

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
академик, РАН Добролюбов С.А.

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЕ**

---

**Уровень высшего образования:**  
*бакалавриат*

---

**Направление подготовки:**  
**05.03.02 «География»**

---

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

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол №16, дата 12.10.2022)

Москва 2022

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 бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки).

ОС МГУ утвержден 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, Климатологии с основами метеорологии, Физической географии России, Общей палеогеографии, Грунтоведения, Основам криогенеза, Криолитологии, Физики и механики мерзлых пород и льдов.
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
СПК-3. (формируется частично) способность применять фундаментальные знания о свойствах мерзлых пород, подземных и наземных льдов в зависимости от термодинамических параметров, строения пород и льдов; умение оценивать деформацию льда и мерзлых пород под влиянием температурных и механических воздействий с целью выработки оптимальных инженерных решений, рассчитывать несущую способность грунтов	СПК-3.1 Применяет теоретические концепции эволюции криосферы в научной и практической деятельности	<p><b>Знать:</b> основные закономерности формирования мерзлых толщ и их характеристик (среднегодовой температуры и параметров, связанных с ней – мощность, распространение, льдистость, типы подземных льдов, мерзлотные процессы и др.).</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать связь параметров мерзлых толщ и факторов природной среды.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой оценки влияния факторов геолого-географической среды и хозяйственной деятельности человека на характеристики мерзлых толщ (сезонное протаивание, льдистость, типы подземных льдов); подходами к прогнозу изменения мерзлотных условий в связи с изменениями природной среды (прежде всего, климата) и хозяйственным освоением территорий, занятых вечной мерзлотой; пониманием содержания мерзлотной съемки и применением ее на практике.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 36 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 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. Методологические основы мерзлотоведения		3				3	2		2
Тема 2. История мерзлотных исследований. Становление мерзлотоведения как науки		3				3		4	4
Тема 3. Основные понятия и определения мерзлотоведения		3				3	2		2
Тема 4. Геолого-географические закономерности распространения кратковременно-, сезонно- и вечномерзлых пород на территории Евразии и земном шаре (криогенные области земного шара)		3				3		4	4
Тема 5. Общие закономерности возникновения и развития вечной мерзлоты		3				3	3		3
Тема 6. Геолого-географические закономерности формирования термического режима мерзлых толщ		3				3	2		2
Тема 7. Физические и физико-химические процессы и явления в промерзающих, мерзлых и протаивающих грунтах		3				3		4	4
Тема 8. Строение и свойства мерзлых пород		3				3	3		3

Тема 9. Геолого-географические закономерности формирования подземных льдов		3				3	3		3	
Тема 10. Сезонное промерзание и протаивание		3				3	2		2	
Тема 11. Особенности морфолитогенеза в зоне вечной мерзлоты		3				3		4	4	
Тема 12. Общая характеристика методов мерзлотных исследований. Понятие о мерзлотной съемке. Практическое значение изучения мерзлотоведения		3				3	3		3	
		36				36	20	16	36	
Промежуточная аттестация экзамен	28	<i>Устный экзамен</i>					36			
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>36</b>					<b>36</b>			

## Содержание лекций, семинаров

### Содержание лекций

Тема 1. Методологические основы мерзлотоведения. Объект мерзлотоведения. Понятие о криосфере и ее структуре. Криолитозона как одна из зон льдообразования криосферы и ее структурных частей. Криолитозона и ландшафтная оболочка Земли. Место мерзлотоведения среди других наук. Мерзлотоведение и география. Мерзлотоведение как геолого-географическая наука. Общее и прикладное мерзлотоведение. Теоретические основы и методы мерзлотоведения.

Тема 2. История мерзлотных исследований. Становление мерзлотоведения как науки. Первые сведения о мерзлых толщах. Приоритет русских ученых в открытии явления многолетнего промерзания литосферы. Исследования мерзлых толщ в России в течение ХУШ-ХІХ и начала ХХ веков (период интенсивного накопления фактов и первые обобщения). Первые мерзлотные специализированные экспедиции. Изучение мерзлых толщ в 20-80 гг. в СССР. Ведущая роль отечественных ученых в создании науки мерзлотоведения и ее теоретических основ. М.И. Сумгин и его роль в создании и развитии мерзлотоведения. Развитие и состояние мерзлотоведения за рубежом (Канада, США, Китай и др.).

Тема 3. Основные понятия и определения мерзлотоведения. Толщи горных пород, грунты, почвы мерзлые, морозные, талые, немерзлые. Типы мерзлых толщ по продолжительности существования - кратковременно-мерзлые, сезонно-мерзлые, перелетки, многолетнемерзлые, вечномерзлые толщи. Глубина кратковременного, сезонного и многолетнего промерзания. Основные параметры толщи вечной мерзлоты.

Тема 4. Геолого-географические закономерности распространения кратковременно-, сезонно- и вечномерзлых пород на территории Евразии и земном шаре (криогенные области земного шара). Характеристика мощностей кратковременного и сезонного промерзания и

протаивания в пределах России и на земном шаре. Сплошность промерзания по вертикали и закономерности распространения вечномерзлых толщ по площади. Общая характеристика температуры вечной мерзлоты на территории Евразии и Северной Америки. Понятие о зональных и азональных закономерностях в распространении, мощностях и температуре вечной мерзлоты. Площади распространения сезонно- и многолетнемерзлых толщ в России и на земном шаре.

Тема 5. Общие закономерности возникновения и развития вечной мерзлоты. Тепловой баланс на поверхности Земли в верхних слоях литосферы. Теория теплового потока в грунтах. Понятие о теплооборотах в верхних горизонтах литосферы. Связь теплооборота с радиационно-тепловым балансом земной поверхности. Численные методы расчета величины теплооборота. Термодинамические условия образования и существования вечномерзлых толщ.

Тема 6. Геолого-географические закономерности формирования термического режима мерзлых толщ. Влияние климатических условий (среднегодовая температура воздуха, степень континентальности и снежный покров) на температуру грунтов. Влияние растительности на температурный режим грунтов. Влияние рельефа на температурный режим, распространение и степень прерывистости мерзлых толщ. Влияние неотектоники на распространение, температуру и мощность мерзлых пород. Влияние рек, озер, степени заболоченности на температурный режим и распространение вечномерзлых пород. Влияние литологического состава на температурный режим мерзлых пород. Влияние инфильтрации летних осадков и конвекции воздуха на термический режим горных пород.

Тема 7. Физические и физико-химические процессы и явления в промерзающих, мерзлых и протаивающих грунтах. Мерзлые грунты как многофазные и многокомпонентные системы, основные составляющие мерзлых грунтов и их характеристика. Вода в мерзлых дисперсных породах, категории влаги в мерзлых грунтах. Температурная характеристика процесса замерзания воды в дисперсных грунтах. Причина понижения температуры замерзания воды в грунтах на основе учения о строении молекулы воды, теплового движения молекул воды, действия активных поверхностей и ионов в водных растворах на трансляционное движение. Особенности кристаллизации воды в различных типах дисперсных грунтов. Незамерзшая вода в мерзлых грунтах. Факторы, влияющие на содержание незамерзшей воды в грунтах. Принцип равновесного состояния воды и льда в мерзлых грунтах. Понятие о миграции вещества (воды, солей, минеральных частиц) в дисперсных породах. Формы и причины миграции влаги в промерзающих, мерзлых и протаивающих грунтах. Физико-химические процессы в промерзающих и мерзлых грунтах. Коагуляция, диспергирование. Процессы пучения дисперсных грунтов при промерзании. Изменение объема дисперсных горных пород при промерзании и закономерности образования морозобойных трещин. Процессы в протаивающих грунтах. Изменение свойств грунтов при многократном промерзании и протаивании.

Тема 8. Строение и свойства мерзлых пород. Понятие о текстуре и структуре мерзлых грунтов. Типы текстур и структур. Факторы формирования криогенных текстур и структур. Лед как элемент и самостоятельный компонент мерзлых толщ. Подходы к классификации подземных льдов. Теплофизические свойства дисперсных мерзлых грунтов. Влажность и объемный вес мерзлых грунтов. Пористость, водопроницаемость мерзлых толщ и грунтов. Физико-механические свойства мерзлых грунтов. Закономерности деформирования мерзлых грунтов. Понятие о релаксации напряжений. Влияние криогенного строения мерзлых грунтов на физико-механические свойства.

Тема 9. Геолого-географические закономерности формирования подземных льдов. Понятие о типах льдообразования в земной коре. Генетические типы мерзлых толщ (эпигенетические, сингенетические, полигенетические, парасингенетические). Закономерности сингенетического льдообразования (влияние осадконакопления, неотектоники, температурной зональности). Южный, умеренный, северный типы сингенетического льдообразования. Парасингенетическое промерзание и его особенности. Закономерности формирования переходного и промежуточного слоев. Закономерности эпигенетического типа льдообразования (влияние верхних граничных условий, литологии, гидрогеологических условий). Геолого-географические закономерности формирования погребенных снежников и льдов.

Тема 10. Сезонное промерзание и протаивание. Факторы, определяющие глубину сезонного промерзания и протаивания. Особенности состава и строения пород слоя сезонного промерзания и протаивания. Классификация типов сезонного промерзания и протаивания. Понятие о криогенном сложении пород слоя сезонного протаивания. Геолого-географические закономерности криогенного сложения пород слоя сезонного промерзания и протаивания. Методы изучения слоя сезонного промерзания и протаивания.

Тема 11. Особенности морфолитогенеза в зоне вечной мерзлоты. Криогенное выветривание, основные закономерности криогенной устойчивости минералов; защитная роль незамерзшей воды и пределы криогенной дезинтеграции гипогенных минералов; ряды криогенной физико-химической устойчивости гипогенных минералов в зависимости от размера, влажности, температуры и т.д.; особенности формирования и преобразования глинистых минералов под воздействием криогенных факторов; методика криолитонологического анализа состава минерального вещества; необратимая эволюция минерального вещества в зоне криогенеза. Криогенные склоновые процессы, формы рельефа и отложения, связанные с ними. Особенности проявления эрозионных процессов и формирования аллювиальных отложений в области вечной мерзлоты. Особенности формирования озерных и прибрежно-морских отложений в области вечной мерзлоты. Термокарст, формы рельефа и отложения, связанные с этим процессом. Рельефообразующая роль процесса пучения. Морозобойное растрескивание и его морфологическая роль. Рельефообразующая роль наледей.

Тема 12. Общая характеристика методов мерзлотных исследований. Понятие о мерзлотной съемке. Практическое значение изучения мерзлотоведения. Понятие о прогнозе изменения мерзлотных условий, мерзлотная съемка как основа мерзлотного прогноза. Особенности охраны природы и рационального использования природных ресурсов на территории вечной мерзлоты.

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

Текущая аттестация - Защита реферата

*Примерный перечень тем для рефератов*

1. Понятие «криосфера Земли»; структура и естественно-исторические объекты криосферы. Криосфера и ландшафтная оболочка; криолитосфера и криолитозона Земли, криолитозона как специфическая физико-географическая область.

2. Тепловой баланс на поверхности Земли и его связь с температурой верхних горизонтов литосферы. Термодинамические условия образования и существования многолетнемерзлых толщ.
3. Влияние климатических условий (среднегодовая температура воздуха, степень континентальности, снежный покров) на мерзлотные условия.
4. Сезонное промерзание и оттаивание грунтов. Классификация.
5. Потенциальное сезонное промерзание и оттаивание грунтов.
6. Влияние ландшафтов на мерзлотные условия (температурный режим, глубина сезонного оттаивания, сезонного промерзания).
7. Причины понижения температуры замерзания воды в дисперсных грунтах.
8. Незамерзшая вода в мерзлых грунтах. Факторы, определяющие ее содержание в мерзлых грунтах. Принцип равновесного состояния воды и льда в мерзлых грунтах.
9. Строение мерзлых грунтов (сложение, текстура, структура).
10. Факторы формирования криогенных текстур.
11. Особенности криогенного строения слоя сезонного оттаивания.
12. Генетические типы мерзлых грунтов. Основные закономерности формирования эпигенетических мерзлых толщ.
13. Основные закономерности формирования сингенетических мерзлых толщ.
14. Закономерности формирования переходного и промежуточного слоев мерзлых толщ.
15. Процесс морозобойного растрескивания и его роль в формировании полигонального рельефа и повторно-жильных льдов.
16. Полигонально-жильные грунтовые структуры и псевдоморфозы по повторно-жильным льдам. Их различия и условия формирования.
17. Пластовые льды криолитозоны (география, генезис, геоэкологическое значение).
18. Криогенное выветривание и его влияние на литогенез четвертичных отложений криолитозоны.
19. Криогенные склоновые процессы.

*Примерный перечень вопросов для экзамена*

1. Зональные и аazonальные закономерности распространения, мощностей и температуры многолетнемерзлых толщ.
2. Тепловой баланс на поверхности Земли и его связь с температурой верхних горизонтов литосферы. Термодинамические условия образования и существования многолетнемерзлых толщ.
3. Теория теплового потока в грунтах и ее применение для решения мерзлотных задач (расчет глубин сезонного и многолетнего промерзания).
4. Тепловые условия на подошве мерзлых толщ, их динамика и влияние на параметры мерзлых толщ.
5. Влияние климатических условий (среднегодовая температура воздуха, степень континентальности, снежный покров) на мерзлотные условия.
6. Влияние растительности на температурный режим грунтов и сезонное промерзание и оттаивание.

7. Влияние рельефа на мерзлотные условия (температурный режим, распространение, прерывистость толщ).
8. Влияние тектоники на распространение, температуру и мощность мерзлых толщ.
9. Влияние поверхностных вод (рек, пресных и соленых озер, степени заболоченности) на мерзлотные условия.
10. Влияние литологии на мерзлотные условия. Природа температурной сдвижки. Типы южных границ вечной мерзлоты.
11. Влияние инфильтрации летних осадков и конвекции воздуха на мерзлотные условия.
12. Сезонное промерзание и оттаивание грунтов. Классификация.
13. Потенциальное сезонное промерзание и оттаивание грунтов.
14. Основные этапы становления мерзлотоведения как науки (открытие явления многолетнего промерзания), роль М.В.Ломоносова в изучении криосферы Земли и криолитосферы. Роль Шергинской шахты в изучении вечной мерзлоты, первая мерзлотная экспедиция.
15. История становления мерзлотоведения как науки, развитие мерзлотоведения во II-й половине 19 века и первой половине 20 века. М.И. Сумгин как основоположник отечественного мерзлотоведения.
16. Влияние ландшафтов на мерзлотные условия (температурный режим, глубина сезонного оттаивания, сезонного промерзания).
17. Мерзлые грунты как многофазные и многокомпонентные системы.
18. Причины понижения температуры замерзания воды в дисперсных грунтах.
19. Незамерзшая вода в мерзлых грунтах. Факторы, определяющие ее содержание в мерзлых грунтах. Принцип равновесного состояния воды и льда в мерзлых грунтах.
20. Особенности кристаллизации воды в различных типах промерзающих дисперсных грунтов.
21. Миграция воды в промерзающих дисперсных грунтах. Формы, механизмы.
22. Строение мерзлых грунтов (сложение, текстура, структура).
23. Классификация криогенных текстур.
24. Факторы формирования криогенных текстур.
25. Особенности криогенного строения слоя сезонного оттаивания.
26. Генетические типы мерзлых грунтов. Основные закономерности формирования эпигенетических мерзлых толщ.
27. Основные закономерности формирования сингенетических мерзлых толщ.
28. Закономерности формирования переходного и промежуточного слоев мерзлых толщ.
29. Процесс морозобойного растрескивания и его роль в формировании полигонального рельефа и повторно-жильных льдов.
30. Полигонально-жильные грунтовые структуры и псевдоморфозы по повторно-жильным льдам. Их различия и условия формирования.
31. Процессы пучения и их влияние на формирование рельефа и подземных льдов. Типы форм пучения.
32. Пластовые льды криолитозоны (география, генезис, геоэкологическое значение).
33. Классификация подземных льдов. Принципы и подходы. Залежеобразующие льды (распространение, генезис).
34. Процесс термокарста. Условия возникновения и влияние на формирование рельефа. Термоабразия, термоэрозия, термоденудация.
35. Криогенное выветривание и его влияние на литогенез четвертичных отложений криолитозоны.
36. Криогенные склоновые процессы.

37. Особенности проявления эрозии в области вечной мерзлоты.

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

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

*Основная литература:*

1. Общая геокриология. Ершов Э.Д. М. Изд-во МГУ. 2009 680 с.

2. Методы геокриологических исследований. Ершов Э.Д. М. Изд-во МГУ. 2004 342 с.

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

*Дополнительная литература:*

1. Общее мерзлотоведение. В.А.Кудрявцев. М. Изд-во МГУ. 1978
2. Конищев В.Н., Рогов В.В. Методы криолитологических исследований. М. Изд-во МГУ. 1993
3. Бойцов А.В. Геокриология и подземные воды криолитозоны. Тюмень. 2001. 176 с.
4. Hugh M. French. The Periglacial Environment Third Edition. The University of Ottawa. John Wiley&Sons, Ltd. 2007
5. Kenji Yoshikawa. Permafrost in Our time. Community-Based Permafrost Temperature Archive. Fairbanks. Edited and Compiled by Kenji Yoshikawa. 2013

Перечень лицензионного программного обеспечения

- Программный продукт RAMMS
- Геоинформационный программный продукт ArcGIS

- 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)
  - Сайт журнала «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)
  - сайт журнала 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): Ответственная за курс — д.г.н., профессор кафедры криолитологии и гляциологии Рогов Виктор Васильевич

11. Разработчик программы: д.г.н., профессор кафедры криолитологии и гляциологии Рогов Виктор Васильевич