Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра инженерно-технических наук

Рабочая программа дисциплины (модуля)

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Специальность и направленность (профиль)
21.05.04 Горное дело. Горное дело.

Форма обучения
Заочная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Физика горных пород» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело (утв. приказом Минобрнауки России от 12.08.2020 N 987) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 N 245).

Составитель(и):

Васянович Ю. А., доктор технических наук

Утверждена на заседании кафедры инженерно-технических наук от 14.09.2026, протокол № 1

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Васянович Ю.А.

Руководитель школы

Кузнецов П.А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	yug_1637919624
Номер транзакции	0000000000777CBF
Владелец	Кузнецов П.А.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Физика горных пород» является: формирование знаний о физических свойствах горных пород для использования их при проектировании и ведении горных работ.

Задачи освоения дисциплины:

– изучение основных физико-технических параметров пород в лабораторных и натурных условиях (плотностные, прочностные, горнотехнологические);

– изучение физической сущности процессов, происходящих в горных породах и массивах при воздействии на них физическими полями и горнодобывающими машинами;

– применение данных о свойствах пород для выбора технологии разработки и соответствующих режимов горного оборудования;

– установление категории разрабатываемости пород (буримости, взрываемости и др.), определение по ним производительности горного оборудования, определение напряжѐнно-деформированного состояния пород по их свойствам.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
21.05.04 Горное дело	ОПК-5. Способен применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-5.1к Использует методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых и при строительстве и эксплуатации подземных объектов;	РД1	Знание	Строение, химический и минеральный состав земной коры, физико-химические, петрографические и генетические свойства и классификацию горных пород.

		ОПК-5.2. Применяет базовые знания о свойствах горных пород и породных массивов и закономерностях поведения горных пород и породных массивов при решении задач в области добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.	РД2	Умение	Определять физико-технические параметры горных пород.
			РД3	Навыки	воздействия на свойства горных пород и управления состоянием массива.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика горных пород» входит в базовую часть учебного плана специальности 21.05.04 Горное дело и проводится на 3 курсе.

3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обучения	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудоемкость	Объем контактной работы (час)						СРС	Форма аттестации
				(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеаудиторная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
21.05.04 Горное дело	ЗФО	С.1.Б.41	3	108	13	8	4	0	1	0	95	З
			3	108		4	4	0	1	0	99	Э

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля)

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля

№	Название темы	Код результата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Минералы и горные породы. Структурные свойства горных пород	РД1	0,5	0	0	9	Устный опрос Тестирование
2	Классификация физико-технических параметров горных пород	РД1	0,5	0	0	9	Устный опрос Тестирование
3	Напряжения и деформации горных пород	РД2	0,5	0,5	0	9	Устный опрос Тестирование
4	Прочность горных пород. Теории прочности	РД1	0,5	0,5	0	9	Устный опрос Тестирование
5	Реологические свойства горных пород	РД1	0,5	0,5	0	9	Устный опрос Тестирование
6	Методы определения механических свойств горных пород	РД3	0,5	0,5	0	9	Устный опрос Тестирование
7	Упругие колебания и акустические параметры пород	РД2	1	0,5	0	9	Устный опрос Тестирование
8	Поляризация горных пород. Диэлектрическая проницаемость	РД2	1	0,5	0	9	Устный опрос Тестирование
9	Электропроводность, диэлектрические потери	РД2	1	0,5	0	9	Устный опрос Тестирование
10	Магнитные свойства пород. Распространение электромагнитных волн	РД2	2	0,5	0	14	Устный опрос Тестирование
Итого по таблице за 3 курс			8	4	0	95	
11	Физические основы распространения и накопления тепла в горных породах	РД1	0,5	0,5	0	10	Устный опрос Тестирование
12	Использование тепловых свойств пород и процессов в технологии горного производства	РД3	0,5	0,5	0	10	Устный опрос Тестирование
13	Влияние влаги и давления на свойства пород	РД3	0,5	0,5	0	10	Устный опрос Тестирование
14	Влияние теплового поля на свойства горных пород	РД3	0,5	0,5	0	10	Устный опрос Тестирование
15	Воздействие упругих колебаний, электрического и магнитного полей	РД3	0,5	0,5	0	10	Устный опрос Тестирование
16	Горные породы, как объект разработки	РД3	1	1	0	10	Устный опрос Тестирование
17	Разрушение и транспортирование горных пород	РД3	1	1	0	11	Устный опрос Тестирование
Итого по таблице за 3 курс			4	4	**0**	99	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

Раздел 1. Минералы и горные породы. Общие сведения о физико-технических параметрах горных пород – 1 часа.

Тема 1. Минералы и горные породы. Структурные свойства горных пород – 0,5 часа.

. Основные понятия о минералах, кристаллах, горных породах. Структура и текстура горных пород. Магматические, метаморфические и осадочные горные породы. Многофазность горных пород. Влияние минерального состава, строения горных пород на их свойства. Изотропность и анизотропность горных пород. Пористость и трещиноватость горных пород. Влажность, удельный и объемный вес горных пород, плотность, объемная масса, методы их определения.

Тема 2. Классификация физико-технических параметров горных пород – 0,5 часа.

Плотностные, механические, тепловые, электрические, магнитные, волновые, радиационные, гидрогазодинамические, горнотехнологические параметры горных пород. Базовые физико-технические свойства пород.

Раздел 2. Основные понятия механики горных пород. Методы определения механических свойств горных пород 2,5 – часов.

Тема 3. Напряжения и деформации горных пород – 0,5 часа.

Нормальные и касательные напряжения, тензор напряжений. Деформации сжатия, растяжения, сдвига. Упругость и пластичность горных пород. Статический и динамический модули упругости.

Тема 4. Прочность горных пород. Теории прочности – 0,5 часа.

Пределы прочности горных пород на сжатие, растяжение, сдвиг. Коэффициент крепости горных пород по шкале М.М. Протодьяконова. Объемная прочность горных пород, паспорт прочности, угол внутреннего трения, сцепление горных пород. Теория прочности Кулона-Мора, теория наибольших нормальных напряжений, теория наибольших касательных напряжений, теория разрушения Гриффитса.

Тема 5. Реологические свойства горных пород – 0,5 часа.

Ползучесть горных пород затухающая, установившаяся, прогрессирующая. Предел длительной прочности. Релаксация напряжений в горных породах, период релаксации.

Тема 6. Методы определения механических свойств горных пород – 0,5 часа.

Определение предела прочности на одноосное сжатие, на одноосное растяжение, прямые и косвенные методы. Определение прочности горных пород при объемном напряженном состоянии. Определение деформационных характеристик горных пород: модуля упругости, модуля общей деформации, коэффициента Пуассона, коэффициента полных поперечных деформаций, модуля всестороннего сжатия и модуля сдвига. Испытание на ползучесть при одноосном и объемном сжатии. Механические свойства массива горных пород.

Тема 7. Упругие колебания и акустические параметры пород – 0,5 часа.

Волновое уравнение, инфразвуковые, звуковые гиперзвуковые, ультразвуковые упругие волны. Сейсмические волны, продольные и поперечные упругие волны. Акустические параметры: скорость распространения упругих волн, коэффициент поглощения, волновое сопротивление, коэффициенты отражения и преломления упругих волн. Влияние внутренних и внешних факторов на акустические свойства пород. Акустические параметры фаз, слагающих горную породу. Использование акустических свойств пород для изучения массива горных пород. Методы определения акустических свойств пород.

Раздел 3. Электромагнитные свойства горных пород – 4 часов.

Тема 8. Поляризация горных пород. Диэлектрическая проницаемость – 1-часа.

Виды поляризации: электронная, ионная, дипольная, ориентационная, макроструктурная, электрохимическая. Электрострикция, Относительная и абсолютная диэлектрическая проницаемость, зависимость от частоты электрического поля, состава горной породы. Диэлектрическая проницаемость массивов горных пород. Особые случаи поляризации пород.

Тема 9. Электропроводность, диэлектрические потери – 1 часа.

Удельная электропроводность. Проводники, полупроводники, диэлектрики, основные различия. Электрическое сопротивление горных пород. Зависимость электрических свойств от состава, строения, внешних условий. Методы измерения электрических свойств горных пород. Диэлектрические потери, тангенс угла диэлектрических потерь.

Тема 10. Магнитные свойства пород. Распространение электромагнитных волн – 2 часа.

Напряженность и магнитная индукция, относительная и абсолютная магнитная проницаемость. Диамагнитные, парамагнитные, ферромагнитные горные породы. Зависимость намагниченности ферромагнитных пород от напряженности магнитного поля, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила, петля гистерезиса. Электромагнитное поле как особый вид материи. Распространение электромагнитных волн в породах, уравнения Максвелла. Скорость распространения электромагнитных волн, поглощение электромагнитной волны. Влияние внешних полей на распространение электромагнитных волн. Глубина проникновения электромагнитных волн, коэффициенты отражения и преломления электромагнитных волн. Оптические свойства горных пород.

Раздел 4. Тепловые свойства горных пород – 1 часа.

Тема 11. Физические основы распространения и накопления тепла в горных породах – 0,5 часа.

Теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, тепловое расширение пород. Электронная и фононная теплопроводность. Зависимость тепловых свойств от состава, строения пород, внешних условий. Тепловые свойства фаз, входящих в состав породы, анизотропия теплопроводности пород. Теплопередача, коэффициент теплоотдачи, конвекция. Термические напряжения в горных породах. Тепловые свойства массивов горных пород.

Тема 12. Использование тепловых свойств пород и процессов в технологии горного производства – 0,5 часа.

Методы измерения тепловых свойств. Разрушение и упрочнение горных пород и массивов. Управление тепловым режимом шахт и рудников. Использование тепла земных недр. Особенности термодинамических процессов при добыче полезных ископаемых в условиях вечной мерзлоты.

Раздел 5. Воздействие внешних физических полей на горные породы –1,5 часов.

Тема 13. Влияние влаги и давления на свойства пород – 0,5 часа.

Влияние влаги, статическое и динамическое воздействие. Активная растворимость пород, коэффициент размокания. Зависимость прочностных и деформационных параметров пород, тепловых, электрических свойств от степени увлажнения. Скорость распространения упругих волн в увлажненных пористых породах.

Влияние давления. Естественные и технологические напряжения. Зависимость прочностных и деформационных характеристик от величины давления при статических и динамических нагрузках, при одноосном и всестороннем давлении. Зависимость скорости распространения упругих волн, тепловых, электрических, магнитных свойств от давления.

Тема 14. Влияние теплового поля на свойства горных пород – 0,5 часа.

Естественные и искусственные тепловые поля. Термические напряжения в горных породах. Термохимические и физические превращения в горных породах при нагреве: высушивание, переход породы из одного агрегатного состояния в другое, полиморфные превращения, дегидратация, диссоциация, окислительно-восстановительные процессы. Влияние теплового воздействия на механические свойства горных пород. Воздействие низких температур. Влияние теплового поля на тепловые и электромагнитные свойства пород.

Тема 15. Воздействие упругих колебаний, электрического и магнитного полей – 0,5 часа.

Воздействие упругих колебаний низкой частоты и высокочастотных. Проявление механических, тепловых, электрических и химических эффектов. Кавитация, диспергация, дегазация, коагуляция, тиксотропия. Воздействие электрического и магнитного полей. Нагрев породы, тепловой, электрический, химический пробой, изменение механических параметров горных пород.

Раздел 6. Горнотехнологические параметры горных пород – 2 часа.

Тема 16. Горные породы, как объект разработки – 1 часа.

Технологическая классификация горных пород на скальные, полускальные, плотные, мягкие и сыпучие. Технологические виды разрушенных и раздробленных пород. Крепость, твердость, вязкость, абразивность, дробимость, буримость, взрываемость горных пород. Методы их определения. Горнотехно-логические параметры рыхлых и связных пород. Воздействие воды на дисперсные породы.

Тема 17. Разрушение и транспортирование горных пород – 1 часа.

Механическое отделение пород от массива и их экскавируемость, механическое бурение пород, буримость. Бурение пород термическим методом. Электротермические и электрические способы разрушения, комбинированные методы разрушения. Взрываемость горных пород. Дробление и измельчение полезного ископаемого после извлечения. Транспортирование горных пород.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы, выполнение аттестационных мероприятий, эффективную самостоятельную работу. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на самостоятельную подготовку к практическим занятиям, выполнение творческих заданий, самостоятельное изучение некоторых разделов курса.

Практические задания выполняются студентами как аудиторно, так и самостоятельно. В начале занятия преподаватель информирует студентов о требованиях и дает рекомендации по выполнению каждой практической работы.

Работа над практическими заданиями включает: качество проделанных практических работ, посещаемость занятий, результаты самостоятельной работы по выполнению практических заданий.

Подготовке студента к выполнению работ на практическом занятии должно предшествовать изучение литературы, приведенной в списке основной и дополнительной литературы рабочей программы учебной дисциплины. При этом, желательно, чтобы студенты проводили анализ полученной дополнительной информации, анализировали существенные дополнения и ставили вопросы. В процессе самостоятельной подготовки используются электронные базы данных и различные электронные ресурсы. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Темы практических заданий, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в ФОС к дисциплине.

Текущий контроль проводится:

- по результатам работы студентов на практических занятиях и самостоятельной работы по выполнению практических заданий. Критерием оценки является полнота выполнения практических работ, выполнение их в точном соответствии с постановкой и творческий подход к решению проблем.

Изучение дисциплины завершается экзаменом в 7 семестре.

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Букин, В. С. Физика горных пород : учебное пособие / В. С. Букин, А. С. Калганов. — Чита : ЗабГУ, 2019. — 115 с. — ISBN 978-5-9293-2545-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173611

2. Шведов, И. М. Физика горных пород : механические свойства горных пород : курс лекций / И. М. Шведов. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. - 122 с. - ISBN 978-5-907061-27-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1222156

3. Янченко, Г. А. Физика горных пород. Плотностные свойства горных пород и факторы, их определяющие : учебное пособие / Г. А. Янченко. - Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. - 142 с. - ISBN 978-5-906953-86-5. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1222612

4. Букин, В. С. Физика горных пород : учебное пособие / В. С. Букин, А. С. Калганов. — Чита : ЗабГУ, 2019. — 115 с. — ISBN 978-5-9293-2545-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173611

7.2 Дополнительная литература

1. Гончаров, С. А. Физика горных пород : физические явления и эффекты в практике горного производства : учебное пособие / С. А. Гончаров, П. Н. Пащенков, А. В. Плотникова. - Москва : Изд. Дом МИСиС, 2016. - 27 с. - ISBN 978-5-87623-973-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1221399

2 Дерюшев, А. В. Физика горных пород. Лабораторный практикум : учебное пособие / А. В. Дерюшев, П. М. Будников. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2021. — 236 с. — ISBN 978-5-00137-265-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2008553.

3. Ермолович, Е. А. Механика грунтов и горных пород: физико-механические свойства. Практикум : учебное пособие для вузов / Е. А. Ермолович, А. В. Овчинников, Е. В. Лычагин ; под редакцией Е. А. Ермолович, А. В. Овчинникова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 289 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11752-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/518459

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» - Режим доступа: https://lib.rucont.ru/
2. Электронная библиотечная система издательства "Юрайт" - Режим доступа: https://urait.ru/
3. Электронная библиотечная система «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» - Режим доступа: http://biblioclub.ru/
4. Профессиональная база данных Open Academic Journals Index - Режим доступа: http://oaji.net/
5. База данных различных профессиональных областей «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» - Режим доступа: https://www.prlib.ru/
6. База данных Directory of Open Access Journals - Режим доступа: http://doaj.org/
7. База данных международных индексов научного цитирования Scopus - Режим доступа: https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic

8. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: http://www.consultant.ru/

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

Посадочных мест — 38 шт.; Доска учебная маркерная; Мультимедийный проектор с экраном; Стол преподавателя; Столы учебные 2-х местные; Стул преподавателя; Стулья ученические; Трибуна

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Рабочие места на базе компьютерной техники с возможностью подключения к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации: персональные компьютеры; посадочных мест – 19 шт. Стол преподавателя - 1 шт; Стул преподавателя - 1 шт; Доска маркерная - 1 шт.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра инженерно-технических наук

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Специальность и направленность (профиль)
21.05.04 Горное дело. Горное дело.

Форма обучения
Заочная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
21.05.04 Горное дело	ОПК-5. Способен применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-5.1к Использует методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых и при строительстве и эксплуатации подземных объектов;
		ОПК-5.2. Применяет базовые знания о свойствах горных пород и породных массивов и закономерностях поведения горных пород и породных массивов при решении задач в области добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ОПК-5. «Способен применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов».

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез- та	Результат	
ОПК-5.1к Использует методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых и при строительстве и эксплуатации подземных объектов;	РД1	Знание	Строение, химический и минеральный состав земной коры, физико-химические, петрографические и генетические свойства и классификацию горных пород	Способность использовать знания по строению, химическому и минеральному составу земной коры, фи-зико-химическим, петрографическим и генетичес-ким классификациям при разработке месторождений полезных ископаемых
ОПК-5.2. Применяет базовые знания о свойствах горных пород и породных массивов и закономерностях поведения горных пород и породных массивов при решении задач в области добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.	РД2	Умение	Определять физико-технические параметры горных пород.	Способность определять физико-технические параметры горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых
	РД3	Навыки	воздействия на свойства горных пород и управления состоянием массива.	Способность использовать различные методы управления свойствами горных пород и управления состоянием массива при разработке месторождений полезных ископаемых.

Таблица заполняется в соответствии с разделом 2 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
заочная форма обучения				
РД1	Знание: Способность использовать знания по строению, химическому и минеральному составу земной коры, физико-химическим, петрографическим и генетическим классификациям при разработке месторождений полезных ископаемых	1. Минералы и горные породы. Структурные свойства горных пород	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		2. Классификация физико-технических параметров горных пород	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		3. Прочность горных пород. Теории прочности	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		4. Реологические свойства горных пород	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		11. Физические основы распространения и накопления тепла в горных породах	Устный опрос Практическая работа	Экзамен
РД2	Умение: Способность определять физико-технические параметры горных пород при разработке месторождений полезных ископаемых	3. Напряжения и деформации горных пород	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		7. Упругие колебания и акустические параметры пород	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		8. Поляризация горных пород. Диэлектрическая проницаемость	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		9. Электропроводность, диэлектрические потери	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
		10. Магнитные свойства пород. Распространение электромагнитных волн	Устный опрос Практическая работа	Зачёт
РД3	Навыки: Способность использовать различные методы управления свойствами горных пород и управления состоянием массива при разработке месторождений полезных ископаемых.	6. Методы определения механических свойств горных пород	Устный опрос Практическая работа	Зачет
		12. Использование тепловых свойств пород и процессов в технологии горного производства	Устный опрос Практическая работа	Экзамен
		13. Влияние влаги и давления на свойства пород	Устный опрос Практическая работа	Экзамен
		14. Влияние теплового поля на свойства горных	Устный опрос Практическая	Экзамен

		пород	работа	
		15. Воздействие упругих колебаний, электрического и магнитного полей	Устный опрос Практическая работа	Экзамен
		16. Горные породы, как объект разработки	Устный опрос Практическая работа	Экзамен
		17. Разрушение и транспортирование горных пород	Устный опрос Практическая работа	Экзамен

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Итого
Практическая работа	12	12	12	36
Устный опрос	2	6	2	10
Самостоятельная работа	4	6	4	14
Промежуточная аттестация	0	0	0	40
Итого за 5 семестр				100
Вид учебной деятельности	Раздел 4	Раздел 5	Раздел 6	Итого
Практическая работа	12	12	12	36
Устный опрос	2	6	2	10
Самостоятельная работа	4	6	4	14
Промежуточная аттестация	0	0	0	40
Итого за 6 семестр				100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические работы, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании

		знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

5. Примеры оценочных средств для проведения текущей аттестации

5.1 Тестирование

Раздел 1. Минералы и горные породы. Общие сведения о физико-технических параметрах горных пород

1. Что из перечисленного является минералом?
а) Гранит
б) Базальт
в) Кварц
г) Известняк

2. Какой тип горных пород образуется в результате остывания и кристаллизации магмы?
а) Осадочные
б) Метаморфические
в) Вулканические
г) Магматические

3. Что из перечисленного НЕ является осадочной горной породой?
а) Песчаник
б) Мрамор
в) Известняк
г) Уголь

4. Какая горная порода является результатом метаморфизма известняка?
а) Гранит
б) Гнейс
в) Мрамор
г) Кварцит

5. Что характеризует такой физический параметр горной породы, как "пористость"?
а) Способность сопротивляться проникновению более твердого тела
б) Отношение объема пор к общему объему породы
в) Способность выдерживать нагрузку без разрушения
г) Сопротивление породы разрушению при воздействии истирающей нагрузки

6. Твердость минерала по шкале Мооса определяется как...
а) его способность царапать другие минералы или сопротивляться царапанию.
б) его масса на единицу объема.
в) его способность раскалываться по плоскостям.
г) его реакция с соляной кислотой.

7. Как называется свойство минерала раскалываться по определенным плоскостям, образуя ровные, гладкие поверхности?

а) Излом
б) Спайность
в) Твердость
г) Блеск

8. Какая из перечисленных горных пород обладает наибольшей плотностью?
а) Пемза
б) Габбро
в) Известняк
г) Песчаник

9. Что такое "прочность" горной породы?
а) Ее способность поглощать воду
б) Сопротивление породы разрушению под действием внешних нагрузок
в) Ее сопротивление истиранию
г) Размер и форма составляющих ее зерен

10. Какая физическая характеристика напрямую влияет на способность горной породы пропускать через себя жидкости и газы?
а) Пластичность
б) Плотность
в) Твердость
г) Проницаемость

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.
11. Установите соответствие между типом горной породы и её характерным представителем:

а) Магматическая глубинная
б) Магматическая излившаяся
в) Осадочная обломочная
г) Метаморфическая

Варианты:

1. Базальт
2. Мрамор
3. Гранит
4. Песчаник

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

12. Установите соответствие между физико-техническим свойством горных пород и его определением:

а) Плотность
б) Прочность
в) Твердость
г) Пористость

Варианты:

1. Сопротивление породы разрушению под действием внешней нагрузки
2. Отношение массы породы к её объему
3. Сопротивление породы проникновению в него другого, более твердого тела
4. Степень заполнения объема породы пустотами (порами)

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

13. Установите соответствие между минералом и его диагностическим (определяющим) свойством:

а) Кварц
б) Кальцит
в) Полевой шпат (ортоклаз)
г) Гипс

Варианты:

1. Имеет совершенную спайность в одном направлении, очень низкая твердость (царапается ногтем)
2. Не царапается стеклом, не имеет спайности, часто образует кристаллы в виде призмы
3. Вскипает при взаимодействии с каплей соляной кислоты
4. Имеет твердость 6, спайность в двух направлениях под прямым углом, часто розовый или белый

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

Раздел 2. Основные понятия механики горных пород. Методы определения механических свойств горных пород

1. **Что понимается под прочностью горной породы?**
   а) Способность поглощать воду

б) Сопротивление породы разрушению под действием внешних нагрузок
в) Способность породы изменять форму без разрушения
г) Сопротивление истиранию

2. **Какое свойство породы описывает её способность восстанавливать первоначальную форму и объем после снятия нагрузки?**
   а) Пластичность
   б) Хрупкость
   в) Упругость
   г) Ползучесть

3. **Что характеризует предел прочности горной породы?**
   а) Максимальную пористость
   б) Минимальное напряжение, приводящее к разрушению
   в) Критическую нагрузку, при которой происходит разрушение образца
   г) Скорость деформации

4. **Какой метод используется для определения прочности породы на растяжение?**
   а) Испытание на одноосное сжатие
   б) Испытание на трение
   в) Бразильский тест (косвенное растяжение)
   г) Испытание на кручение

5. **Что такое деформация горной породы?**
   а) Изменение прочности под действием нагрузки
   б) Изменение формы и объема породы под действием напряжений
   в) Процесс разрушения породы
   г) Упругое последействие

6. **Какое свойство породы описывает её способность необратимо изменять форму без разрушения?**
   а) Упругость
   б) Твердость
   в) Пластичность
   г) Хрупкость

7. **Какой прибор используется для определения твердости пород по шкале Мооса?**
   а) Пресс одноосного сжатия
   б) Станок Шмидта (молоток)
   в) Набор эталонных минералов
   г) Пенетрометр

8. **Что изучает реология горных пород?**
   а) Деформационные свойства и текучесть
   б) Минеральный состав
   в) Тепловые свойства
   г) Электрические свойства

9. **Какое явление описывает медленное нарастание деформации породы при постоянной нагрузке?**
   а) Упругое последействие
   б) Ползучесть

в) Релаксация
г) Усталость

10. **Для чего используется штамповый метод испытаний?**
    а) Для определения деформационных характеристик пород в массиве
    б) Для измерения пористости
    в) Для определения минерального состава
    г) Для измерения влажности

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

11. **Установите соответствие между механическим свойством породы и его определением:**
    а) Упругость
    б) Пластичность
    в) Хрупкость
    г) Твердость

Варианты:

1. Свойство породы разрушаться при незначительных деформациях
2. Способность породы сопротивляться проникновению в него другого тела
3. Способность породы восстанавливать форму после снятия нагрузки
4. Способность породы изменять форму без разрушения

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

12. **Установите соответствие между методом испытания и определяемым свойством:**
    а) Одноосное сжатие
    б) Бразильский тест
    в) Испытание на сдвиг
    г) Испытание на статическое зондирование

Варианты:

1. Прочность на растяжение
2. Сопротивление сдвигу
3. Прочность на сжатие
4. Сопротивление породы в естественном залегании

а	**б**	**в**	**г**

13. **Установите соответствие между понятием и его описанием:**
    а) Напряжение
    б) Деформация
    в) Ползучесть
    г) Релаксация

Варианты:

1. Изменение формы и размеров тела под действием нагрузки
2. Медленное нарастание деформации во времени при постоянной нагрузке
3. Интенсивность внутренних сил, возникающих в теле под действием внешних нагрузок
4. Уменьшение напряжений с течением времени при постоянной деформации

а	**б**	**в**	**г**

Раздел 3. Электромагнитные свойства горных пород.

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

<u>Выбор одного или нескольких вариантов ответа</u>

1. Что характеризует удельное электрическое сопротивление горных пород?
   а) Способность накапливать электрический заряд
   б) Способность проводить электрический ток
   в) Способность создавать магнитное поле
   г) Способность поляризоваться в электрическом поле
2. Какая характеристика определяет способность породы создавать магнитное поле?
   а) Электрическая проводимость
   б) Диэлектрическая проницаемость
   в) Магнитная восприимчивость
   г) Удельное сопротивление
3. Какой параметр характеризует способность породы накапливать электрическую энергию?
   а) Удельная электропроводность
   б) Диэлектрическая проницаемость
   в) Магнитная проницаемость
   г) Тангенс угла диэлектрических потерь
4. Что происходит с электропроводностью горных пород при увеличении их влажности?
   а) Увеличивается
   б) Уменьшается
   в) Остается неизменной
   г) Сначала увеличивается, затем уменьшается
5. Какая из перечисленных горных пород обладает наибольшим удельным сопротивлением?

а) Мрамор
б) Известняк
в) Каменная соль
г) Гранит

6. Что характеризует тангенс угла диэлектрических потерь?
   а) Энергию, рассеиваемую в породе при переменном токе
   б) Способность породы намагничиваться
   в) Сопротивление постоянному току
   г) Скорость распространения электромагнитных волн
7. Как влияет увеличение температуры на электропроводность горных пород?
   а) Увеличивает электропроводность
   б) Уменьшает электропроводность
   в) Не влияет на электропроводность
   г) Увеличивает только при низких температурах
8. Для каких целей изучают электромагнитные свойства горных пород?
   а) Для геофизической разведки полезных ископаемых
   б) Для проектирования заземляющих устройств
   в) Для интерпретации данных электрокаротажа
   г) Все перечисленные цели
9. Какой метод используется для измерения удельного сопротивления горных пород?
   а) Четырехэлектродная установка
   б) Метод индукционного каротажа
   в) Радиоволновой метод
   г) Все перечисленные методы
10. Что такое вызванная поляризация горных пород?
    а) Способность породы сохранять остаточную намагниченность
    б) Явление возникновения потенциала при пропускании тока
    в) Зависимость сопротивления от частоты тока
    г) Способность породы поляризоваться при наложении внешнего поля

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

11. Установите соответствие между электромагнитной характеристикой и ее определением:
    а) Удельное сопротивление
    б) Диэлектрическая проницаемость
    в) Магнитная восприимчивость
    г) Электропроводность

Варианты:

1. Способность вещества намагничиваться в магнитном поле
2. Способность вещества проводить электрический ток
3. Сопротивление вещества прохождению электрического тока
4. Способность вещества поляризоваться в электрическом поле

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

12. Установите соответствие между фактором и его влиянием на электропроводность пород:
    а) Минеральный состав
    б) Пористость
    в) Влажность
    г) Температура

Варианты:

1. Определяет собственную электропроводность породы
2. Увеличивает электропроводность за счет ионной проводимости
3. Создает каналы для прохождения тока
4. Увеличивает электропроводность за счет активации носителей заряда

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

13. Установите соответствие между методом исследования и измеряемым параметром:
    а) Электроразведка постоянным током
    б) Радиоволновое просвечивание
    в) Магниторазведка
    г) Индукционный каротаж

Варианты:

1. Удельное электрическое сопротивление
2. Диэлектрическая проницаемость
3. Магнитная восприимчивость
4. Электропроводность

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

Раздел 4. Тепловые свойства горных пород

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

Выбор одного или нескольких вариантов ответа

1. **Что характеризует коэффициент теплопроводности горных пород?**
    а) Способность накапливать тепловую энергию
    б) Скорость выравнивания температуры в породе

в) Способность передавать тепловую энергию
г) Изменение объема при нагревании

2. **Какая характеристика определяет количество тепла, необходимое для нагревания единицы массы породы на 1°C?**
   а) Теплопроводность
   б) Температуропроводность
   в) Удельная теплоемкость
   г) Тепловое расширение
3. **Какой параметр характеризует скорость выравнивания температуры в горной породе?**
   а) Коэффициент теплопроводности
   б) Коэффициент температуропроводности
   в) Удельная теплоемкость
   г) Коэффициент теплового расширения
4. **Что происходит с теплопроводностью горных пород при увеличении их влажности?**
   а) Увеличивается
   б) Уменьшается
   в) Остается неизменной
   г) Сначала увеличивается, затем уменьшается
5. **Какая из перечисленных горных пород обладает наибольшей теплопроводностью?**
   а) Песчаник
   б) Гранит
   в) Каменная соль
   г) Кварцит
6. **Что характеризует коэффициент теплового расширения горных пород?**
   а) Изменение линейных размеров при нагревании
   б) Количество запасенной тепловой энергии
   в) Скорость прогревания породы
   г) Способность проводить тепло
7. **Как влияет увеличение пористости на теплопроводность горных пород?**
   а) Увеличивает теплопроводность
   б) Уменьшает теплопроводность
   в) Не влияет на теплопроводность
   г) Увеличивает только температуропроводность
8. **Для каких целей определяют тепловые свойства горных пород?**
   а) Для расчета теплоизоляции зданий
   б) Для проектирования подземных сооружений
   в) Для оценки условий работы горного оборудования
   г) Все перечисленные цели
9. **Какой метод используется для определения теплопроводности горных пород?**
   а) Метод стационарного теплового потока
   б) Метод проникающего зонда
   в) Калориметрический метод
   г) Все перечисленные методы
10. **Что такое тепловой поток в земной коре?**
    а) Количество тепла, проходящее через единицу площади в единицу времени
    б) Температура на определенной глубине
    в) Скорость прогревания пород
    г) Разность температур между различными слоями

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

11. **Установите соответствие между тепловой характеристикой и ее определением:**
    а) Теплопроводность
    б) Теплоемкость
    в) Температуропроводность
    г) Тепловое расширение

Варианты:

1. Способность породы накапливать тепловую энергию
2. Изменение размеров породы при изменении температуры
3. Скорость выравнивания температуры в породе
4. Способность породы проводить тепло

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

12. **Установите соответствие между фактором и его влиянием на теплопроводность пород:**
    а) Минеральный состав
    б) Пористость
    в) Влажность
    г) Температура

Варианты:

1. Увеличивает теплопроводность
2. Основной фактор, определяющий теплопроводность
3. Уменьшает теплопроводность
4. Сложное зависимость, обычно уменьшает теплопроводность

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

13. **Установите соответствие между понятием и его характеристикой:**
    а) Геотермический градиент

б) Тепловой поток
в) Удельная теплоемкость
г) Коэффициент теплопроводности

Варианты:

1. Количество тепла, проходящее через единицу поверхности в единицу времени
2. Изменение температуры с глубиной
3. Количество тепла для нагрева 1 кг породы на 1°C
4. Способность породы проводить тепло

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

Раздел 5. Воздействие внешних физических полей на горные породы

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

Выбор одного или нескольких вариантов ответа

1. **Какое физическое поле вызывает деформацию горных пород через механическое напряжение?**
   а) Температурное поле
   б) Силовое поле
   в) Электромагнитное поле
   г) Гравитационное поле
2. **Что происходит с горными породами при длительном воздействии повышенных температур?**
   а) Увеличивается их хрупкость
   б) Уменьшается пластичность
   в) Происходит рекристаллизация
   г) Снижается плотность
3. **Какое явление возникает в горных породах под действием переменного электрического поля?**
   а) Термическое расширение
   б) Диэлектрическая поляризация
   в) Магнитная анизотропия
   г) Упругая деформация
4. **Как влияет гравитационное поле на горные породы в массиве?**
   а) Вызывает электризацию
   б) Создает напряжение горного давления
   в) Увеличивает температуру
   г) Уменьшает плотность
5. **Что такое релаксация напряжений в горных породах?**
   а) Быстрое разрушение под нагрузкой
   б) Медленное уменьшение напряжений во времени
   в) Увеличение прочности при нагреве
   г) Изменение магнитных свойств

6. **Какое оборудование используется для исследования воздействия силовых полей на породы?**
   а) Электромагнитные излучатели
   б) Прессы истаксиального сжатия
   в) Градиентометры
   г) Все перечисленное
7. **Что происходит с электропроводностью пород при механическом напряжении?**
   а) Всегда увеличивается
   б) Всегда уменьшается
   в) Может изменяться в зависимости от типа породы
   г) Остается неизменной
8. **Какой процесс объясняет изменение структуры пород под действием температуры и давления?**
   а) Эрозия
   б) Выветривание
   в) Метаморфизм
   г) Седиментация
9. **Что такое пьезоэлектрический эффект в горных породах?**
   а) Изменение объема при нагреве
   б) Возникновение электрического заряда при деформации
   в) Намагничивание в постоянном поле
   г) Изменение плотности под давлением
10. **Для каких целей изучают воздействие физических полей на горные породы?**
    а) Прогнозирования горных ударов
    б) Проектирования подземных сооружений
    в) Разработки методов управления массивом
    г) Всех перечисленных целей

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

11. **Установите соответствие между типом физического поля и его воздействием на горные породы:**
    а) Механическое поле
    б) Тепловое поле
    в) Электромагнитное поле
    г) Гравитационное поле

Варианты:

1. Вызывает тепловое расширение и фазовые превращения
2. Создает общее напряженное состояние массива
3. Приводит к деформациям и разрушениям
4. Вызывает поляризацию и намагничивание

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

12. **Установите соответствие между физическим процессом и его последствием для горных пород:**
    а) Термическое расширение
    б) Упругая деформация
    в) Пластическое течение
    г) Хрупкое разрушение

Варианты:

1. Обратимое изменение формы и объема
2. Необратимое изменение формы без нарушения сплошности
3. Нарушение сплошности при достижении предела прочности
4. Изменение объема при изменении температуры

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

13. **Установите соответствие между методом исследования и изучаемым свойством:**
    а) Деформационные испытания
    б) Термический анализ
    в) Электрические измерения
    г) Магнитные измерения

Варианты:

1. Поведение пород при нагреве и охлаждении
2. Способность к упругим и пластическим деформациям
3. Магнитная восприимчивость и остаточная намагниченность
4. Электропроводность и диэлектрическая проницаемость

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

Раздел 6. Горнотехнологические параметры горных

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

Выбор одного или нескольких вариантов ответа

1. **Что характеризует коэффициент крепости горной породы?**
   а) Способность породы сопротивляться разрушению
   б) Удельный вес породы
   в) Пористость породы
   г) Влажность породы
2. **Какой параметр оценивает способность породы дробиться при взрыве?**
   а) Коэффициент разрыхления
   б) Коэффициент крепости
   в) Дробляемость
   г) Абразивность
3. **Что показывает коэффициент разрыхления породы?**
   а) Увеличение объема после выемки
   б) Прочность на сжатие
   в) Сопротивление резанию
   г) Твердость по Моосу
4. **Какая характеристика определяет износ инструмента при работе с породой?**
   а) Дробляемость
   б) Абразивность
   в) Удельный вес
   г) Влажность
5. **Что такое "буримость" горной породы?**
   а) Способность породы поглощать буровой раствор
   б) Сопротивление породы проходке бурового инструмента
   в) Устойчивость стенок скважины
   г) Качество полученной скважины
6. **Какой параметр характеризует способность породы к эффективному дроблению взрывом?**
   а) Взрываемость
   б) Дробляемость
   в) Абразивность
   г) Крепость
7. **Что оценивает параметр "экскавируемость"?**
   а) Сопротивление породы ковшам экскаваторов
   б) Угол естественного откоса
   в) Коэффициент разрыхления
   г) Влажность породы
8. **Как влияет трещиноватость на буримость пород?**
   а) Увеличивает сопротивление бурению
   б) Уменьшает сопротивление бурению
   в) Не влияет на буримость
   г) Увеличивает только абразивность
9. **Что характеризует "угол естественного откоса"?**
   а) Максимальный угол устойчивого откоса сыпучей породы
   б) Твердость породы
   в) Сопротивление сдвигу
   г) Абразивные свойства
10. **Для каких целей определяют горнотехнологические параметры пород?**
    а) Выбора технологии добычи
    б) Проектирования горных работ
    в) Подбора горного оборудования
    г) Всех перечисленных целей

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

11. **Установите соответствие между горнотехнологическим параметром и его характеристикой:**
    а) Коэффициент крепости
    б) Абразивность
    в) Буримость
    г) Взрываемость

Варианты:

1. Сопротивление породы разрушению буровым инструментом
2. Способность породы изнашивать контактирующие с ней тела
3. Относительная характеристика сопротивления породы механическому разрушению
4. Способность породы дробиться взрывом

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

12. **Установите соответствие между свойством породы и технологическим процессом:**
    а) Высокая крепость
    б) Большая абразивность
    в) Хорошая взрываемость
    г) Высокая буримость

Варианты:

1. Необходимость применения взрывных работ
2. Быстрый износ режущего инструмента
3. Применение специальных буровых коронок
4. Эффективное механическое бурение

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

13. **Установите соответствие между параметром и его практическим значением:**
    а) Коэффициент разрыхления
    б) Угол естественного откоса

в) Дробляемость
г) Экскавируемость

Варианты:

1. Расчет объемов транспортировки породы
2. Проектирование устойчивых откосов
3. Выбор параметров взрыва
4. Подбор типа и мощности экскаватора

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

5.2 Вопросы для собеседования (устного опроса):

1. На какие группы делят минералы по их генезису?
2. На какие группы делят минералы по физическому состоянию?
3. Что называют горной породой, в чём заключается основное различие между минералом и горной породой?
4. Назовите основные типы горных пород по их происхождению.
5. Что понимают под структурой горной породы?
6. Какие выделяют основные параметры структуры породы?
7. На какие типы структур делят горные породы по степени кристалличности?
8. К какому типу горных пород по происхождению (магматических или осадочных) относят полнокристаллические, неполнокристаллические и стекловатые структуры пород?
9. Что понимают под текстурой горной породы?
10. Какими количественными параметрами характеризуют строение горных пород?
11. Как плотность горных пород зависит от их слоистости?
12. Основные факторы, влияющие на плотность горных пород.
13. Влияние на плотность горных пород плотности слагающих эти породы минералов.
14. Что характеризует коэффициент плотности горной породы kпл 4. , как его можно рассчитать?
15. Что называют удельным весом горной породы γ0?

Критерии оценивания устного ответа (*устный опрос)*

9-10 баллов - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

6-8 балла - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

2-5 балла – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы;

знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

0-1 балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

6. Примеры оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

6.1 Варианты вопросов для собеседования (зачёт):

1. Что понимается под структурой и текстурой горных пород?
2. Какие из дефектов кристаллической структуры относятся к объемным?
3. Горная порода плотностью 2,8 г/см3 имеет общую пористость 5 %. Определить удельный вес.
4. Какая вода, находящаяся в горных породах, называется химически связанной?
5. Нормальные напряжения это: …
6. Коэффициент пропорциональности между действующим нормальным напряжением σ (сжимающим и растягивающим) исоответствующей ему относительной продольной упругой деформацией называется: …
7. Продольные волны распространяются: …
8. Крепость горных пород - это: …
9. Камуфлетное взрывание - это: …
10. Какие породы имеют наибольшую крепость из известных (по шкале М.М. Протодьяконова)?
11. Как называется свойство горных пород восстанавливать исходную форму и размеры после снятия механической нагрузки?
12. Как называется коэффициент пропорциональности между касательными напряжениями и упругой деформации сдвига?
13. Какую способность горных пород характеризуют упругие свойства?
14. Как называются минералы, атомы которых обладают магнитным моментом при отсутствии магнитного поля (однако, в целом, их образцы в отсутствии поля не намагничены)?
15. От чего зависит удельная теплоемкость горных пород?

Критерии оценивания устного ответа (*зачет)*

Оценка 5 (35-40 баллов) - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка 4 (34-24 балла) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка 3 (23-10 балла) – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается

несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка 2 (9-0) балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

6.2 Варианты вопросов для собеседования (экзамен):

1. Породообразующие минералы, горные породы.
2. Структурные свойства горных пород.
3. Классификация физико-технических параметров пород. Базовые физико-технические свойства и параметры пород.
4. Основные понятия механики горных пород. Напряжения, деформации, упругость, пластичность, модуль упругости, модуль деформации, коэффициент Пуассона.
5. Ползучесть и релаксация горных пород.
6. Прочность горных пород. Пределы прочности на сжатие, растяжение, сдвиг.
7. Коэффициент крепости горных пород по Протодьяконову. Классификация горных пород по крепости.
8. Теории прочности. Теория прочности Кулона-Мора. Паспорт прочности горных пород.
9. Механические свойства массива пород.
10. Упругие колебания и акустические параметры пород.
11. Методы определения прочностных и деформационных характеристик горных пород при одноосном напряжѐнном состоянии.
12. Экспериментальные методы определения предела прочности на одноосное сжатие.
13. Определение предела прочности при одноосном растяжении.
14. Методы определения деформационных характеристик горных пород.
15. Прочность горных пород при объѐмном напряжѐнном состоянии. Паспорт прочности горной породы.

Критерии оценивания устного ответа (*экзамен)*

Оценка 5 (35-40 баллов) - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка 4 (34-24 балла) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка 3 (23-10 балла) – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и

полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка 2 (9-0) балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД»

5.1 Ответы на тестовые задания

Раздел 1. Минералы и горные породы. Общие сведения о физико-технических параметрах горных пород

1. в)
2. г)
3. б)
4. в)
5. б)
6. а)
7. б)
8. б)
9. б)
10. г)
11. а3, б1, в4, г2
12. а2, б1, в3, г4
13. а2, б3, в4, г1

Раздел 2. Основные понятия механики горных пород. Методы определения механических свойств горных пород

1. б
2. в
3. в
4. в
5. б
6. в
7. в
8. а
9. б
10. а

Задания на соответствие:

11. а3, б4, в1, г2
12. а3, б1, в2, г4
13. а3, б1, в2, г4

Раздел 3. Электромагнитные свойства горных пород

1. б
2. в
3. б
4. а
5. в
6. а
7. а
8. г
9. г

10. г

Задания на соответствие:
11. а3, б4, в1, г2
12. а1, б3, в2, г4
13. а1, б2, в3, г4

Раздел 4. Тепловые свойства горных пород

Тестовые задания:
1. в
2. в
3. б
4. а
5. г
6. а
7. б
8. г
9. г
10. а

Задания на соответствие:
11. а4, б1, в3, г2
12. а2, б3, в1, г4
13. а2, б1, в3, г4

Раздел 5. Воздействие внешних физических полей на горные породы

1. б
2. в
3. б
4. б
5. б
6. г
7. в
8. в
9. б
10. г

Задания на соответствие:
11. а3, б1, в4, г2
12. а4, б1, в2, г3
13. а2, б1, в4, г3

Раздел 6. Горнотехнологические параметры горных

1. а
2. в

3. а
4. б
5. б
6. а
7. а
8. б
9. а
10. г

Задания на соответствие:
11. а3, б2, в1, г4
12. а3, б2, в1, г4
13. а1, б2, в3, г4

5.2 Ответы для собеседования (устного опроса)

1. На какие группы делят минералы по их генезису?
По происхождению (генезису) минералы делят на следующие группы:

- **Магматогенные** (эндогенные): образуются из магмы при её остывании и кристаллизации (кварц, полевые шпаты, слюды).
- **Метаморфогенные** (эндогенные): образуются в результате изменения ранее существовавших минералов под действием высоких температур и давлений (графит, кианит, ставролит).
- **Экзогенные** (гипергенные): образуются на поверхности Земли в результате процессов выветривания, осаждения из водных растворов или деятельности организмов (гипс, галит, опал, лимонит).
- **Метасоматические**: образуются при замещении одних минералов другими под действием химически активных растворов.

2. На какие группы делят минералы по физическому состоянию?
По физическому состоянию минералы делят на:

- **Твёрдые** (подавляющее большинство: кварц, алмаз, кальцит).
- **Жидкие** (самородная ртуть).
- **Газообразные** (в условиях земной коры встречаются редко, например, газовые включения в минералах).

3. Что называют горной породой, в чём заключается основное различие между минералом и горной породой?
Горная порода — это природный агрегат одного или нескольких минералов, образующий самостоятельное тело в земной коре.
Основное различие: Минерал — это природное химическое соединение (или самородный элемент) с определённым химическим составом и кристаллической структурой. Горная порода — это смесь минералов (или обломков минералов) и не имеет постоянного химического состава.

4. Назовите основные типы горных пород по их происхождению.

- **Магматические** (изверженные): образуются при остывании и затвердевании магмы (гранит, базальт).
- **Осадочные**: образуются на поверхности Земли в результате разрушения, переноса и отложения продуктов разрушения других пород или деятельности организмов (песчаник, известняк, глина).
- **Метаморфические**: образуются из магматических или осадочных пород в недрах Земли под действием высоких температур, давлений и химически активных веществ (гнейс, мрамор, сланец).

5. Что понимают под структурой горной породы?
Структура — это внутреннее строение породы, определяемое размером, формой и

взаимоотношениями составляющих её минеральных зёрен (кристаллов, обломков). Она описывает особенности вещества породы.

6. Какие выделяют основные параметры структуры породы?

- **Степень кристалличности** (кристаллическая, стекловатая).
- **Размер зёрен** (абсолютный и относительный).
- **Форма зёрен** (идиоморфная, ксеноморфная, округлая, остроугольная).

7. На какие типы структур делят горные породы по степени кристалличности?

- **Полнокристаллическая** (порода целиком состоит из кристаллов).
- **Неполнокристаллическая** (гипидиоморфная) — состоит из кристаллов и вулканического стекла.
- **Стекловатая** (порода целиком или почти целиком состоит из вулканического стекла).

8. К какому типу горных пород по происхождению (магматических или осадочных) относят полнокристаллические, неполнокристаллические и стекловатые структуры пород?

Эти структуры характерны для **магматических горных пород**.

9. Что понимают под текстурой горной породы?

Текстура — это пространственное расположение составных частей породы (минеральных агрегатов, обломков), отражающее её сложение в целом. Она описывает особенности строения породы как монолита (например, слоистость, пористость, массивность).

10. Какими количественными параметрами характеризуют строение горных пород?

- Плотность.
- Удельный вес.
- Объёмная масса (плотность в естественном состоянии).
- Пористость.
- Трещиноватость.

11. Как плотность горных пород зависит от их слоистости?

Сама по себе слоистость не влияет на **плотность вещества** минералов. Однако слоистые породы (особенно осадочные) часто имеют более высокую пористость между слоями, что влияет на их **объёмную массу**, снижая её.

12. Основные факторы, влияющие на плотность горных пород.

- Минеральный состав (плотность слагающих минералов).
- Химический состав.
- Пористость и трещиноватость.
- Влажность.

13. Влияние на плотность горных пород плотности слагающих эти породы минералов.

Чем выше плотность минералов, слагающих породу, тем выше плотность самой породы. Например, порода, состоящая из тяжёлого гематита, будет значительно плотнее породы, состоящей из лёгкого кварца.

14. Что характеризует коэффициент плотности горной породы kпл, как его можно рассчитать?

Коэффициент плотности (kпл) характеризует степень заполнения объёма породы твёрдым веществом. Он равен отношению объёмной массы породы (ρо) к её плотности (ρ).

Формула: kпл = ρо / ρ

15. Что называют удельным весом горной породы γ0?

Удельный вес (γ0) — это вес единицы объёма твёрдой фазы породы (без пор и пустот). Это отношение веса сухого образца породы к его объёму, где объём вычисляется без учёта пор.

6.1 Варианты вопросов для собеседования (зачёт):

1. Что понимается под структурой и текстурой горных пород?

- **Структура** — это внутреннее строение породы, определяемое размером, формой и взаимоотношениями её минеральных зёрен (кристаллов, обломков). Она описывает особенности вещества породы.
- **Текстура** — это пространственное расположение составных частей породы (минеральных агрегатов, обломков), отражающее её сложение в целом. Она описывает особенности строения породы как монолита (например, слоистость, пористость, сланцеватость).

2. Какие из дефектов кристаллической структуры относятся к объемным?

К объемным дефектам относятся дислокации (краевые и винтовые), а также дефекты упаковки.

3. Горная порода плотностью 2,8 г/см³ имеет общую пористость 5 %. Определить удельный вес.

Пористость не влияет на удельный вес, так как он характеризует вещество самого минерального скелета без пор.

Ответ: Удельный вес (γ_0) = плотность (ρ) * ускорение свободного падения (g) = 2,8 г/см³ * 9,81 м/с² ≈ **27,5 кН/м³**.

4. Какая вода, находящаяся в горных породах, называется химически связанной?

Это вода, входящая в кристаллическую решётку минералов в виде ионов OH^- (например, в гипсе - $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, или в лимоните - $FeO \cdot OH \cdot nH_2O$). Она удаляется только при прокаливании с разрушением кристаллической структуры.

5. Нормальные напряжения это: …

... напряжения, возникающие в поперечном сечении тела при действии силы, направленной перпендикулярно сечению. Они вызывают деформацию сжатия или растяжения.

6. Коэффициент пропорциональности между действующим нормальным напряжением σ (сжимающим и растягивающим) и соответствующей ему относительной продольной упругой деформацией называется: …

Модуль Юнга (модуль продольной упругости).

7. Продольные волны распространяются: …

... в направлении колебаний частиц среды. Они характеризуются чередованием зон сжатия и растяжения.

8. Крепость горных пород - это: …

... совокупность свойств породы, характеризующих её сопротивляемость разрушению. Количественно часто оценивается по шкале Протодьяконова коэффициентом крепости f.

9. Камуфлетное взрывание - это: …

... взрывание, при котором энергия заряда направлена на создание полости (камеры, воронки) без выброса породы на поверхность.

10. Какие породы имеют наибольшую крепость из известных (по шкале М.М. Протодьяконова)?

Наиболее крепкие кварциты и базальты имеют коэффициент крепости f = 20.

11. Как называется свойство горных пород восстанавливать исходную форму и размеры после снятия механической нагрузки?

Упругость.

12. Как называется коэффициент пропорциональности между касательными напряжениями и упругой деформации сдвига?

Модуль сдвига (модуль упругости второго рода).

13. Какую способность горных пород характеризуют упругие свойства?

Способность накапливать и отдавать энергию деформации, а также передавать упругие колебания (сейсмические и акустические волны).

14. Как называются минералы, атомы которых обладают магнитным моментом при отсутствии магнитного поля (однако, в целом, их образцы в отсутствии поля не намагничены)?
Парамагнетики.
15. От чего зависит удельная теплоемкость горных пород?
В основном от минерального состава, температуры, а также от пористости и влажности.

6.2 Варианты вопросов для собеседования (экзамен):

1. Породообразующие минералы, горные породы.

- **Породообразующие минералы** – минералы, входящие в состав горных пород в качестве основных компонентов (кварц, полевые шпаты, слюды, кальцит и др.).
- **Горные породы** – природные агрегаты минералов более или менее постоянного состава, образующие самостоятельные тела в земной коре.

2. Структурные свойства горных пород.
Структурные свойства описывают внутреннее строение породы, определяемое размером, формой и взаимоотношениями её минеральных зёрен. К ним относятся:

- **Структура** (размер, форма зёрен, степень кристалличности).
- **Текстура** (пространственное расположение компонентов – массивная, слоистая, сланцеватая и др.).

3. Классификация физико-технических параметров пород. Базовые физико-технические свойства и параметры пород.

- **Физические:** плотность, пористость, влажность, удельный вес.
- **Механические:** прочность, деформационные характеристики (модуль упругости, коэффициент Пуассона), твердость, абразивность.
- **Тепловые:** теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность.
- **Электрические:** электропроводность, диэлектрическая проницаемость.
- **Магнитные:** магнитная восприимчивость.
- **Акустические:** скорости распространения упругих волн.

4. Основные понятия механики горных пород.

- **Напряжение** – мера внутренних сил, возникающих в породе под действием внешней нагрузки.
- **Деформация** – изменение формы и объема породы под действием напряжений.
- **Упругость** – свойство породы восстанавливать первоначальную форму после снятия нагрузки.
- **Пластичность** – свойство породы изменять форму без нарушения сплошности под действием нагрузок и сохранять эту форму после их снятия.
- **Модуль упругости (Юнга)** – коэффициент пропорциональности между напряжением и упругой деформацией.
- **Модуль деформации** – обобщенная характеристика деформируемости породы с учетом упругих и пластических деформаций.
- **Коэффициент Пуассона** – отношение поперечной деформации к продольной при упругом растяжении/сжатии.

5. Ползучесть и релаксация горных пород.

- **Ползучесть** – медленная непрерывная деформация породы под действием постоянной нагрузки.
- **Релаксация напряжений** – самопроизвольное уменьшение напряжений в породе с течением времени при постоянной деформации.

6. Прочность горных пород. Пределы прочности.

- **Прочность** – способность породы сопротивляться разрушению.
- **Предел прочности на сжатие** – максимальное напряжение, которое порода выдерживает при сжатии.
- **Предел прочности на растяжение** – максимальное напряжение, которое порода выдерживает при растяжении.
- **Предел прочности на сдвиг** – максимальное напряжение, которое порода выдерживает при сдвиге.

7. Коэффициент крепости горных пород по Протодьяконову.

- **Коэффициент крепости (f)** – эмпирический показатель, характеризующий сопротивляемость породы разрушению. f = Rсж / 100, где Rсж – предел прочности на сжатие в кгс/см².
- **Классификация:** Породы делятся на 10 категорий от самых слабых (f=0.3-1.0) до самых крепких (f=20).

8. Теории прочности. Теория прочности Кулона-Мора. Паспорт прочности.

- **Теория прочности Кулона-Мора** предполагает, что разрушение породы происходит при достижении критического сочетания нормальных и касательных напряжений на площадке сдвига: $\tau = c + \sigma * tg(\varphi)$, где τ – прочность на сдвиг, σ – нормальное напряжение, c – сцепление, φ – угол внутреннего трения.
- **Паспорт прочности** – графическое или аналитическое представление условия прочности породы (например, огибающая кругов Мора).

9. Механические свойства массива пород.
Учитывают не только свойства породы, но и влияние трещиноватости, слоистости, наличия тектонических нарушений и т.д. Характеризуются анизотропией, неоднородностью и пониженной прочностью по сравнению с образцом породы.

10. Упругие колебания и акустические параметры пород.

- **Упругие колебания** – распространение в породе деформаций (волн).
- **Акустические параметры:** скорости распространения продольных (Vp) и поперечных (Vs) волн, акустическая жесткость, коэффициент затухания.

11. Методы определения прочностных и деформационных характеристик при одноосном напряженном состоянии.
Испытание образцов правильной формы (цилиндры, кубы) на прессах с одновременным измерением нагрузки и деформации.

12. Экспериментальные методы определения предела прочности на одноосное сжатие.
Прямое сжатие образца породы между плитами пресса до разрушения. Rсж = P / S, где P – разрушающая нагрузка, S – площадь поперечного сечения.

13. Определение предела прочности при одноосном растяжении.

- Прямое растяжение (редко из-за сложности крепления).
- **Косвенные методы:** раскалывание образца (бразильский тест), изгиб.

14. Методы определения деформационных характеристик горных пород.

- **Статические:** Испытание на прессе с измерением деформаций тензометрами.
- **Динамические:** По скоростям распространения упругих волн.

15. Прочность горных пород при объемном напряженном состоянии. Паспорт прочности.

При всестороннем сжатии прочность породы значительно возрастает. Паспорт прочности (огибающая кругов Мора) описывает эту зависимость.