

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
член-корр. РАН Добролюбов С.А.

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕГА, ЛЬДА И МЕРЗЛЫХ  
ПОРОД**

---

**Уровень высшего образования:**  
*магистратура*

---

**Направление подготовки:**  
**05.04.02 «География»**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Криолитология и гляциология»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол № 12, дата 8 декабря 2021 г.)

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 «География» (*программы магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утверждены решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по Геоморфологии с основами геологии, Основам криогенеза, Грунтоведения, Основам мерзлотоведения и гляциологии, Снежного покрова Земли, Гляциологии, Мерзлотоведению, Физике и механике мерзлых грунтов и льдов, Инженерному мерзлотоведению, Инженерной гляциологии, Криолитологии.
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<p>МПК-2 (<i>формируется частично</i>)            Владеет полевыми, дистанционными и аналитическими методами изучения мерзлотных и гляциальных процессов, способен применять навыки в использовании геоинформационных технологий для оценки состояния и прогноза развития гляциальных и криогенных систем.</p>	<p>Применяет полевые и лабораторные методы для изучения мерзлотных и гляциальных процессов, свойств пород, снега и льда в научной и практической деятельности</p>	<p><b>Знать:</b>            - основные закономерности и процессы, определяющие формирование и эволюцию природных льдов, их взаимодействие с другими компонентами природной среды, пределы применимости экспериментального моделирования криосферных процессов для решения гляциологических и геокриологических задач.</p> <p><b>Уметь:</b>            - самостоятельно работать по планированию, организации и проведению экспериментальных исследований, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты; анализировать экспериментальные данные, полученные другими исследователями и сравнивать их с собственными результатами; сравнивать данные полевых измерений с результатами экспериментального моделирования.</p> <p><b>Владеть:</b>            - экспериментальными методами определения направленности и интенсивности процессов таяния/замерзания, тепло- и массопереноса в снеге, льде и мёрзлых грунтах; экспериментальными методами определения механических и физических свойств снега, льда и мёрзлого грунта; методами сравнения лабораторных результатов экспериментального моделирования с природными криосферными процессами.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) 4 з.е., в том числе 54 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 90 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Всего
Тема 1.	3	2	1			3			
Тема 2.	6	2	1			3	3		3
Тема 3.	6	2	1			3	3		3
Тема 4.	6	2	1			3	3		3
Тема 5.	6	2	1			3	3		3
Текущая аттестация 1: устный опрос	6		3			3	3		3
Тема 6.	6	2	1			3	3		3

Тема 7.	6	2	1			3	3		3	
Тема 8.	6	2	1			3	3		3	
Тема 9.	6	2	1			3	3		3	
Тема 10.	7	2	1			3	3		4	
Тема 11.	7	2	1			3	3		4	
Тема 12.	7	2	1			3	3		4	
Тема 13.	7	2	1			3	3		4	
Тема 14.	7	2	1			3	3		4	
Тема 15.	7	2	1			3	3		4	
Тема 16.	7	2	1			3	3		4	
Текущая аттестация 2: защита реферата и устный опрос по выполненным работам	10		2	1		3		7	7	
Промежуточная аттестация экзамен	28	<i>Устный экзамен</i>								
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>54</b>					<b>90</b>			

## Содержание лекций, семинаров

### Содержание лекций

Тема 1. Введение. Основные принципы организации деятельности лаборатории изучающей физико-химических характеристики мерзлых грунтов, снега и льда. Основные нормативные документы, согласно которым проводят изучение свойств криогенных объектов. Знакомство с имеющейся материальной базой экспериментальной лаборатории кафедры Криолитологии и гляциологии.

Тема 2. Снег как элемент криосферы Земли. Особенности кристаллизации отдельных снежинок. Формирование снежных покровов. Подготовка образцов снега различной плотности. Ознакомление с принципами исследования структуры снега с помощью поляризационных микроскопов в проходящем и отраженном свете. Определение плотности и структурных особенностей образцов снега.

Тема 3. Изучение теплофизических характеристик образцов снега с помощью зонда. Постановка эксперимента по изучению распространения температурной волны в образце снега, образующейся при его взаимодействии с солью NaCl и построение тепловой модели на ЭВМ. Подготовка образцов снега для определения сил эквивалентного сцепления на приборах АСИС.

Тема 4. Изучение физико-механических свойств снега. Проведение исследований с помощью шарикового штампа. Знакомство с полевым оборудованием, позволяющим проводить физико-механические исследования разреза снежной толщи. Компьютерная обработка результатов изучения сил эквивалентного сцепления в снегу, построение графиков

Тема 5. Лед как минерал и мономинеральная горная порода. Особенности кристаллизации льда в различных термодинамических условиях. Конжеляционные льды. Строение, состав и свойства ледяных покровов пресных водоемов. Подготовка образцов льда из пресной воды.

Тема 6. Лабораторное изучение строения и физических свойств образцов льда. Проведение структурных исследований с помощью поляризационных микроскопов в проходящем и отраженном свете. Определение мгновенной прочности льда на одноосное сжатие. Обработка материалов, построение графиков.

Тема 7. Изучение теплофизических свойств льда. Определение скоростей прохождения упругих волн во льду с помощью сейсмоакустической лабораторной установки. Знакомство с анизотропией свойств льда.

Тема 8. Строение, состав и свойства ледяных покровов морских водоемов. Классификация льдов по их строению и составу. Особенности воздействия льда на морские и береговые сооружения.

Тема 9. Изучение структурных особенностей льда, сформировавшегося из воды различной солености. Определение мгновенной прочности льда на одноосное сжатие. Теплофизические характеристики льда, содержащего соли. Обработка материалов, построение графиков.

Тема 10. Особенности формирования внутригрунтовых конжеляционных льдов. Строение, состава и свойств льдов в полигональных жилах, пластовых залежах и ядрах бугров пучения. Основные гипотезы формирования залежей подземных льдов.

Тема 11. Лабораторные исследования строения, состава и свойств образцов пластовых и инъекционных льдов, отобранных в поле. Изучение кристаллической структуры на поляризационных микроскопах, определение габитуса и ориентировки кристаллов льда.

Тема 12. Мерзлые грунты, как объект инженерно-геокриологических исследований. Основные методические предпосылки изучения строения, состава и свойств мерзлых грунтов. Особенности формирования мерзлых грунтов различного минералогического состава.

Тема 13. Лабораторное изучение формирования массивной и шлировой криогенной текстуры мерзлых грунтов. Определение плотности, влажности и льдистости образцов мерзлых грунтов различного минералогического состава.

Тема 14. Теплофизические характеристики мерзлых грунтов. Определение теплофизических параметров стационарными, квазистационарными и зондовыми методами. Примеры использования полученных характеристик для тепловых расчетов.

Тема 15. Исследование прочности мерзлых грунтов на одноосное сжатие и определение сил эквивалентного сцепления с помощью шарикового штампа. Выявление основных зависимостей прочности мерзлых грунтов от их состава, строения и льдистости.

Тема 16. Лабораторное изучение пучинистых свойств грунтов, промерзающих в условиях открытой и закрытой системы. Нормативная классификация грунтов по пучинистости.

.....

### **Содержание семинаров**

Тема 1. Изучение свойства снежного покрова на горнолыжных трассах. Подготовка снега с заданными характеристиками.

Работа в лаборатории.

Тема 2. Обсуждение основных теорий формирования кристаллов снега и льда. Работа в лаборатории.

Тема 3. Обсуждение особенностей строения, состава и свойств льда морских и пресных водоемов. Работа в лаборатории.

Эксперимент

Тема 4. Обсуждение анизотропии физико-механических свойств льда. Работа в лаборатории. Эксперимент

Текущая аттестация 1: устный опрос.

Тема 5. Обсуждение особенности формирования криогенных текстур в грунтах. Работа в лаборатории. Эксперимент

Тема 6. Обсуждение специфических особенностей прочностных характеристик мерзлых грунтов различного минералогического состава. Работа в лаборатории. Эксперимент

Тема 7. Обсуждение теплофизических характеристик мерзлых грунтов Работа в лаборатории. Эксперимент.

Тема 1-16. Защита реферата и устный опрос по выполненным экспериментальным работам.

### **7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):**

Текущая аттестация №1. Устный опрос

Текущая аттестация №2. Защита реферата и устный опрос по выполненным экспериментальным работам

Примерные вопросы устного опроса по темам

1. Основные физические характеристики снежного покрова и методы их определения.
2. Особенности кристаллизации снежинок.
3. Формирование структуры снежного покрова, особенности метаморфизма
4. Методы определения теплофизических характеристик снежного покрова.
5. Определение силы эквивалентного сцепления в снегу в лаборатории и поле.

6. Структура кристаллов льда.
7. Что такое конжеляционные льды, примеры.
8. Особенности формирования конжеляционных льдов.
9. Методы структурных исследований льдов.
10. Прочностные и деформационные характеристики льдов.
11. Особенности формирования криогенных текстур грунтов.
12. Зависимость прочностных характеристик мерзлых грунтов от их строения и состава.
13. Основные методы определения теплофизических характеристик мерзлых грунтов.
14. Классификация мерзлых грунтов по пучинистости.

#### **Примерный перечень тем для рефератов**

1. Современные методы подготовки снега с заданными характеристиками для горнолыжных трасс.
2. Типы метаморфизма снега.
3. Строение разреза снежной толщи и методы ее изучения в полевых условиях.
4. Лабораторные методы изучения структуры снега и льда.
5. Лабораторные методы изучения прочностных характеристик снега и льда.
6. Анизотропия физических свойств льда и ее причины.
7. Мерзлые грунты как основания сооружений.
8. Методы определения теплофизических характеристик мерзлых грунтов и проведение тепловых расчетов под зданиями.

#### **Примерный перечень вопросов для экзамена**

1. Термодинамические особенности формирования снежинок.
2. Основные классификации снежинок.
3. Структура снежного покрова и метаморфические преобразования в нем.
4. Методы управления свойствами снежного покрова.
5. Определение эквивалентного сцепления в снегу.
6. Основные теплофизические характеристики снежного покрова и методы их определения.
7. Влияние снежного покрова на формирование температурного режима грунтов.
8. Особенности формирования кристаллов льда в различных термо-барических условиях.
9. Особенности конжеляционного льдообразования.
10. Строение, состав и свойства льда пресных водоемов.
11. Строение, состав и свойства льда морских водоемов.
12. Теории формирования пластовых льдов и их кристаллическое строение.



13. Методы структурного анализа льдов.
14. Прочностные характеристики льдов.
15. Деформационные характеристики льдов.
16. Анизотропия свойств льдов.
17. Особенности формирования мерзлых грунтов с различной криогенной текстурой и методы ее изучения.
18. Лабораторное изучение влажности и льдистости мерзлых грунтов.
19. Прочность мерзлых грунтов на одноосное сжатие.
20. Прочность мерзлых грунтов на сдвиг.
21. Эквивалентное сцепление в мерзлых грунтах.
22. Методы определения теплофизических свойств мерзлых грунтов.
23. Методы определения незамерзшей воды в мерзлых грунтах.
24. Лабораторные методы изучения пучинистых свойств мерзлых грунтов.
25. Теплофизические расчеты по данным лабораторных исследований.

### Шкала и критерии оценивания

**Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины – экзамен (устный).

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: практические контрольные	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

задания)				
----------	--	--	--	--

## 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная литература:

1. Ершов Э.Д. Общая геокриология. М., МГУ, 2002
2. Лабораторные методы исследований мерзлых пород. / Ред. Э.Д. Ершов. М., МГУ, 1985.
3. Мартин Трюффер (Martin Truffer) ЛЕДОВАЯ ФИЗИКА (ICE PHYSICS), Университет Аляски Фэрбенкс, Весенний семестр 2013, 120с. (на английском языке, перевод Фролова Д.М.)

### Дополнительная литература:

1. Шумский П.А. Основы структурного льдоведения. М. Из-во АН СССР, 1955
2. Савельев Б.А. Строение, состав и свойства ледяного покрова морских и пресных водоемов. М. Изд-во МГУ, 1963
3. Богородский В.В. Гаврило В.П. Лед Л. Гидрометиздат, 1980
4. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах (под ред. Ю.Я. Велли, В.В. Докучаева, Н.Ф. Федорова). Л.: Стройиздат, 1977.
5. Хименков А.Н., В.Е. Гагарин, А.В. Кошурников, Ю.Б. Шешин, В.В. Скосарь ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ КРИОГЕННОГО СТРОЕНИЯ МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ // *Криосфера Земли*, 2018, т. XXII, № 3, с. 40–51
6. Паундер Э. Физика льда, М.: изд-во МИР, 1967, 180с. (перевод Шинкар Г.Г.)

- Перечень лицензионного программного обеспечения
  - Программный продукт RAMMS
  - ArcGIS Pro, ArcGIS Desktop от компании Esri
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
  - реферативная база данных издательства Elsevier: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
  - Научная Электронная Библиотека - <http://www.e-library.ru>
  - Сайт кафедры криолитологии и гляциологии <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/crio/uchd/plan/>
  - Сайт журнала «Криосфера Земли»  
<http://www.izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=2>
  - Сайт журнала «Permafrost and Periglacial Processes»  
[https://www.researchgate.net/journal/1099-1530\\_Permafrost\\_and\\_Periglacial\\_Processes](https://www.researchgate.net/journal/1099-1530_Permafrost_and_Periglacial_Processes)

Сайтжурнала «Arctic Antarctic and Alpine Research»

[https://www.researchgate.net/journal/1523-0430\\_Arctic\\_Antarctic\\_and\\_Alpine\\_Research](https://www.researchgate.net/journal/1523-0430_Arctic_Antarctic_and_Alpine_Research)

сайтжурнала The Cryosphere

<http://www.the-cryosphere.net/index.html>

сайт журнала «Лёд и Снег»

<http://ice-snow.igras.ru/jour/issue/archive>

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
  - поисковая система научной информации [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
  - электронная база научных публикаций [www.webofscience.com](http://www.webofscience.com)

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

#### **9. Язык преподавания: русский**

**10. Преподаватель (преподаватели):** Ответственный за курс — к.г.н. доцент кафедры криолитологии и гляциологии Сократов Сергей Альфредович.

**11. Разработчики программы:** н.с. НИЛ СЛС Фролов Денис Максимович, к.г.н. с.н.с. кафедры криолитологии и гляциологии Гагарин Владимир Евгеньевич, к.г-м. н. с.н.с. кафедры криолитологии и гляциологии Кошурников Андрей Викторович.