

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
доцент Ю.Л. Гульбин

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПЕТРОФИЗИКА

Уровень высшего образования:	Специалитет
Специальность:	21.05.02 Прикладная геология
Специализация:	Прикладная геохимия, минералогия и геммология
Квалификация выпускника:	горный инженер-геолог
Форма обучения:	очная
Составитель:	к.г.-м.н., доцент Д.А. Петров

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Петрофизика» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «21.05.02 Прикладная геология», утвержденного приказом Минобрнауки России № 953 от 12 августа 2020 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «21.05.02 Прикладная геология», специализация «Прикладная геохимия, минералогия и геммология».

Составитель _____ к.г.-м.н., доцент Д.А. Петров

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии от 07.02.2022 г., протокол №6.

Заведующий кафедрой _____ д.г.-м.н., доцент Ю.Л. Гульбин

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: формирование у студентов современных представлений о строении и физических свойствах Земли в целом и слагающих ее горных пород, а также умения использовать эту информацию в научно-исследовательской и проектно-исследовательской деятельности

Основные задачи дисциплины:

- познакомить студентов с современными представлениями о строении и составе Земли по геолого-геофизическим данным
- дать студентам базовые знания о физических свойствах горных пород во взаимосвязи с их химическим и минеральным составом, структурно-текстурными особенностями
- обучить основам использования полученных знаний для геологической интерпретации геофизической информации

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Петрофизика» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.02 Прикладная геология» и изучается в 8 семестре.

Предшествующими дисциплинами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Петрофизика» являются: «Физика», «Кристаллография и минералогия», «Прикладная геофизика», «Петрография».

Дисциплина «Петрофизика» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Изотопная геохимия».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Петрофизика» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность выполнять диагностику и изучение минералов, горных пород и руд с использованием современных методов исследований минерального вещества; делать выводы об условиях и механизмах их формирования, строить петрологические и геолого-генетические модели, определять геодинамическую обстановку минерало- и рудообразования, формулировать минералогические критерии оруденения	ПКС-3	ПКС-3.1 - Знать: наиболее важные порообразующие, акцессорные и рудные минералы – их состав, строение, свойства, диагностические признаки, геологические и физико-химические условия образования, парагенезисы, возможности их использования как полезного ископаемого; важнейшие типоморфные особенности минералов и их поведение в геологических процессах; наиболее важные и распространенные магматические, метаморфические и осадочные породы, их состав, строение, формы залегания, классификацию, условия образования горных пород магматического и метаморфического генезиса, их практическое применение; физико-химические закономерности магматических и метаморфических процессов, базовые петрологические модели (модели плавления, модели дифференциации магм, принцип минеральных фаций метаморфизма, основы теории метасоматической зональности); главные геодинамические обстановки

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		магматизма и метаморфизма
		ПКС-3.2 - Уметь: выполнять макро- и микроскопическое изучение горных пород с использованием современных методов изучения минерального вещества; обрабатывать и систематизировать данные по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям горных пород, в том числе с использованием компьютерных программ; анализировать минеральные равновесия в магматических и метаморфических системах при помощи методов минеральной термобарометрии и физико-химического моделирования; использовать минералого-петрографические методы при прогнозе, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых, при проведении геолого-съёмочных и специализированных тематических работ
		ПКС-3.3 - Владеть: навыками делать выводы о происхождении и условиях формирования магматических и метаморфических пород и руд на основе собранных фактов, выявлять связи этих пород и полезных ископаемых

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		8
Аудиторная работа, в том числе:	32	32
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	40	40
Подготовка к лекциям	16	16
Реферат	12	12
Аналитический информационный поиск	12	12
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э (36)	Э (36)
Общая трудоёмкость дисциплины		
ак. час.	108	108
зач. ед.	3	3

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. Введение. Предмет, объекты и связи дисциплины с другими науками. Основные цели и задачи курса	4	2	-	-	2
Раздел 2. Гравитационное поле Земли и плотность горных пород	12	6	-	-	6
Раздел 3. Сейсмическая модель Земли, упругие и прочностные свойства горных пород	12	6	-	-	6
Раздел 4. Магнитные поля и свойства горных пород	10	4	-	-	6
Раздел 5. Электрические свойства и аномалии электромагнитного поля	10	4	-	-	6
Раздел 6. Ядерно-физические (радиоактивные) свойства	11	4	-	-	7
Раздел 7. Петрофизика и строение тектоносферы. Тепловые свойства и энергетика Земли	13	6	-	-	7
Итого:	72	32	-	-	40

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1. Введение. Предмет, объекты и связи дисциплины с другими науками. Основные цели и задачи курса	Основные цели и задачи петрофизики, её значение в комплексе геолого-геофизических работ. Методика изучения и использования различных физических полей и петрофизических параметров для решения общегеологических и прикладных задач	2
2	Раздел 2. Гравитационное поле Земли и плотность горных пород	Основные понятия и определения. Методы измерения плотности. Плотность породообразующих и акцессорных минералов. Плотность изверженных, осадочных и метаморфических пород. Понятие пористости, её виды и методы измерения. Зависимость плотности от вещественного состава и структурно-текстурных особенностей, температуры и давления. Гравитационное поле, аномалии силы тяжести, изостазия	6
3	Раздел 3. Сейсмическая модель Земли, упругие и прочностные свойства горных пород	Скорости распространения упругих волн - продольных и поперечных. Модули упругости, коэффициент Пуассона. Упругие свойства изверженных, осадочных и метаморфических пород, зависимость их от состава и связь со структурными особенностями горных пород. Влияние температуры и давления на упругие свойства горных пород. Прочностные свойства минералов и горных пород,	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоем- кость в ак. часах
		методы их измерения. Вариации прочности магматических, метаморфических и осадочных пород. Факторы, влияющие на прочностные свойства. Система геомеханических рейтингов	
4	Раздел 4. Магнитные поля и свойства горных пород	Основные понятия и определения: магнитная восприимчивость, намагниченность и ее основные виды. Связь между этими параметрами и зависимость намагниченности от формы тел. Магнитные свойства породообразующих и главных рудных минералов, зависимость их от химизма и строения кристаллической решетки. Магнитные свойства горных пород, их связь с составом и структурно-текстурными особенностями. Естественная остаточная намагниченность и ее виды. Зависимость магнитных свойств от температуры и давления. Устойчивость намагниченности во времени. Палеомагнетизм и его использование в геологии и геофизике. Главное магнитное поле Земли	4
5	Раздел 5. Электрические свойства и аномалии электромагнитного поля	Удельное электрическое сопротивление, электропроводимость, диэлектрическая проницаемость. Электронная и ионная проводимость; проводники, полупроводники и диэлектрики. Электрические свойства минералов, зависимость их от химизма, анизотропии, температуры. Удельное электросопротивление горных пород и его зависимость от состава, структуры и текстуры. Особенности электрических свойств изверженных, осадочных и метаморфических пород, зависимость от температуры и давления	4
6	Раздел 6. Ядерно-физические (радиоактивные) свойства	Естественная радиоактивность, основные радиоактивные элементы и их распространенность. Главные минералы урана и тория, радиоактивные элементы в породообразующих и акцессорных минералах. Радиоактивность изверженных, осадочных и метаморфических пород, ее зависимость от их состава, условий формирования, степени метаморфизма. Использование ядерно-физических свойств в геофизике и геохронологии	4
7	Раздел 7. Петрофизика и строение тектоносферы. Тепловые свойства и энергетика Земли	Схема внутреннего строения Земли, тектоносфера. Состав, строение и типы земной коры, ее основные структурные элементы. Источники информации о составе и строении верхней мантии. Тепловой поток и геотермический градиент, их особенности в различных геоструктурах. Петролого-геофизические модели тектоносферы, мантия и ядро Земли. Литосфера. Разделы Мохо и Конрада. Астеносфера. Проблемы энергетики Земли, ее образования и эволюции	6
Итого:			32

4.2.3. Практические занятия

Практические занятия не предусмотрены

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

4.2.6. Примерные темы для рефератов

1. Пористость в горных породах и методы ее измерения
2. Причины изменчивости плотности горных пород
3. Упругие свойства магматических (метаморфических, осадочных) горных пород
4. Влияние температуры и давления на упругие свойства горных пород
5. Намагниченность горных пород
6. Магнитные свойства породообразующих минералов
7. Естественная остаточная намагниченность и ее виды
8. Палеомагнетизм и его использование в геологии и геофизике
9. Удельное электрическое сопротивление горных пород
10. Особенности электрических свойств магматических (осадочных, метаморфических) горных пород
11. Естественная радиоактивность горных пород и ее причины
12. Использование ядерно-физических свойств в геофизике и геохронологии
13. Теплопроводность горных пород
14. Состав, строение и типы земной коры
15. Источники информации о составе и строении верхней мантии
16. Тепловой поток и геотермический градиент в земной коре
17. Проблемы образования и эволюции Земли
18. Сравнение петрофизических свойств кислых и основных интрузивных пород
19. Сравнение петрофизических свойств эффузивных и интрузивных пород
20. Влияние палеотипных изменений на физические свойства эффузивных пород
21. Влияние катагенеза на физические свойства осадочных пород
22. Петрофизические особенности глинистых пород
23. Петрофизические особенности карбонатных пород
24. Петрофизические особенности рудных метасоматитов
25. Анизотропия физических свойств в метаморфических горных породах

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов). Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Предмет, объекты и связи дисциплины с другими науками. Основные цели и задачи курса.

1. Основные цели и задачи петрофизики
2. Группы петрофизических свойств
3. Методика изучения и использования различных петрофизических параметров.

Раздел 2. Гравитационное поле Земли и плотность горных пород.

1. Методы измерения плотности.
2. Плотность породообразующих и акцессорных минералов.
3. Плотность изверженных, осадочных и метаморфических пород.
4. Понятие пористости, её виды и методы измерения.
5. Гравитационное поле Земли, аномалии силы тяжести, изостазия.

Раздел 3. Сейсмическая модель Земли и упругие свойства горных пород.

1. Скорости распространения упругих волн - продольных и поперечных.
2. Упругие свойства изверженных, осадочных и метаморфических пород.
3. Влияние температуры и давления на упругие свойства горных пород.
4. Прочностные свойства минералов и горных пород.
5. Система геомеханических рейтингов.

Раздел 4. Магнитные поля и свойства горных пород.

1. Магнитная восприимчивость и намагниченность.
2. Магнитные свойства породообразующих и главных рудных минералов,
3. Магнитные свойства горных пород.
4. Естественная остаточная намагниченность и ее виды
5. Палеомагнетизм и его использование в геологии и геофизике.

Раздел 5. Электрические свойства и аномалии электромагнитного поля.

1. Удельное электрическое сопротивление, электропроводимость, диэлектрическая проницаемость.
2. Электрические свойства минералов, зависимость их от химизма, анизотропии, температуры.
3. Удельное электросопротивление горных пород.
4. Зависимость электрических свойств горных пород от температуры и давления.

Раздел 6. Ядерно-физические (радиоактивные) свойства.

1. Основные радиоактивные изотопы и их распространенность.
2. Главные минералы урана и тория, радиоактивные элементы в минералах.
3. Радиоактивность изверженных, осадочных и метаморфических пород.
4. Использование ядерно-физических свойств в геофизике и геохронологии.

Раздел 7. Петрофизика и строение тектоносферы. Тепловые свойства и энергетика Земли.

1. Схема внутреннего строения Земли, тектоносфера.
2. Состав, строение и типы земной коры, ее основные структурные элементы.
3. Источники информации о составе и строении верхней мантии.
4. Тепловой поток и геотермический градиент, их особенности в различных геоструктурах.
5. Проблемы энергетика Земли, ее образования и эволюции.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):

1. Что является объектом изучения петрофизики?
2. Какие главные факторы влияют на физические свойства горных пород?
3. Какие основные методы применяются при петрофизических исследованиях?
4. Какие существуют виды пористости горных пород, и чем они отличаются друг от друга?
5. От чего зависит плотность минералов?
6. Как влияют на плотность и пористость горных пород различные виды метаморфизма?
7. Что такое декремент объема и как он вычисляется?
8. Как связаны пористость и проницаемость пород с рудным метасоматозом?
9. В чем заключается явление изостазии?
10. Каковы особенности распространения упругих волн в разных средах?
11. Что такое модуль Юнга и модуль сдвига?
12. Для каких минералов характерны минимальные скорости волн и модули упругости?
13. Как влияет повышение давления на скорость распространения продольных волн в интрузивных породах?
14. Как меняются модули упругости интрузивных пород с ростом температуры, и какие факторы на это влияют?
15. Как влияет на упругие свойства трещиноватость горных пород?
16. Что такое сейсмическая анизотропия? В каких горных породах она проявляется и почему?
17. Как меняются упругие свойства пород при повышении температуры?
18. Что такое напряженность магнитного поля Земли?
19. Что такое остаточная намагниченность?
20. Чем отличаются магнитные и немагнитные серии горных пород, и почему?
21. В каких породах наблюдается анизотропия магнитных свойств?
22. Какие виды естественной остаточной намагниченности существуют?
23. Что подразумевается под понятием «палеомагнетизм»?
24. Что такое диэлектрическая проницаемость горных пород?
25. В чем выражается пьезоэффект в минералах и как он измеряется?
26. На какие группы по способу проводимости делятся минералы?
27. Как связаны влажность и у.э.с. плотных высокоомных горных пород?
28. Что такое параметр пористости в малоглинистых влагонасыщенных породах?
29. Какие породы относятся к малоглинистым влагонасыщенным?
30. Приведите примеры собственных минералов урана и тория.
31. В каких распространенных акцессорных минералах могут присутствовать примеси урана и тория?
32. Как меняется радиоактивность от ультраосновных к кислым магматическим породам и с чем это связано?
33. Какие процессы при формировании магматических горных пород влияют на их радиоактивность?
34. С каким радиоактивным изотопом связана повышенная радиоактивность эвапоритов?
35. Как определяется плотность теплового потока в геологических исследованиях?
36. Какие зоны выделяются в пределах Земли по упругим свойствам?
37. Как изменяется скорость поперечных и продольных волн от поверхности Земли к внутренним зонам?
38. В каких пределах меняется величина теплового потока в разных точках земной коры и с чем связаны ее колебания?
39. Что такое геотермический градиент, каково его среднее значение и пределы колебаний?
40. Какими методами измеряют температуры на большой глубине (нижняя часть земной коры, мантия)?

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант №1

№	Вопрос	Варианты ответов
1.	Основные группы физических свойств, изучаемых петрофизикой:	1. плотностные, упругие, магнитные, электрические; 2. плотностные, упругие, магнитные, оптические; 3. плотностные, магнитные, электрические, радиоактивные; 4. упругие, магнитные, радиоактивные, люминесцентные
2.	Раздел Мохоровичича - граница:	1. мантии и ядра; 2. земной коры и ядра; 3. верхней и нижней мантии; 4. гранитно-гнейсового и "базальтового" слоя
3.	Минимальный геотермический градиент характерен для:	1. герцинских складчатых областей; 2. платформ; 3. зон автономной активизации; 4. областей новейшего вулканизма.
4.	Величина геотермического градиента (°C) варьирует в пределах:	1. 3-15; 2. – 6-20; 3. – 3-50; 4. – 5-43.
5.	Основные минералы хондритов:	1. оливин, энстатит, кварц 2. оливин, энстатит, авгит, уралит 3. оливин, энстатит, авгит, диопсид 4. оливин, энстатит, авгит, плагиоклаз
6.	Средним значением плотности верхней мантии считается:	1. 3,0 г/см ³ 2. 3,4 г/см ³ 3. 3,9 г/см ³ 4. 4,4 г/см ³
7.	Средний тепловой поток в океанах:	1. $4,6 \times 10^{-6}$ кал/см сек. 2. $3,6 \times 10^{-6}$ кал/см сек. 3. $2,6 \times 10^{-6}$ кал/см сек. 4. $1,6 \times 10^{-6}$ кал/см сек.
8.	Мантийные ксенолиты по составу:	1. граниты и кимберлиты 2. гипербазиты 3. амфиболиты и габбро 4. габбро и дуниты
9.	Обычная величина температурного градиента на щитах:	1. 10°C/км 2. 18°C/км 3. 25°C/км 4. 30°C/км
10.	По происхождению различают поры:	1. вторичные и структурные; 2. структурные и комбинированные; 3. первичные и структурные; 4. первичные и псевдвторичные
11.	Среди постмагматических изменений наиболее влияет на плотность:	1. альбитизация 2. серицитизация 3. серпентинизация 4. цеолитизация

12.	Изменяется ли пористость в ряду пород близкого химического состав – известняки – мраморизованные известняки - мраморы:	1. не изменяется 2. сначала уменьшается, затем увеличивается 3. увеличивается 4. сначала увеличивается, затем уменьшается
13.	Плотность главных фемических минералов меняется в пределах (г/см ³):	1. 2,5-3,5 2. 3-4,5 3. 4-5 4. 4-6
14.	Пористость от кислых к ультраосновным породам:	1. не меняется 2. меняется незакономерно 3. увеличивается 4. увеличивается скачкообразно
15.	Увеличение трещиноватости приводит:	1. увеличению скоростей V_p и V_s во всех породах 2. уменьшению скоростей V_p и V_s во всех породах 3. уменьшению скоростей V_p и V_s только в осадочных породах 4. уменьшению скоростей V_p и V_s только в метаморфитах
16.	Основная масса силикатных минералов относятся к:	1. диамагнетикам; 2. парамагнетикам; 3. ферромагнетикам; 4. ферримагнетикам
17.	Диэлектрическая проницаемость минералов меняется в пределах:	1. 3 – 50; 2. 3 – 100; 3. 3 – 180; 4. 3 – 250
18.	Преобладающий механизм электропроводности в плотных высокоомных породах:	1. ионный 2. электронный 3. комбинированный 4. молекулярный
19.	Большинство оксидов относятся к:	1. диэлектрикам; 2. полупроводникам; 3. диэлектрикам и полупроводникам; 4. диэлектрикам и проводникам
20.	Удельное электрическое сопротивление минералов при увеличении температуры:	1. увеличивается 2. значительно (на порядки) уменьшается 3. не изменяется 4. незначительно увеличивается

Вариант №2

№	Вопрос	Варианты ответов
1	Петрографический состав верхней мантии варьирует от:	1. гранитов до эглогитов; 2. базальтов до амфиболитов; 3. дунитов до троктолитов; 4. габбро до гранулитов.
2	Максимальный геотермический градиент характерен для:	1. срединных массивов; 2. зон автономной активизации; 3. областей древнего вулканизма; 4. областей кайнозойской складчатости

3	О распределении t° по глубине судят по данным:	<ol style="list-style-type: none"> 1. геотермических наблюдений, t° излившихся лав, данным электропроводности; 2. геотермических наблюдений, термодинамическим диаграммам состояния; 3. геотермических наблюдений, t° излившихся лав, данным электропроводности и магнитной восприимчивости; 4. t° излившихся лав, радиометрическим данным и величине теплового потока.
4	Поверхность Конрада разделяет:	<ol style="list-style-type: none"> 1. ядро и нижнюю мантию; 2. осадочный и “гранитный” слой; 3. внутреннее и внешнее ядро; 4. верхнюю и нижнюю мантию.
5	В области температур и давлений мантии устойчивы следующие минералы:	<ol style="list-style-type: none"> 1. оливин, пироксен, плагиоклаз, шпинель, алмаз, кианит, коэсит 2. оливин, пироксен, пироп-альмандин, кварц, алмаз, кианит, коэсит 3. оливин, пироксен, пироп-альмандин, шпинель, алмаз, кианит, кварц 4. оливин, пироксен, пироп-альмандин, флогопит, алмаз, кианит, коэсит
6	Термодинамические условия границы М под океанической корой:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $T - 100^\circ\text{C}$ и $P \approx 2000$ атм 2. $T - 300^\circ\text{C}$ и $P \approx 2000$ атм 3. $T - 600^\circ\text{C}$ и $P \approx 2000$ атм 4. $T - 400^\circ\text{C}$ и $P \approx 6000$ атм
7	Граница М под океанической и континентальной корой имеет:	<ol style="list-style-type: none"> 1. одинаковый характер 2. количественно различный характер 3. качественно различный характер 4. близкий характер
8	Земную кору и верхнюю мантию называют:	<ol style="list-style-type: none"> 1. астеносферой 2. литосферой 3. стратосферой 4. ноосферой
9	Величина температурного градиента в областях новейшего вулканизма:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $50-150^\circ\text{C}/\text{км}$ 2. $50-200^\circ\text{C}/\text{км}$ 3. $50-250^\circ\text{C}/\text{км}$ 4. $50-350^\circ\text{C}/\text{км}$
10	По размерам поры подразделяются на:	<ol style="list-style-type: none"> 1. мелкие, капиллярные, сверхкапиллярные; 2. мелкие, капиллярные, субкапиллярные; 3. крупные, мелкие, субкапиллярные; 4. сверхкапиллярные, капиллярные, мелкие
11	Влияние структуры на плотность более значимо и чаще проявляется в вулканиках состава:	<ol style="list-style-type: none"> 1. ультраосновного 2. основного 3. среднего 4. кислого
12	Большинство минералов осадочных пород имеет плотность ниже	<ol style="list-style-type: none"> 1. $1,8 \text{ г}/\text{см}^3$ 2. $2,0 \text{ г}/\text{см}^3$ 3. $2,3 \text{ г}/\text{см}^3$ 4. $2,7 \text{ г}/\text{см}^3$
13	Скорости V_p и V_s эффузивных и интрузивных аналогов могут отличаться на:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $1,5-2,5 \text{ км}/\text{сек}$ 2. $1,5-3,5 \text{ км}/\text{сек}$ 3. $1,5-4,0 \text{ км}/\text{сек}$

		4. 0,5–1,5 км/сек
14	Сейсмическая анизотропия характерна для вулканитов со структурой:	1. фонолитовой 2. гиалопилитовой 3. микропойкилитовой 4. порфировидной
15	Величина магнитной восприимчивости не зависит от напряжённости магнитного поля:	1. только у диамагнетиков; 2. только у парамагнетиков; 3. у диамагнетиков и парамагнетиков; 4. у парамагнетиков и ферромагнетиков.
16	Главнейшие ферромагнетики:	1. магнетит, титаномагнетит, ильменит; 2. магнетит, пирит, гётит; 3. магнетит, маггемит, ильменит; 4. магнетит, ильменит, титанит.
17	К малоглинистым породам относятся прежде всего:	1. песчано-глинистые породы; 2. граниты и песчаники; 3. вулканиты и туфы; 4. известняки и вулканиты.
18	Удельное электросопротивление минералов меняется в пределах (ом · м):	1. $10^6 - 10^{-2}$ 2. $10^{-6} - 1$; 3. $10^{-2} - 10^5$; 4. $10^{-6} - 10^{15}$.
19	Адсорбированные радиоактивные элементы вносят весьма заметный вклад в радиоактивность:	1. глинистых пород 2. эвапоритов 3. мраморов 4. гранитов
20	Наиболее широки вариации радиоактивности в:	1. кварцитах 2. мраморах 3. сланцах 4. амфиболитах

Вариант №3

№	Вопрос	Варианты ответов
1	“Базальтовый” слой правильнее назвать:	1. габбро-норитовым; 2. гранито-эклогитовым; 3. базальт-амфиболитовым; 4. базальт-коматиитовым.
2	На границе Мохоровичича происходит:	1. плавное увеличение V_p ; 2. плавное уменьшение V_s ; 3. градиентное увеличение V_p и V_s ; 4. скачкообразное уменьшение V_p и V_s
3	В пределах земной коры выделяются слои:	1. осадочный и “гранитный”; 2. осадочный и “базальтовый”; 3. осадочный, “базальтовый и гранулитовый”; 4. осадочный, “базальтовый”, эклогитовый.
4	Величина теплового потока от древних к молодым областям:	1. не меняется; 2. уменьшается; 3. увеличивается; 4. меняется незначительно и чаще закономерно.
5	В тектоносфере действует давление с градиентом:	1. 200-300 атм/км 2. 250-550 атм/км 3. 150-350 атм/км 4. 250-350 атм/км

6	Основная причина, непрерывно порождающая тепло в недрах Земли:	<ol style="list-style-type: none"> 1. тепло радиоактивного распада 2. остаточное тепло, сохранившееся со времен формирования Земли 3. тепло полиморфных, фазовых переходов в недрах Земли 4. тепло химических реакций, действующих в недрах Земли
7	Средний тепловой поток на континентах составляет	<ol style="list-style-type: none"> 1. $1,2 \times 10^{-6}$ кал/см сек. 2. $2,2 \times 10^{-6}$ кал/см сек. 3. $3,2 \times 10^{-6}$ кал/см сек. 4. $4,2 \times 10^{-6}$ кал/см сек.
8	Величина температурного градиента в областях кайнозойской складчатости:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 33–50°C/км 2. 13–30°C/км 3. 23–50°C/км 4. 23–70°C/км
9	Уменьшение плотности интрузивных пород отвечает увеличению в них содержания:	<ol style="list-style-type: none"> 1. TiO₂ 2. K₂O 3. Na₂O 4. CaO
10	Изменяется ли плотность в ряду пород близкого химического состава – глины-глинистые сланцы-роговики:	<ol style="list-style-type: none"> 1 не изменяется 2. уменьшается 3. увеличивается 4. сначала увеличивается, затем уменьшается
11	Минимальные вариации плотности характерны для:	<ol style="list-style-type: none"> 1. песчаников 2. карбонатных пород 3. туфов 4. эвапоритов
12	Коэффициент Пуассона максимален в:	<ol style="list-style-type: none"> 1. известняках 2. гипсах 3. туфах основных вулканитов 4. туфах кислых вулканитов
13	Отметьте ряд пород с закономерно увеличивающимися V _p и V _s :	<ol style="list-style-type: none"> 1. базальт, габбро, эклогит 2. базальт, диорит, импактит 3. диорит, дацит, андезит 4. андезит, роговик, мрамор
14	Плотность горной породы является функцией:	<ol style="list-style-type: none"> 1. минеральной плотности и пористости; 2. минеральной плотности и текстуры породы; 3. химического состава и структуры пород; 4. химического состава и текстуры пород.
15	Процесс магнитного “старения” в древних и молодых породах:	<ol style="list-style-type: none"> 1. одинаков; 2. одинаков в эффузивных, различен в интрузивных породах; 3. более интенсивен в древних породах; 4. одинаков в интрузивных, различен в эффузивных породах
16	Основная масса силикатов относится к:	<ol style="list-style-type: none"> 1. диэлектрикам; 2. полупроводникам; 3. проводникам; 4. диэлектрикам и проводникам
17	К плотным высокоомным породам относятся:	<ol style="list-style-type: none"> 1. только магматические породы; 2. только метаморфические породы; 3. только осадочные породы;

		4. магматические и метаморфические породы.
18	Наибольшие вариации магнитной восприимчивости среди метаморфических пород у:	1. роговиков; 2. кристаллических сланцев; 3. метасоматитов; 4. гнейсов
19	Величина естественной радиоактивности увеличивается:	1. от кислых к ультраосновным породам; 2. от ультраосновных к кислым породам; 3. от кислых к средним, а далее к ультраосновным уменьшается; 4. от нефелиновых сиенитов к гипербазитам
20	Увеличению естественной радиоактивности в магматитах способствуют процессы:	1. ликвации 2. гибридизма 3. эманационной дифференциации 4. гравитационной дифференциации

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Петрофизика. Справочник. В трех книгах. Книга первая. Горные породы и полезные ископаемые / ред. Дортман Н.В. – Москва: Недра, 1992. – 391 с. — Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/2704>
2. Петрофизика. Справочник. В трех книгах. Книга вторая. Техника и методика исследований. – Москва: Недра, 1992 г., 256 с. / ред. Дортман Н.В. — Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/2702>
3. Петрофизика. Справочник. В трех книгах. Книга третья. Земная кора и мантия. – Москва: Недра, 1992 г., 286 стр. / ред. Дортман Н.В. — Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/2703>
4. Кобранова В.Н. Петрофизика. – Москва: Недра, 1986. – Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/2358>
5. Joshi R.M., Singh K.H. Petro-physics and Rock Physics of Carbonate Reservoirs. – Springer, 2020. 290 p. — Режим доступа: <https://www.geokniga.org/books/21973>
6. Магнетизм и условия образования изверженных горных пород. – Москва: Наука, 1975.
7. Определение петрофизических характеристик по образцам. – Москва: Недра, 1977.
8. Палеомагнетизм и магнетизм горных пород. – Москва: ГЕОС. 2006.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Соловьев Г.А. Петрофизическая характеристика эндогенных месторождений. – Москва: Недра, 1984.
2. Старостин В.И., Макеева И.Т. Петрофизические исследования на месторождениях полезных ископаемых. Итоги науки и техники. Серия Рудные месторождения. Т.22. Москва: ВИНТИ, 1990.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Петрофизика. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине [Электронный ресурс] / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: Д.А. Петров. СПб, 2018. 8 с.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
<https://e.lanbook.com/books>.
9. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/.
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>

13. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
 14. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
 15. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»».
<http://rucont.ru/>
 16. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

Аудитории для проведения лекционных занятий

- доска белая Magnetoplan CC магнитно-маркерная с эмалевым покрытием (2000x1000)-1 шт.
- источник бесперебойного питания APC by Schneider Smart-UPS 1500VA-1 шт.
- книжный шкаф-5 шт.
- коллекционный шкаф-2 шт.
- компьютерное кресло 7875 A2S оранжевое-1 шт.
- огнетушитель ОУ-3-ВСЕ-1 шт.
- переносная настольная трибуна-1 шт.
- стол Canvaro ASSMANN Тип 1-7 шт.
- стол Canvaro ASSMANN Тип 3-5 шт.
- стул 7874 A2S оранжевый-28 шт.
- стул 7874 A2S Тип 1 оранжевый-6 шт.
- тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Viteco ASSMANN-2 шт.
- шкаф-9 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы

доска интерактивная мобил.Digital Board 6827.306 A2S-1 шт., жалюзи-5 шт., жалюзи горизонтальные-1 шт., коллекционный шкаф-6 шт., кресло „Imperia„-32 шт., микроскоп поляризационный Leica DM750P с интегрированной цифровой камерой-6 шт., микроскоп поляризационный Leica DM750P для работы в проходящем свете-14 шт., микроскоп поляризационный Leica DM750P для работы в проходящем свете с препаратом-13 шт., огнетушитель ОУ-3-ВСЕ-1 шт., стол SS -12-3 шт., стол 120*80*72-1 шт., стол 120x73-1 шт., стол 120x80x72-4 шт., стол для микроскопа-27 шт., стол для пректора-1 шт., стол компьютерный-2 шт., тумба (КФО 2)-8 шт., устройство для обработки данных и микрофотографий-3 шт., шкаф-1 шт.

8.3. Лицензионное программное обеспечение

ENVI 4.5 for Win (система обработки данных)

Geographic Calculator

Lab VIEW Professional (лицензия)

MapEdit Professional

Microsoft Office Standard 2019 Russian

Microsoft Windows 10 Professional

Statistika for Windows v.6 Russian (лицензия)

Surfer 9.1 Win CD

Vertikal Mapper 3.5

ГИС MAP Info Pro 2019

ГИС Mapinfo Professional

ГИС Mapinfo Professional (академическая версия)

ПО тематической обработки изображений ScanEx Image Processor 5.3

Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными для г. Кириши, каменногорск, Пикалево, Ковдор, Челябинск, Кемерово, Норильск)

Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными по г. Апатиты и Мончегорск)

Право на использование Дополнительного расчетного программного блока "НОРМА"
Право на использование дополнительного расчетного программного блока "Риски"
Право на использование программного модуля к УПРЗА "Эколог" 4.0 "Риски" замена с вер. 3.0 под локальный ключ 16542
Право на использование программы "2-ТП (Водхоз) (вер. 3.1) сетевой ключ 175
Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 175
Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 77
Право на использование программы "Полигоны ТБО" (вер.1.0)
Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер. 1.6) сетевой ключ 175
Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер.1.5)
Право на использование программы "РВУ - Эколог" (вер.4.0)
Право на использование программы "РНВ - Эколог" (вер.4.0)
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 175
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 77
Право на использование программы "Эколог-Шум" вариант "Стандарт" (вер. 2.1) с Каталогом шумовых характеристик
Право на использование программы 2-ТП (Воздух) (вер. 4) с базовым модулем "Экомастер" сетевой ключ 175
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 4.2) с базовым модулем "Экомастер" сетевой ключ 175
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 5.0) сетевой ключ 175
Право на использование программы АТП "Эколог" 3.10 под сетевой ключ 175 (на 40 рабочих мест)
Право на использование программы РНВ-Эколог (4.2) сетевой ключ 175
Право на использование программы УПРАЗА "Эколог" 4.0 + ГИС - Стандарт
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" 4.50 (Газ+Застройка и высота) под локальный ключ 16541
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" вариант "Газ" с учетом влияния застройки
Программа для ЭВМ "ArcGIS Desktop"
Программа для ЭВМ "MapInfo Pro 2019"
Программа для ЭВМ "Серия - Эколог"
Программа для ЭВМ Statistica Ultimate Academic 13 for Windows Ru (500 пользователей)
Система T-FLEX DOCs Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ вынужденных колебаний 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ усталостной прочности 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ устойчивости 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Базовый + Статистический анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Частотный анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Тепловой анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Динамика Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX CAD 3D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX Технология Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей
Система T-FLEX ЧПУ 2D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей