

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

**И.о. декана Геологического факультета
чл.-кор. РАН**

_____/И.Н. Еремин/

« ____ » _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Петрография мерзлых пород»

Авторы-составители:

Комаров Илья Аркадьевич
Чувилин Евгений Михайлович

**Уровень высшего образования:
Бакалавриат**

**Направление
подготовки: 05.03.01**

Геология

**Направленность (профиль) ОПОП:
Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (программа бакалавриата, реализуемая последовательно по схеме интегрированной подготовки)

Год (годы) приема на обучение – 2022.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цели и задачи дисциплины

Цель - приобретение студентами знаний о природе и закономерностях формирования состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов.

Задачи:

- формирование представления о мерзлых породах как о многофазных, многокомпонентных системах, в которых развиваются сложные тепломассообменные, физико-химические и механические процессы.
- получение представлений о факторах и условиях формирования и преобразования состава, строения и свойств пород при промерзании и оттаивании.
- получение представлений об основных закономерностях формирования состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – IV , семестр 7

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: освоение дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Химия общая», «Общая геология», «Гидрогеология», «Инженерная геология», «Гидрогеодинамика». Дисциплина необходима в качестве предшествующей для дисциплин «Инженерная геокриология», «Криология планет Солнечной системы», а также для выполнения научно-исследовательской работы и подготовки выпускных работ.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

СПК-1.Б Способность оценивать гидрогеологические, инженерно-геологические и геокриологические условия территорий для различных видов хозяйственной деятельности (формируются частично).

СПК-2.Б Способность проводить моделирование изучаемых гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических процессов (формируются частично).

СПК-3.Б Способность выполнять прогноз развития различных гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических процессов (формируются частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

В результате освоения дисциплины , обучающийся должен:

знать: компонентный и фазовый состав мерзлых пород, факторы и условия формирования и преобразования состава, строения и свойств пород при промерзании и оттаивании, тепломассообменные и структурообразовательные процессы, протекающие в промерзающих, мерзлых и оттаивающих породах, закономерности формирования состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов.

уметь: проводить петрографические исследования мерзлых пород и льдов, оценивать роль процессов протекающих в породах при промерзании и оттаивании и мерзлом состоянии на изменении их состава, строения и свойств.

владеть: методами изучения микростроения мерзлых пород и структуры льда, методами лабораторного исследования фазового состава влаги в мерзлых породах, методами расчета на основе физического моделирования параметров массопереноса, параметров пучения, определение характеристик процессов криогенного структуро- и текстурообразования в промерзающих и мерзлых породах.

4. Формат обучения – лекционные занятия и лабораторные работы

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **3 з.е.**, в том числе **70** академических часов, отведенных на контактную работу с преподавателем (**39 часов** – занятия лекционного

типа, **31 часов** – проведение лабораторных работ), **38 академических часа** на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Освоение дисциплины направлено на приобретение знаний о компонентном и фазовом составе мерзлых пород, о факторах и условиях формирования и преобразования состава, строения и свойств пород при промерзании, оттаивании и в мерзлом состоянии, о теплообменных и структурообразовательных процессах, протекающих в промерзающих, мерзлых и оттаивающих породах, об особенностях промерзания, льдообразования, криогенного структурообразования в дисперсных породах, о закономерностях формирования состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов. Освоение этой дисциплины позволяет получить знания о природе и закономерностях формирования состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов.

На практических занятиях студенты знакомятся с экспериментальными и расчетными методами: физического моделирования тепло-массообменных, структурообразовательных процессов в промерзающих и мерзлых породах; изучения температурных деформаций и фазового состава влаги в мерзлых породах; обработки результатов экспериментов.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	ВСЕГО	
Введение		1		1	
Раздел I. Компонентный и фазовый состав мерзлых пород.		6	5	11	Прием результатов лабораторных работ, 6 часов.
Раздел II. Взаимодействие фаз и компонент в мерзлых породах .		8		8	
Раздел III. Тепломассоперенос и структурообразование в промерзающих и мерзлых породах.		8	9	17	Прием результатов лабораторных работ, 6 часов. Написание реферата, 4 часа
Раздел IV. Криогенное макро- и микростроение мерзлых пород.		6	9	15	Прием результатов лабораторных работ, 6 часов..

Раздел V. Свойства мерзлых пород .		10	8	18	Подготовка к контрольному опросу, 10 часов
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>					8
ИТОГО:	108		70		38

Содержание разделов дисциплины:

Введение

Предмет изучения, основные задачи, структура и содержание курса. История петрографических и физико-химических исследований мерзлых пород. Связь курса с другими дисциплинами.

Раздел I. Компонентный и фазовый состав мерзлых пород.

I.1. Компонентный состав мерзлых пород

Состав органоминерального скелета мерзлых пород.

Ледяная компонента мерзлых пород. Структура и модификации водного льда на планетах и их спутниках. Метаморфизм льда.

Современные представления о структуре и свойствах свободной и связанной воды. Выделенные категории и энергия связи связанной (незамерзшей) воды в породах. Растворенные соли в поровых растворах. Органическая и биологическая компонента поровых растворов

Газовая и газогидратная компонента мерзлых пород.

I.2. Фазовые и химическое равновесие компонентов мерзлых пород

Способы описания фазового и химического равновесия поровых растворов. Закономерности изменения температуры начала замерзания и содержания незамерзшей воды в мерзлых породах от термобарических условий, гранулометрического и химико-минерального состава, плотности, концентрации растворенных солей и органических и биологических примесей

Способы описания фазового и химического равновесия поровых газов и газогидратов в породах.

Влияние на механизм, кинетику и термодинамическое описание процессов фазовых переходов H₂O гравитации, повышенного или пониженного (вакуум) по сравнению с земными условиями давления среды. Криолитогенез водного, метанового и углекислотного типа на планетах солнечной системы.

Раздел II. Взаимодействие фаз и компонент в мерзлых породах.

II.1. Фазовые переходы вода - лед в горных породах

Фазовые переходы вода - лед в поровом пространстве горных пород
Геометрия поверхностей раздела поровая вода – поровый лед. Сложности универсального описания фазового равновесия в породах различного состава, строения и свойств. Закрытая и открытая система. Плоская (пленочная) и капиллярная модель представления пород.

Уравнение Клапейрона –Клаузиуса и Кельвина-Томсона, их границы применимости. Влияние давления и учет механических взаимодействий со скелетом пород. Сублимация и аблимация (десублимация) влаги в мерзлых породах.

Неоднозначность зависимости содержания незамерзшей воды от направления хода изменения температуры и темпа промерзания пород. Кинетика процессов промерзания пород. Влияние структурообразовательных процессов на величину температуры начала замерзания и содержания незамерзшей воды. Методы расчетного нахождения этих параметров в незасоленных и заторфованных породах, породах. Методы прогноза этих параметров в нормативных документах.

II. 2. Фазовые и химические превращения в морозных, набухающих, засоленных и охлажденных породах.

Фазовое и адсорбционное равновесие влаги в морозных породах. Специфика фазового и адсорбционного равновесия влаги в набухающих породах.

Морской и континентальный тип засоления. Криогенное концентрирование и криогенный метаморфизм морской воды, поровых растворов засоленных пород и криопэггов. Обзор основных термодинамических моделей и расчетных соотношений для прогноза величины температуры замерзания и фазового состава, плотности, рН, осмотического коэффициента, ионной силы, химического потенциала и других параметров. Методы прогноза параметров в нормативных документах.

II. 3. Процессы разложения и образования газогидратов в горных породах

Структура газогидратов. Механизм их образования. Фазовая диаграмма состояния газогидратов. Кинетика и тепловые эффекты процессов разложения и образования газогидратов в горных породах.

Раздел III. Теплоперенос и структурообразование в промерзающих (оттаивающих) и мерзлых породах.

III.1. Структурообразование при промерзании пород как процесс взаимодействия температурных и влажностных полей, полей напряжений и деформаций.

Механизмы переноса тепла и массы в породах. Промерзание по типу “закрытой или открытой системы”. Природа и механизмы миграции влаги к фронту промерзания. Характер и интенсивность льдовыделения в процессе промерзания пород. Ритмика образования ледяных прослоев.

Миграция влаги, льдовыделение и структурно-текстурные преобразования в мерзлых породах под действием градиента температур. Перенос влаги и структурно-текстурные преобразования в мерзлых породах под действием градиента парциального давления водяных паров. Миграция влаги, льдовыделение и структурно-текстурные преобразования в мерзлых породах под действием внешнего давления.

Физико-механические условия формирования криотекстур. Условия зарождения горизонтальных и вертикальных прослоев льда.

III.2. Процессы пучения, осадки и морозобойного растрескивания пород

Процессы пучения и осадки, набухания и усадки пород при промерзании-оттаивании пород. Коагуляция, агрегация и диспергация частиц пород.

Механизмы процесса морозного пучения грунтов. Закономерности процессов пучения и осадки пород от состава, строения и свойств пород. Обзор основных моделей прогноза процесса тепло-влажноперевода и льдовыделения в промерзающих породах. ..

Особенности миграции влаги, льдовыделения, структурно-текстурных преобразований в оттаивающих породах. Структурообразовательные процессы в циклически промерзающих и протаивающих породах.

Механизм и формы проявления процесса морозобойного растрескивания мерзлых пород. Геометрия полигональных сетей.

III.3. Криогенный метаморфизм засоленных пород

Криогенный метаморфизм засоленных пород при изменении термобарических условий. Процессы в мерзлых породах, взаимодействующих с растворами солей.

Специфика прогноза процесса при малых и больших концентрациях порового раствора в породах с морским и континентальным типом засоления. Прогноз процесса криогенного метаморфизма в криопэггах, морской воде и морском льду .

Особенности миграции ионов химических элементов в мерзлых породах. Процессы переноса солей, органических и биологических примесей, радионуклидов, в промерзающих породах при различных термобарических условиях.

Раздел IV. Криогенное макро- и микростроение мерзлых пород.

IV.1. Макро - микростроение мерзлых пород.

Закономерности формирования макро - микростроения мерзлых пород. Классификации криогенных текстур по морфологическим признакам и по условиям образования. Микростроение мерзлых пород различного состава и генезиса.

IV.2 Структурно-текстурные особенности мерзлых пород и порового льда.

Структурно-текстурные особенности сезонно- и многолетнемерзлых пород. Структурно-текстурные особенности внутригрунтового льда.

Раздел V. Свойства мерзлых пород.

V.1. Методы экспериментального определения свойств.

Методы экспериментального определения свойств пород. Лабораторный, полунатурный, натурный и численный эксперимент. Масштабный эффект. Основные представления теории подобия при изучении свойств пород и мерзлотных процессов.

Обзор современных методов экспериментального определения свойств пород в полевых и лабораторных условиях. Требования к аппаратуре. Ошибки измерений.

Методы изучения состава и свойств пород планет с помощью измерительной аппаратуры орбитальных космических аппаратов и спускаемых модулей (нейтроно - и гаммаскопия, рентгеноскопия, теплоэмиссионная спектроскопия, масса-спектроскопия, , альфа- и мессбауэровская спектроскопия , радиолокационное зондирование др.).

V.2. Водно-физические характеристики мерзлых пород

Водно-физические характеристики мерзлых пород. Пучинистость, размываемость и морозостойкость, как аналог свойств мерзлых пород. Классификации пород по степени пучиноопасности и морозостойкости.

V.3. Теплофизические свойства мерзлых пород..

Теплофизические свойства мерзлых пород и их нахождение. Закономерности изменения теплофизических характеристик мерзлых пород, снега и льда от термобарических условий, гранулометрического и химико-минерального состава пород, влажности и плотности, концентрации и типа растворенных солей, органических примесей, газовых включений, типа криотекстуры. Расчетные методы оценки величины теплофизических характеристик незасоленных, засоленных и охлажденных пород, торфа и заторфованных пород, крупнообломочных пород с мелкодисперсным наполнителем, предлагаемые в литературных источниках и нормативных документах.

V.4. Массообменные свойства мерзлых пород.

Формирование массообменных свойств мерзлых пород. Изменчивость влагопроводных свойств мерзлых пород от термобарических условий, минералогического и гранулометрического состава, влажности и плотности.

Природа, механизм и количественная оценка интенсивности миграции (коэффициентов диффузии) ионов легкорастворимых солей, тяжелых элементов, радионуклидов, органических и биологических примесей в мерзлых породах.

V.5. Прочностные и деформационные свойства мерзлых пород.

Методы изучения прочностных и деформационных свойств. Деформационные и прочностные свойства мерзлых пород. Упругий, вязкий и пластический тип деформирования пород.

Реологический характер деформирования. Температурные деформации

V.1. Электрические и акустические и оптические свойства мерзлых пород.

Геофизические методы опробования свойств пород. Электрические и акустические свойства мерзлых пород и их связь с составом и строением.

Оптические характеристики мерзлых пород, снежного покрова и льда. Корреляция результатов опробования характеристик пород различными методами.

1. Физическое моделирование тепло-массообменных, структурообразовательных процессов в промерзающих и мерзлых породах.
 - 1.1. Лабораторные установки и методики ведения экспериментов.
 - 1.2. Методики обработки результатов экспериментов (расчеты параметров температурного и влажностного полей, расчеты параметров массопереноса, расчеты параметров пучения, определение характеристик процессов криогенного структуро- и текстурообразования и др.).
2. Изучение фазового состава влаги в мерзлых породах различными методами (контактный, калориметрический, расчетный).
3. Изучение микростроения мерзлых пород и структуры льда.
4. Изучение температурных деформаций мерзлых пород.

Рекомендуемые образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Петрография мерзлых пород» используются различные образовательные технологии. Во время аудиторных занятий (70 часов) занятия проводятся в виде:

- лекций с использованием ПК и компьютерного проектора;
- лабораторных занятий в учебных лабораториях, оснащенных специальными приборами и вспомогательным оборудованием (холодильная камера, лабораторная измерительная аппаратура, холодильные шкафы, криотермостаты, экспериментальные установки по промораживанию горных пород, оптические микроскопы);
- практических занятий в аудиториях, оснащенных ПК.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных лабораторных работ и написанных рефератов.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы и задания.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля

Контрольные вопросы и задания:

1. Предмет петрографии мерзлых пород.
2. Специфические черты дисперсности пород криолитозоны.
3. Отличительные особенности химического и минерального состава мерзлых пород.
4. Специфика органического вещества в мерзлых породах.
5. Макро- и микроморфологические особенности льда в мерзлых породах.
6. Особенности формирования состава и строения внутригрунтового льда.
7. Основные физические свойства льда. Метаморфизм льда.
8. Классификация категорий воды в мерзлых породах. Фазовая диаграмма воды.
9. Физико-химические факторы, определяющие содержание незамерзшей воды в породах.
10. Методы определения температуры начала замерзания и незамерзшей воды.
11. Закономерности изменения фазового состава воды в мерзлых породах различного генезиса, состава и строения.
12. Состав и условия формирования газовых включений в мерзлых породах.
13. Газогидраты в мерзлых породах. Фазовая диаграмма для гидрата метана.
14. Фазовые переходы вода - лед в горных породах.

15. Сублимация и десублимация влаги в мерзлых породах.
16. Криогенное концентрирование и криогенный метаморфизм поровых растворов засоленных промерзающих породах.
17. Газогидратообразование в горных породах.
18. Процессы в мерзлых породах под действием градиента температур.
19. Процессы, обусловленные градиентом парциального давления водяных паров в мерзлых породах.
20. Процессы в мерзлых породах, вызванные действием других внешних сил.
21. Процессы в мерзлых породах, взаимодействующих с растворами солей.
22. Особенности переноса ионов химических элементов в мерзлых породах.
23. Основные механизмы миграции влаги и льдообразования в горных породах.
24. Деформации и напряжения в промерзающих (протаивающих) породах.
25. Пучение промерзающих пород.
26. Процессы массопереноса и льдовыделения в промерзающих породах различного состава и строения при различных термодинамических условиях.
27. Особенности миграции влаги и льдовыделения в оттаивающих породах.
28. Процессы в промерзающих неконсолидированных породах.
29. Структурообразовательные процессы в циклически промерзающих (протаивающих) породах.
30. Криогенное макро- и микростроение мерзлых пород.
31. Закономерности формирования макро- и микростроения мерзлых пород.
32. Классификации криогенных текстур по морфологическим признакам и по условиям образования.
33. Особенности микростроения мерзлых пород различного состава и генезиса.
34. Особенности криогенного строения сезонно- и многолетнемерзлых пород.
35. Структурно-текстурные особенности внутригрунтового льда.
36. Водно-физические свойства характеристики мерзлых пород.
37. Пучинистость и морозостойкость пород, как свойства.
38. Теплофизические свойства скальных, крупнообломочных и дисперсных мерзлых пород.
39. Массообменные свойства мерзлых пород.
40. Прочностные и деформационные свойства мерзлых пород
41. Реологические свойства мерзлых пород.
42. Электрические свойства мерзлых пород.
43. Акустические свойства мерзлых пород.

Примерные темы рефератов по разделам дисциплины

1. Состав и свойства органоминерального скелета мерзлых пород.
2. Лед как минерал и горная порода. Свойства льда
3. Современные представления о структуре и свойствах незамерзшей воды в мерзлых породах.
4. Засоленные породы и криопэги.
5. Мерзлые породы как многофазные и многокомпонентные термодинамические системы.
6. Современные представления о фазовых переходах в мерзлых породах
7. Криогенный метаморфизм поровых растворов мерзлых пород
8. Влагоперенос и льдовыделение в мерзлых породах.
9. Криогенное структурообразование в горных породах.
10. Процессы пучения и осадки промерзающих и оттаивающих породах.
11. Тепло- и влагопроводные свойства мерзлых пород.
12. Прочностные и деформационные свойства мерзлых пород. Реологические

параметры.

13. Электрические и акустические свойства мерзлых пород

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Специфические черты дисперсности пород криолитозоны.
2. Химико-минеральный состав мерзлых пород.
3. Аутигенное минералообразование в криолитозоне.
4. Отличительные особенности химического и минерального состава мерзлых пород.
5. Органическое вещество в мерзлых породах.
6. Лед в мерзлых породах.
7. Особенности формирования состава и строения внутригрунтового льда.
8. Незамерзшая вода в мерзлых породах.
9. Физико-химические факторы, определяющие содержание незамерзшей воды в породах.
10. Основные закономерности изменения содержания незамерзшей воды.
11. Фазовый состав воды в мерзлых породах различного генезиса, состава и строения.
12. Газ и газогидраты в мерзлых породах.
13. Фазовые переходы вода - лед в горных породах.
14. Сублимация и десублимация влаги в мерзлых породах.
15. Антигенное минералообразование в промерзающих породах.
16. Газогидратообразование в горных породах.
17. Метаморфизм льда.
18. Тепломассоперенос и структурообразование в мерзлых породах.
19. Процессы в мерзлых породах под действием градиента температур.
20. Процессы в мерзлых породах, вызванные действием внешних сил.
21. Криогенный метаморфизм засоленных пород
22. Особенности переноса ионов химических элементов в мерзлых породах.
23. Тепломассоперенос и структурообразование в промерзающих и оттаивающих породах.
24. Основные механизмы миграции влаги и льдообразования в горных породах.
25. Деформации и напряжения в промерзающих (протаивающих) породах.
26. Пучение промерзающих пород.
27. Процессы массопереноса и льдовыделения в промерзающих породах различного состава и строения при различных термодинамических условиях.
28. Особенности миграции влаги и льдовыделения в оттаивающих породах.
29. Процессы в промерзающих неконсолидированных породах.
30. Структурообразовательные процессы в циклически промерзающих (протаивающих) породах.
31. Криогенное макро- и микростроение мерзлых пород.
32. Закономерности формирования макро- и микростроения мерзлых пород.
33. Классификации криогенных текстур по морфологическим признакам и по условиям образования.
34. Особенности микростроения мерзлых пород различного состава и генезиса.
35. Особенности криогенного строения сезонно- и многолетнемерзлых пород.
36. Структурно-текстурные особенности внутригрунтового льда.
37. Физические свойства и водопрочностные характеристики мерзлых пород.
38. Пучинистость, морозостойкость пород.

39. Теплофизические свойства мерзлых пород (коэффициенты теплопроводности, теплоемкости, температуропроводности).
40. Теплопроводные свойства скальных и дисперсных пород.
41. Коэффициенты температурного деформирования.
42. Массообменные свойства мерзлых пород.
43. Влагопроводные свойства талых и мерзлых пород
44. Электрические и акустические свойства мерзлых пород.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: компонентного и фазового состава мерзлых пород, условий формирования и преобразования состава, строения и свойств пород при промерзании и оттаивании, динамики тепломассообменных и структурообразовательных процессов, протекающих в промерзающих, мерзлых и оттаивающих породах, закономерности формирования состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: проводить петрографические исследования мерзлых пород и льдов, оценивать роль процессов протекающих в породах при промерзании и оттаивании и мерзлом состоянии на изменении их состава, строения и свойств.	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение	Успешное умение
Владения: методами изучения микростроения мерзлых пород и структуры льда, методами лабораторного исследования фазового состава влаги в мерзлых породах, методами расчета на основе физического моделирования параметров массопереноса, параметров пучения, определение характеристик процессов криогенного структуро- и текстурообразования в промерзающих и мерзлых	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методиками, наличие отдельных навыков	Частично сформированные навыки использования методов изучения состава, строения и свойств мерзлых и промерзающих пород	Сформированные навыки использования методов изучения состава, строения и свойств мерзлых и промерзающих пород, а также структуро-

породах.				и текстурооб- разователь- ных процессов.
----------	--	--	--	--

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

Основы геокриологии. Ч.1. Физико-химические основы геокриологии. Под ред. Ершова, Э.Д. (авт. кол. Ершов Э.Д., Комаров И.А., Чувилин Е.М., Осипов В.И., Якушев В.С., Булдович С.Н., Лебеденко Ю.П., Чеверев В.Г. Брушков А.В., Роман Л.Т. и др.), М.: *Изд-во Московского Университета*, ISBN5-211-02464-8; 5-211-02637-3, 1995,368 с.

Основы геокриологии. Ч.2. Литогенетическая геокриология. Под ред. Ершова Э.Д. (авт. кол. Ершов Э.Д., Жесткова Т.Н., Чувилин Е.М., Комаров И.А., Чеверев В.Г., Роман Л.Т., Данилов И.Д., Дубиков Г.И., Брушков А.В и др.), *Изд-во Московского Университета Москва*, ISBN 5-211-03533-X, 1996,399 с.

Ершов Э. Д., Данилов И. Д., Чеверев В. Г. Петрография мерзлых пород. М.: Изд-во МГУ, 1987, 310 с.

- дополнительная литература

Комаров И.А. Термодинамика и теплообмен в дисперсных мерзлых породах. М.: Научный мир. 2003, 608 с.

Жесткова Т. Н., Заболотская М. И., Рогов В. В. Криогенное строение мерзлых пород. М.: Изд-во МГУ, 1980, 137 с.

б) дополнительная литература

Гречищев С.Е., Чистотинов Л.В., Шур Ю.Л. Основы моделирования криогенных физико-геологических процессов. М.: Наука, 1984, 230 с.

Микростроение мерзлых пород Под ред. Э. Д. Ершова. (авт. кол. . Ершов Э.Д., Лебеденко Ю.П., Чувилин Е.М., Язынин О.М., Рогов В.В.),М.: Изд-во МГУ, 1988, 180 с.

Лабораторные методы исследования мерзлых пород. Под ред. Э.Д. Ершова.(авт. кол. Ершов Э.Д., Шушерина Е.П., Кучуков Э.З., Акимов Ю.П., Брушков А.В.,Зыков Ю.Д., Жесткова Т.Н., Чеверев В.Г., Лебеденко Ю.П., Комаров И.А., Рогов В.В., Смирнова Н.Н., и др.), М.: Изд-во МГУ, 1985, 350 с.

Фазовый состав влаги в мерзлых породах . Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1979, 192 с.

Теплофизические свойства горных пород Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1984, 204 с.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения: пакеты программ Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint для работы в специализированной аудитории с ПК и компьютерным проектором,

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Д) Материально-технического обеспечение: - персональные компьютеры, (холодильные камеры и шкафы, лабораторная измерительная аппаратура, криотермостаты, экспериментальные установки по промораживанию горных пород, оптические микроскопы),

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Комаров И.А.

11. Авторы программы – Комаров И.А., Чувилин Е.М.