

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 ДИСЦИПЛИНЫ

«Криопетрография»

Автор-составитель: Чеверев В. Г.

Уровень высшего образования:
Магистратура ММ

Направление подготовки
05.04.01 «Геология»

Магистерская программа:
«Гидрогеология, инженерная геология, геокриология»

Форма обучения:
Очная

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

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», уровень магистратуры (ММ)

Год 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 курса «Криопетрография» - приобретение студентами знаний об особенностях состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов криолитозоны и методах их изучения.

Задачи:

- формирование представления о мерзлых породах как о многофазных, многокомпонентных, полидисперсных и гетеропористых системах, в которых развиваются взаимозависимые процессы теплообмена, массообмена, физико-химического взаимодействия, формирования структуры, текстуры, напряжений и деформаций;
- получение представлений о термобарических условиях формирования и преобразования состава, строения и свойств пород при промерзании и оттаивании и в мерзлом состоянии с учетом их генезиса и возраста, в особенности для эпигенетически и сингенетически промерзавших осадочных образованиях;
- освоение лабораторных методов определения фазового состава в порых породы, органоминерального и биологического и газового состава, криогенного строения, плотности, влажности, тепловых, массообменных, пучинистых, прочностных и деформационных свойств криогенных пород и льдов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, обязательная дисциплина, курс – 2, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: знания в части общекультурной и общенаучной подготовки – на уровне требований Образовательного стандарта МГУ, направление «Геология», уровень бакалавриат; знания в области геологии – в соответствии с требованиями вступительного экзамена в магистратуру (общие вопросы, вопросы профиля «Гидрогеология, инженерная геология, геокриология»).

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

3. Результаты обучения магистрантов дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

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

СПК-1.М Способность использовать современные научные представления о закономерностях формирования и протекания экзогенных геологических процессов в криолитозоне; способность применять современные методики для решения научных и прикладных задач геокриологии.

СПК-2.М Способность составлять прогноз изменения геокриологических условий в связи с естественной динамикой и техногенным преобразованием компонентов природного комплекса, с использованием данных мониторинга и современных вычислительных методов и программ, для разработки рекомендаций по рациональному освоению криолитозоны и решения поставленных задач в области инженерной и экологической геокриологии.

СПК-3.М Способность проводить геокриологическое изучение территорий; исследовать с применением современных методов, приборов и оборудования состав (включая газовую и биогенную составляющие), строение и свойства мерзлых грунтов.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: особенности компонентного и фазового состава мерзлых пород и льда, термобарические условия их формирования и преобразования при промерзании и

оттаивании и в мерзлом состоянии, влияние тепло- и массопереноса на криогенное формирование структуры и текстуры промерзающих, мерзлых и оттаивающих пород и их морозную пучинистость, а также механические свойства с учетом их генезиса и возраста.

Уметь: проводить криопетрографические исследования состава и строения мерзлых пород и льдов и определять их свойства.

Владеть: методами изучения микростроения мерзлых пород и структуры льда, методами лабораторного исследования фазового состава воды 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, лабораторные занятия, семинары, частично с использованием дистанционных образовательных технологий.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе 28 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – лабораторные занятия), 44 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Промежуточная форма 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):

В курсе «Криопетрография» излагаются следующие проблемы:

- компонентный и фазовый состав воды в мерзлых породах;
- факторы и условия формирования и преобразования состава, строения и свойств пород при промерзании, оттаивании и в мерзлом состоянии,
- тепломассообменные и структуро- и текстурообразовательные процессы, протекающие в промерзающих, мерзлых и оттаивающих породах, закономерности формирования состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов. Освоение этой дисциплины позволяет получить знания об особенностях состава, строения и свойств мерзлых пород и льдов, механизме и динамики их преобразования под влиянием изменения внешних термобарических условий и освоить лабораторные методы их исследования.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	всего, час	В том числе:				
		лекции	семинары	лабораторные работы	всего	Самостоятельная работа обучающегося, час)
Введение		2	-	-	2	-
Раздел 1. Состав мерзлых пород		4	0	4	8	Реферат, 9 ч.
Раздел 2. Строение мерзлых пород		4	0	6	10	Реферат, 9 ч.
Раздел 3. Свойства мерзлых пород		4	0	4	8	Реферат, 20 ч.
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>						6
Итого:	108	14	0	26	52	56

Содержание разделов дисциплины:

Введение

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

Часть первая

СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА МЕРЗЛЫХ ПОРОД

Раздел 1 Состав мерзлых пород

Глава 1 Особенности органоминерального и газового компонента мерзлых пород.

1.1 Химико-минеральный состав мерзлых пород.

1.2 Органическое вещество в мерзлых породах.

1.3 Дисперсность минерального компонента и степень разложения органической составляющей.

1.4 Газогидраты в мерзлых породах.

Глава 2 Незамерзшая вода и лед в мерзлых породах.

2.1 Структура, состав и свойства незамерзшей воды.

2.2 Природа формирования и закономерности изменения влажности мерзлой породы за счет незамерзшей воды различного состава, плотности и термобарических условий.

2.3 Классификация категорий незамерзшей воды и льда в мерзлых породах по природе связи и месту расположения. Модель форм связи категорий незамерзшей воды и порового льда в мерзлых породах с учетом существования характерных температурных диапазонов.

Раздел 2 Строение мерзлых пород

Глава 3 Текстурные особенности мерзлых пород.

3.1 Криогенные текстуры скальных и литифицированных пород.

- 3.2 Криогенные текстуры дисперсных пород.
- 3.3 Криогенные текстуры при эпигенетическом и сингенетическом способе промерзания пород.

Глава 4 Структурные особенности мерзлых пород.

- 4.1 Типы структурных связей и контактов в мерзлых породах.
- 4.2 Типизация микростроения мерзлых пород.

Глава 5 Статика и динамика криогенного строения мерзлых пород

- 5.1 Физическая типизация криогенного строения мерзлых тонкодисперсных грунтов.
- 5.2 Первичное и вторичное криогенное строение мерзлых пород. Закон преобразования криогенного строения мерзлых пород под действием внешнего энергетического поля.
- 5.3 Физико-химическая модель мерзлого тонкодисперсного грунта.
- 5.4 Типы криогенного строения засоленных тонкодисперсных пород, формирующиеся при промерзании.

Раздел 3 Свойства мерзлых пород

Глава 6 Физические и тепловые свойства мерзлых пород

- 6.1 Особенности плотности влажности и льдистости мерзлых пород.
- 6.2 Теплоемкость и теплопроводность мерзлых пород различного литологического типа и температуры.
- 6.3 Коэффициенты температурного расширения-сжатия мерзлых пород. Природа их «аномальности».

Глава 7 Гидропроводные свойства криогенных (талых и мерзлых) пород.

Глава 8 Пучинистость промерзающих пород.

Глава 9 Прочностные и деформационные свойства мерзлых пород.

Глава 10 Электрические и акустические свойства мерзлых пород.

Часть вторая

ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ МЕРЗЛЫХ ПОРОД И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Глава 11 Криогенные типы пород.

- 11.1 Классификации типов мерзлых пород.
- 11.2 Закономерности формирования и распространения криогенных типов пород.

Глава 12 Мерзлые образования и отложения пород и льдов.

- 12.1 Элювиальные и болотные мерзлые породы.
- 12.2 Осыпи, оползни, курумы, солифлюкционные образования, делювий.
- 12.3 Аллювиальные и пролювиальные отложения.
- 12.4 Ледниковые и водно-ледниковые отложения.
- 12.5 Морские, лагунные и озерные отложения.
- 12.6 Наземные и подземные льды.
- 12.7 Полигонально-жильные структуры.

Содержание лабораторных занятий

Физическое моделирование тепло-массообменных, структурообразовательных процессов в промерзающих мерзлых и оттаивающих породах.

Лабораторное оборудование для ведения экспериментов.

Методики получения и обработки результатов экспериментов (расчеты параметров температурного и влажностного полей, коэффициентов массопереноса, пучения, определение характеристик процессов криогенного структуро- и текстурообразования и др.).

Определение фазового состава воды в мерзлых породах различными методами (десорбционный, контактный, криоскопический, калориметрический, расчетный).

Изучение микростроения мерзлых пород и структуры льда.
Измерение температурных деформаций мерзлых пород.
Исследование прочностных и деформационных свойств мерзлых грунтов.

Рекомендуемые образовательные технологии

В аудиториях занятия проводятся в виде:

Лекций и семинаров с использованием ПК и компьютерного проектора, частично с использованием дистанционных образовательных технологий.

Лабораторных занятий в учебных лабораториях, оснащенных специальными приборами и вспомогательным оборудованием (морозильная камера, холодильные шкафы, криотермостаты, приборы и экспериментальные установки по промораживанию горных пород, оптические микроскопы, измерительная аппаратура).

Самостоятельная работа магистрантов подразумевает работу над рефератом под руководством преподавателя, работу магистранта в компьютерном классе или библиотеке Геологического факультета МГУ, отработка экспериментальных данных и сдача.

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 рефератов и лабораторных работ.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы и анализируются тематические рефераты.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля / Темы рефератов:

1. Состав, строение 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. Классификация категорий незамерзшей воды и льда в мерзлой породе
5. Засоленные породы и криопэги.
6. Термограммы замерзания-оттаивания пород различного литологического типа и засоленности.
7. Мерзлые породы как многофазные, многокомпонентные, полидисперсные и гетеропористые термодинамические системы.
8. Современные представления о фазовых переходах в мерзлых породах.
9. Криогенный метаморфизм поровых растворов мерзлых пород.
10. Гидроперенос и льдовыделение в мерзлых породах под действием градиента температуры и концентрации порового раствора.
11. Криогенное структурообразование в горных породах. Типы криогенного строения мерзлых пород.
12. Сегрегационное льдовыделение, пучинистые и усадочные свойства промерзающих и оттаивающих пород.
13. Тепловые свойства мерзлых и талых пород (теплопроводность, теплоемкость, температурное сжатие-расширение).
14. Массообменные свойства мерзлых и талых пород.
15. Прочностные и деформационные свойства мерзлых пород.
16. 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. Отличительные особенности химического и минерального состава мерзлых пород.
3. Специфика органического вещества в мерзлых породах.
4. Макро- и микроморфологические особенности льда в мерзлых породах.
5. Основные физические свойства льда. Метаморфизм льда.
6. Классификация категорий воды в мерзлых породах. Фазовая диаграмма воды.
7. Физико-химические факторы, определяющие содержание незамерзшей воды в породах.
8. Термограмма замерзания-оттаивания породы и ее практическое значение.
9. Закономерности изменения фазового состава воды в мерзлых породах различного состава, строения и температуры. Аддитивность влажности мерзлой породы за счет незамерзшей воды. Природа гистерезиса фазового состава при промерзании-оттаивании.
10. Состав и условия формирования газовых включений в мерзлых породах.
11. Газогидраты в мерзлых породах. Фазовая диаграмма для гидрата метана.
12. Фазовые переходы вода - лед в горных породах.
13. Сублимация и десублимация влаги в мерзлых породах.
14. Криогенное концентрирование и криогенный метаморфизм поровых растворов засоленных промерзающих породах.
15. Процессы в мерзлых породах под действием градиента температур и давления.
16. Процессы в мерзлых породах, взаимодействующих с растворами солей.
17. Особенности переноса ионов химических элементов в мерзлых породах.
18. Основные механизмы миграции влаги и льдообразования в горных породах.
19. Деформации и напряжения в промерзающих (протаивающих) породах.
20. Природа криогенной миграции и пучения промерзающих пород.
21. Процессы массопереноса и льдовыделения в промерзающих породах различного состава и строения при различных термодинамических условиях.
22. Особенности миграции влаги и льдовыделения в оттаивающих породах.
23. Структурообразовательные процессы в циклически промерзающих (протаивающих) породах.
24. Криогенное макро- и микростроение мерзлых пород.
25. Закономерности формирования макро- и микростроения мерзлых пород.
26. Классификации криогенных текстур по морфологическим признакам и по условиям образования.
27. Особенности микростроения мерзлых пород различного состава и генезиса.
28. Особенности криогенного строения сезонно- и многолетнемерзлых пород.
29. Структурно-текстурные особенности внутригрунтового льда.
30. Водно-физические свойства характеристики мерзлых пород.
31. Пучинистость и морозостойкость пород, как свойства.
32. Теплофизические свойства скальных, крупнообломочных и дисперсных мерзлых пород.
33. Массообменные свойства мерзлых пород.
34. Прочностные и деформационные свойства мерзлых пород.
35. Реологические свойства мерзлых пород.
36. Электрические свойства мерзлых пород.
37. Акустические свойства мерзлых пород.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<i>Знания:</i> специфических особенностей состава строения и свойств мерзлых пород криолитозоны различных литологических типов	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания теоретических основ рекультивации эродированных земель в криолитозоне
<i>Умения:</i> использовать данные полевых и лабораторных исследований для анализа и обобщения показателей состава, строения и свойств мерзлых грунтов	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать физико-химические расчеты.	Успешное умение использовать лабораторные методы оценки эрозионной стойкости земель в криолитозоне
<i>Владения:</i> методами определения фазового состава воды, теплофизических, массообменных, пучинистых, прочностных и деформационных свойств криогенных пород	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования методов	Владение методами рекультивации эродированных земель для решения задач восстановления природных ресурсов территории

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень литературы

Основная литература:

Ершов Э. Д., Данилов И. Д., Чеверев В. Г. Петрография мерзлых пород. М.: Изд-во МГУ, 1987, 311 с.

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.

Чеверев В.Г. Природа криогенных свойств пород. М.: Научный мир, 2004 г., 234 с.

- 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., Лебедеко 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., Лебедеко 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. (Авторы: Ершов Э.Д., Акимов Ю.П., Чеверев В.Г., Кучуков Э.З.)

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

Б) Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Криопетрография» используются: учебная лаборатория криолитогенеза кафедры Геокриологии, холодильная камера, компьютерный класс, лабораторная измерительная аппаратура, холодильные шкафы, криотермостаты, экспериментальные установки по промораживанию горных пород, оптические микроскопы, специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором, библиотека Геологического факультета МГУ.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватель – Чеверев В.Г.

11. Автор программы – Чеверев В.Г.