98	97	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	8	76	72	66	53	44	36	30	24	19
11	N <sub>31</sub>	3	5	64	50	43	38	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	96	90	85	78	70
	N <sub>32</sub>	0	2	66	53	44	36	30	34	44	52	57	60	68	83	85	87	90	94	99	113	99	98	97	81	76	72
12	N <sub>31</sub>	30	44	110	98	96	90	80	83	86	89	93	97	110	98	95	90	83	79	74	64	50	43	38	33	26	17
	N <sub>32</sub>	27	47	54	57	66	70	81	84	87	90	94	99	113	99	98	97	88	77	72	66	53	44	32	30	24	19
13	N <sub>31</sub>	5	10	16	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	7	12	14	23	30	35	44	52	57	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	83	76	72	66	53

Окончание табл. 4.2

№ вар.	z, м	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
14	N <sub>31</sub>	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50	43	38	33	26	18	10	3
	N <sub>32</sub>	52	57	66	70	80	84	87	92	94	99	103	99	98	97	8	76	72	66	53	44	36	30	24	19	8	1
15	N <sub>31</sub>	8	10	20	24	24	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	99	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	7	12	14	23	27	34	44	52	57	60	68	83	85	87	90	94	99	101	99	98	97	81	76	72	66	53
16	N <sub>31</sub>	55	60	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	95	90	86	79	74	64	50	43	38	33	26	17	11	2
	N <sub>32</sub>	52	57	66	70	81	84	87	90	94	99	103	99	98	97	88	77	72	60	53	44	36	30	24	19	12	3
17	N <sub>31</sub>	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50	43	38	33	26	18	10	3
	N <sub>32</sub>	52	57	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	8	76	72	66	53	44	36	30	24	19	8	1
18	N <sub>31</sub>	8	10	20	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	7	12	14	23	30	34	44	52	57	60	68	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	81	76	72	66	53
19	N <sub>31</sub>	28	35	40	46	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50	43	38	33	26	18
	N <sub>32</sub>	24	37	42	48	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	8	76	72	66	53	44	36	30	24	19
20	N <sub>31</sub>	3	5	8	11	20	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	96	90	85	78	70
	N <sub>32</sub>	0	2	10	13	16	23	30	34	44	52	57	60	68	83	85	87	90	94	99	113	99	98	97	81	76	72
21	N <sub>31</sub>	30	44	57	60	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	95	90	83	79	74	64	50	43	38	33	26	17
	N <sub>32</sub>	27	47	54	57	66	70	81	84	87	90	94	99	113	99	98	97	88	77	72	66	53	44	32	30	24	19
22	N <sub>31</sub>	5	10	16	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	7	12	14	23	30	35	44	52	57	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	81	76	72	66	53
23	N <sub>31</sub>	40	46	65	72	80	83	86	89	93	97	100	98	96	90	85	78	70	64	50	43	38	33	26	18	10	3
	N <sub>32</sub>	42	48	66	70	83	85	87	90	94	99	103	99	98	97	8	76	72	66	53	44	36	30	24	19	8	1
24	N <sub>31</sub>	8	11	20	24	28	37	46	50	58	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	96	90	85	78	70	64	50
	N <sub>32</sub>	10	13	16	23	30	34	44	52	57	60	68	83	85	87	90	94	99	113	99	98	97	81	76	72	66	53
25	N <sub>31</sub>	57	60	65	72	80	83	86	89	93	97	110	98	95	90	83	79	74	64	50	43	38	33	26	17	13	4
	N <sub>32</sub>	54	57	66	70	81	84	87	90	94	99	113	99	98	97	88	77	72	66	53	44	32	30	24	19	12	3

Применяют два основных вида радиометрических исследований: площадные (бесскважинные) и скважинные.

При радиометрическом геоконтроле фиксируют уровень нейтронного ( $n$ ) и гамма ( $\gamma$ ) излучения. Контролируемыми параметрами являются: мощность излучения  $N_\gamma$  (измеряется в микро-рентгенах в час, мкР/ч) и плотность потока излучения  $I$  ( $\text{с}^{-1}$ ).

*Бесскважинные (площадные)* радиометрические исследования (съемку местности) в основном проводят по схеме пассивного  $\gamma$ -каротажа. Аномалии  $\gamma$ -излучения на земной поверхности характерны для окисленных зон угольного пласта при его выходе под наносы, а также для зон ранних стадий самонагревания угля. Большое значение данный метод имеет при экологическом мониторинге для обнаружения очагов повышенной радиации в природном массиве, на складах полезного ископаемого, породо-угольных отвалах, шламохранилищах. Результаты исследований данным методом изображают в форме графиков линий равных значений мощности экспозиционной дозы излучения (рис. 4.1).

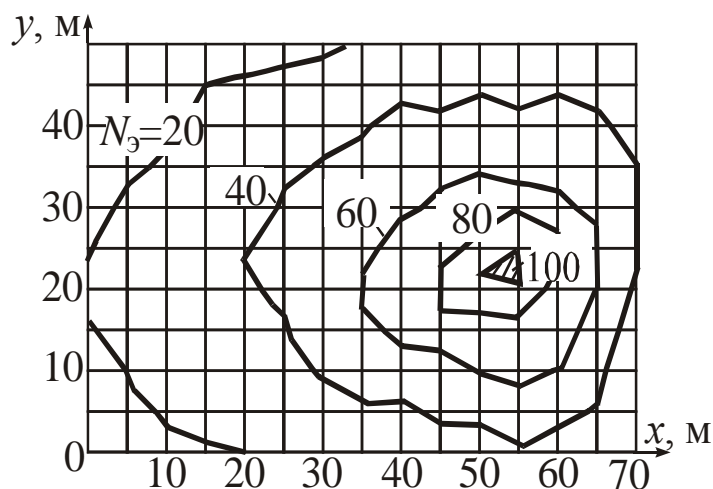


Рис. 4.1. Графики линий равных значений мощности излучения на исследуемом полигоне:

$N_\gamma = 20\text{--}100$  – уровень дозы излучения, мкР/ч

Скважинный  $n$ - и  $\gamma$ -каротаж (пассивный и активный) применяют в комплексе с другими геофизическими методами (акустическими и электромагнитными). Результаты исследований представляют в виде графиков (диаграмм), что позволяет изучать ли-

тологический разрез, в частности, определять мощности слоев, устанавливать расположение водонефтяного и газонефтяного контакта (рис. 4.2).

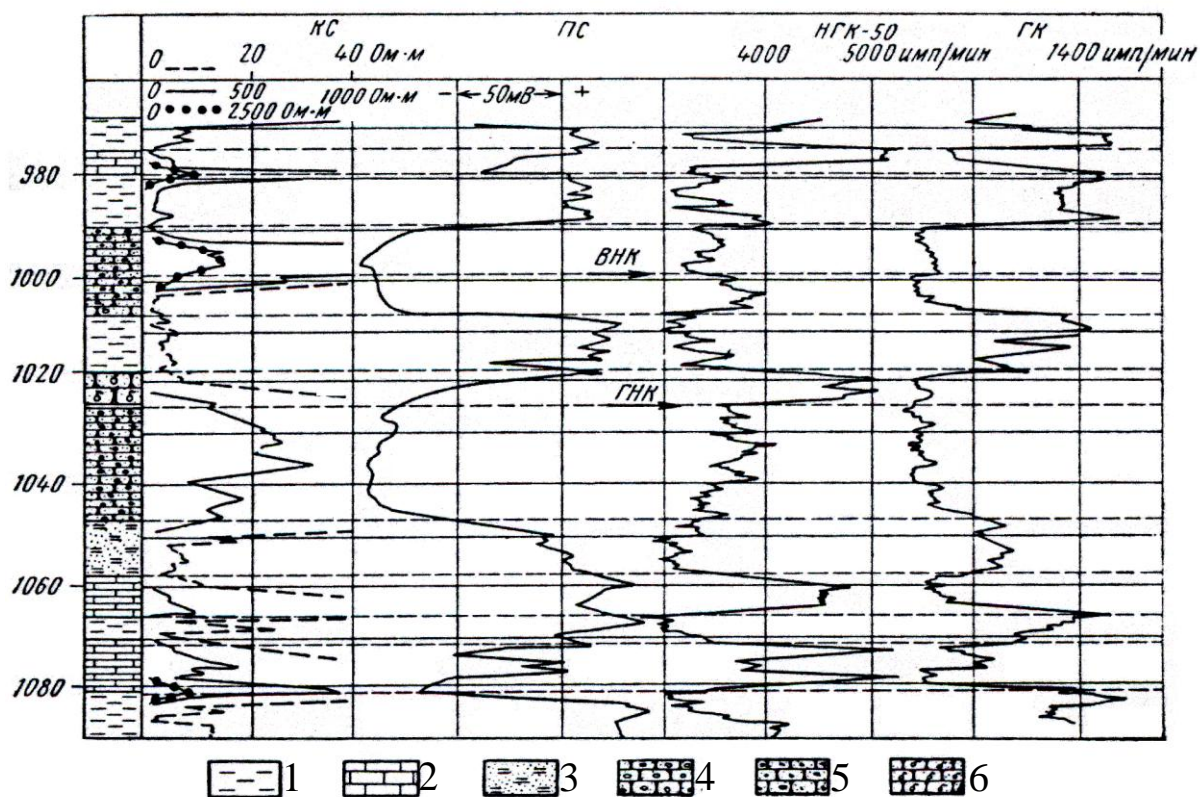


Рис. 4.2. Пример исследования литологического разреза скважин комплексом геофизических методов:

КС – график эффективного электросопротивления; ПС – график потенциалов самопроизвольной поляризации; НГК-50 – диаграмма нейтронного гамма-каротажа при  $L = 0,5$  м; ГК – диаграмма  $\gamma$ -каротажа; 1 – глина; 2 – известняк; 3 – алевролит; 4 – водоносный песчаник; 5 – нефтеносный песчаник; 6 – газоносный песчаник; ВНК – водонефтяной контакт; ГНК – газонефтяной контакт

Статистическая обработка результатов площадных и скважинных геофизических измерений сводится к оценке воспроизводимости при нескольких сериях измерений. В частности, при двух сериях среднюю погрешность измерений истинных значений параметров по формуле (%)

$$\delta N_{\text{э}} = \frac{n \Delta N_{\text{э}}}{\sum_{k=1}^n \bar{N}_{\text{э}k}} \cdot 100, \quad (4.1)$$

где  $n$  – общее число точек замеров на полигоне;  $\Delta N_{\text{э}}$  – доверительный интервал отклонения измеренной величины от истинной:

$$\Delta N_{\text{э}} = t_c \sqrt{\sum_{k=1}^n \frac{(N_{\text{э}1} - N_{\text{э}2})^2_k}{n4}},$$

$t_c$  – критерий Стьюдента, при доверительной вероятности  $P = 0,95$  и  $n \geq 20$  принимают  $t_c = 1,96$ .

При  $\delta \leq 20$  % воспроизводимость геофизических измерений считают удовлетворительной.

### 4.3. Содержание работы

4.3.1. По данным табл. 4.1 провести оценку средней погрешности измерений истинных значений  $\delta N_{\text{э}}$  при площадных исследованиях.

Определить средние значения  $\bar{N}_{\text{э}k}$  в каждой точке измерений  
Исходные данные и результаты расчетов занести в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Результаты обработки площадных исследований

$x, \text{ м}$	0					...	50					$\Delta N_{\text{э}},$ мкР/ч	$\bar{N}_{\text{э}},$ мкР/ч	$\delta N_{\text{э}},$ %
$y, \text{ м}$	0	10	20	30	40	...	0	10	20	30	40			
$N_{\text{э}1}$														
$N_{\text{э}2}$														
$\bar{N}_{\text{э}k}$														

По данным табл. 4.3 построить графики линий равных значений  $\bar{N}_{\text{э}}(x, y)$  на исследуемом полигоне (рис. 4.1).

4.3.2. По данным табл. 4.2 провести оценку средней погрешности измерений истинных значений  $\delta N_{\text{э}}$  при скважинных исследованиях.

Определить средние значения  $\bar{N}_{\text{э}k}$  в каждой точке измерений.

Исходные данные и результаты расчетов занести в табл. 4.4.

Таблица 4.4

## Результаты обработки скважинных исследований

$z, \text{ м}$	0	2	4	6	8	...	44	46	48	50	$\Delta N_z, \text{ мкР/ч}$	$\bar{N}_z, \text{ мкР/ч}$	$\delta N_z, \%$
$N_{z1}$													
$N_{z2}$													
$\bar{N}_{zk}$													

По данным табл. 4.4 построить график радиационного каротажа  $\bar{N}_z(z)$  (рис. 4.2).

4.3.3. Оформить работу, включив в нее следующие компоненты: цель, результаты выполнения пп. 1, 2.

### 5. Порядок оформления пояснительной записки и защиты курсовой работы

1. Работу оформляют на стандартных листах формата А4, снабжают титульным листом (Приложение 1) и сшивают.

2. Номер варианта заданий по разделам указывает преподаватель.

3. Содержание отчета должно соответствовать указаниям по разделам (пп. 1.3.4, 2.3.4, 3.3.3, 4.3.3).

Оформление работы должно быть аккуратным, с применением компьютерной техники или вручную.

4. Защита курсовой работы включает собеседование по сделанным преподавателем замечаниям и ответы на вопросы для самопроверки (п. 6).

### 6. Вопросы для самопроверки и контроля

1. Какими методами определяют гранулометрический состав глинистых грунтов?

2. Чем отличаются различные виды диаграмм гранулометрического состава, какая из них наиболее информативна?

3. Как количественно оценить неоднородность породы?

4. Чем отличаются методики определения гранулометрического состава грунтов и пород?

5. В чем Вы видите недостатки ситового метода?
6. Какими методами можно определить содержание глинистых частиц в грунте?
7. В чем отличие коэффициентов фильтрации и проницаемости?
8. Какой физический смысл имеет параметр  $B$  в формуле (2.1), от чего зависит его величина?
9. Какой физический смысл имеет постоянная  $\tau$  в формуле (2.1), почему с увеличением температуры она увеличивается?
10. Как изменяется величина коэффициента фильтрации при увеличении вертикальной нагрузки на образец, почему это происходит?
11. Как коэффициент фильтрации связан с гранулометрическим составом грунтов?
12. Для каких целей определяют коэффициент фильтрации грунтов ?
13. Перечислите водные свойства грунтов.
14. В чем состоят недостатки контактных ультразвуковых исследований образцов?
15. Какие виды упругих колебаний используют при ультразвуковых исследованиях образцов?
16. Какой частотный диапазон используют при ультразвуковых исследованиях образцов, почему этот диапазон ограничен ?
17. В чем достоинства и недостатки иммерсионного метода?
18. Каковы основные акустические характеристики пород, для каких целей их определяют?
19. В чем отличие активных и пассивных радиометрических методов?
20. В чем отличие площадных и скважинных радиометрических измерений?
21. Какие виды радиоактивных излучений используют в радиометрическом контроле и почему?
22. Как строят линии равных значений параметра при площадных исследованиях?
23. Как оценить воспроизводимость геофизических измерений?
24. Почему не совпадают результаты при повторных сериях

измерений ?

25. Как используют результаты радиометрических исследований?

## 7. Рекомендуемая литература

1. Простов, С. М. Физико-технический контроль и мониторинг процессов горного производства учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева». – Кемерово, 2012. – 160 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90896&type=utchposob:common>

2. Простов, С. М. Лабораторный практикум по методам и средствам геоконтроля : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Физические процессы горного или нефтегазового производства» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. техн. и геотехн. механики. – Кемерово, 2014. – 206 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90080&type=utchposob:common>

Минобрнауки России  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра теоретической и геотехнической механики

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ  
«Обработка результатов геоконтроля»**  
по дисциплине «Физико-технический контроль  
и мониторинг процессов горного производства»

Вариант № \_\_\_\_\_

Выполнил студент группы

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Проверил руководитель

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(ФИО)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Кемерово 20\_\_