

**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 (МОДУЛЯ)
Merзлотные процессы и методы их изучения**

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 бакалавриата, 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 г.

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 курсам «Геоморфология с основами геологии», «Общая палеогеография», «Грунтоведение», «Основы мерзловедения и гляциологии», «Основы криогенеза», «Криолитология», «Мерзловедение», «Физика и механика мерзлых грунтов и льдов», «Геоинформационные методы изучения криосферы».
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
МПК-2. (формируется частично) Владеет полевыми, дистанционными и аналитическими методами изучения мерзлотных и гляциальных процессов, способность применять навыки в использовании геоинформационных технологий для оценки состояния и прогноза развития гляциальных и криогенных систем	Применяет методы изучения мерзлотных процессов, а также мерзлотных форм рельефа и явлений в научной и практической деятельности	<p>Знать: классификации мерзлотных процессов; основные закономерности их развития и регионального распространения, особенности времени активизации и проявления мерзлотных процессов; методы изучения; особенности отображения мерзлотных явлений на данных дистанционного зондирования.</p> <p>Уметь: выявлять связь параметров мерзлотных процессов, их проявлений в рельефе и отложениях и факторов природной среды; организовывать самостоятельные исследования мерзлотных процессов; оценивать возможности и ограничения современных методов изучения явлений криосферы.</p> <p>Владеть: основными полевыми, камеральными (в том числе дистанционными) методами изучения мерзлотных процессов; оценкой влияния факторов геолого-географической среды на их развитие; терминологией на иностранном языке.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 54 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 18 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	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Выполнение практических работ	Всего	
Тема 1. Введение	2	1	1			2				
Тема 2.	8	1	2			3	1		1	
Тема 3.	8	3	4			7		2	2	
Тема 4.	12	2	4			6		2	2	
Текущая аттестация 1: тест	4		4			4				
Тема 5.	6	2	3			5		2	2	
Тема 6.	6	2	4			6		2	2	
Тема 7.	10	3	4			7		2	2	
Текущая аттестация 2: защита реферата	12		4			4				
Тема 8.	1	1	1			2	2		2	
Тема 9.		2	1			3	2		2	
Тема 10. Заключение		1	1			2				
Промежуточная аттестация зачет	3	<i>Устный зачет</i>						3		
Итого	72	54						18		

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Тема 1. Введение. Мерзлотные процессы и явления. Классификации. Цели и задачи курса. Особенности экзогенных геологических процессов в криолитозоне. Классификация мерзлотных процессов. Процессы, связанные с промерзанием, с протаиванием и с режелеацией, факторы, влияющие на их активность. Индикационные признаки мерзлотных процессов.

Тема 2. Особенности распространения мерзлотных процессов. Особенности распространения мерзлотных процессов и образований в горах и на равнинах, широтная зональность и высотная поясность.

Тема 3. Морозобойное растрескивание. Физическая сущность образования морозобойных трещин. Ярусность развития трещин. Типы полигонально-жильных структур. Зональность в распространении изначально-грунтовых жил и повторно-жильных льдов. Закономерности развития полигонально-жильного микрорельефа. Валиковый микрорельеф. Стадии развития полигонально-жильных структур.

Тема 4. Криогенное пучение. Миграционный и инъекционный механизмы пучения. Сезонное и многолетнее пучение. Основные характеристики пучения. Факторы, определяющие развитие криогенного пучения. Миграционные бугры пучения, бугристые торфяники. Площадное пучение, туфуры. Пятна-медальоны. Мерзлотная сортировка грунта. Многолетние бугры пучения – открытая и закрытая системы.

Тема 5. Криогенные склоновые процессы. Склоновые процессы и особенности их проявления в криолитозоне. Классификации криогенных склоновых процессов. Особенности развития криогенных склоновых процессов в криолитозоне по сравнению с умеренной зоной. Факторы, влияющие на развитие криогенных склоновых процессов. Солифлюкция. Криогенные оползни скольжения, криогенные оползни течения. Эволюция поверхности в результате криогенных склоновых процессов.

Тема 6. Термокарст, термоэрозия. Условия возникновения и механизм термоэрозии. Факторы, определяющие развитие термоэрозии. Показатели размываемости пород. Характеристики овражной сети в криолитозоне. Механизм и стадии развития термокарста. Факторы, определяющие развитие термокарста. Термокарстовые озера, котловины, атласы.

Тема 7. Мерзлотные процессы и явления в береговой зоне Арктических морей. Схема строения береговой зоны. Литодинамические процессы в береговой зоне. Типизация берегов. Термоабразия. Факторы, определяющие развитие термоабразии. Роль морских льдов в развитии берегов. Термоденудация на береговых уступах, сложенных высокольдистыми вечномерзлыми породами. Особенности развития побережий западного и восточного секторов Российской Арктики.

Тема 8. Условия и факторы развития мерзлотных процессов на севере Западной Сибири. Региональные условия севера Западно-Сибирской низменности. Распространение подземных льдов и их роль в развитии мерзлотных процессов на полуострове Ямал. Пространственная приуроченность процессов, связанных с деградацией и аградацией мерзлых толщ. Современные климатические изменения и их влияние на динамику мерзлотных процессов.

Тема 9. Методы изучения мерзлотных процессов и явлений. Полевые и камеральные методы изучения. Стационарные наблюдения. Изучение криогенного строения мерзлых пород. Геофизические методы. Изучение температурного режима, глубины сезонного оттаивания и промерзания (Международная программа CALM). Изучение мерзлотных процессов в полевых условиях. Камеральный этап изучения мерзлотных процессов и явлений.

Тема 10. Дистанционные методы изучения мерзлотных процессов и явлений. Методы дистанционного зондирования в изучении мерзлотных процессов. Использование

аэровизуальных наблюдений, результатов дешифрирования аэрофото-снимков и космических снимков при изучении мерзлотных процессов. Требования к применяемым материалам дистанционного зондирования. Дешифровочные признаки мерзлотных процессов и явлений. Предполовой выбор репрезентативных объектов изучения.

Содержание семинаров

1. Анализ построения принципов построения классификаций мерзлотных процессов, различия подходов общих и частных классификаций.
2. Рассмотрение зональных и региональных закономерностей проявления комплексов взаимосвязанных мерзлотных процессов.
3. Выявление особенностей проявления полигонально-жильных структур на данных дистанционного зондирования различного пространственного разрешения. Выявление специфики изменения полигонально-жильных структур в связи с а) увеличением континентальности типов сезонного протаивания, б) понижением среднегодовой температуры пород.
4. Определение особенности пространственного распространения криогенного пучения. Составление классификационной схемы криогенных явлений, связанных с криогенным пучением.
5. Обсуждение характеристик криогенных оползней, различающихся по типу поверхности скольжения, механизму потери устойчивости и типу проявления. Анализ связи криогенного строения пород СТС с эпюрами скоростей движения материала на склонах. Рассмотрение методов изучения, планирование и организация полевых стационарных наблюдений.
6. Выявление зональности в распространении термокарстовых и термоэрозионных форм. Анализ изменчивости природных факторов развития термоэрозии на севере Западной Сибири. Составление схемы, иллюстрирующей взаимосвязь форм термокарстовых образований с криогенным строением пород (состав, мощность ММП, морфология ледяных включений), рельефом поверхности.
7. Рассмотрение методов изучения динамики Арктических побережий. Обсуждение результатов реализации международного проекта АСД. Составление схемы взаимодействия факторов, определяющих динамику мерзлых морских берегов. Рассмотрение принципов построения классификаций арктических морских берегов.
8. Обсуждение принципов построения легенды криолитологической карты и создание карты-схемы распространения мерзлотных процессов и образований на ключевой участок Центрального Ямала.
9. Анализ преимуществ и недостатков полевых и дистанционных методов изучения различных мерзлотных процессов.
10. Обсуждение опыта применения ландшафтно-индикационного метода в криолитологических исследованиях. Составление схем дешифровочных признаков мерзлотных явлений.
11. Доклады студентов по рассмотренным группам мерзлотных процессов. Обсуждение результатов выполнения практических работ.

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

Текущая аттестация №1. Тест

Текущая аттестация №2. Защита реферата

Примерный перечень тем для рефератов

1. Классификации мерзлотных процессов.
2. Криогенное выветривание, пороодообразующая роль, криогенный элювий.
3. Особенности распространения мерзлотных процессов и образований в горах и на равнинах, широтная зональность и высотная поясность.
4. Причины и условия морозобойного растрескивания и формирования грунтовых, грунтово-ледяных и ледяных жил, псевдоморфоз.
5. Факторы развития полигонально-жильных структур, формы проявления морозобойного растрескивания в рельефе и в криолитологическом строении мерзлых пород.
6. Формы проявления термокарста в рельефе и строении чехла отложений.
7. Факторы, определяющие развитие термоабразии и термоденудации на береговых уступах, сложенных высокольдистыми вечномерзлыми породами.
8. Полевые и дистанционные методы изучения мерзлотных процессов - сопоставление.
9. Методические подходы использования данных дистанционного зондирования при изучении мерзлотных процессов и явлений.
10. Ландшафтно-индикационный метод в изучении мерзлотных процессов, криолитологических исследованиях.

Примерные перечень тем практических работ:

1. Создание схемы дешифрирования полигонального микрорельефа, связанного с развитием морозобойного растрескивания.
2. Построение цифровой модели рельефа и ортофотоплана участка с многолетним бугром пучения, определение морфометрических характеристик бугра.
3. Определение темпов развития термоабразионных берегов и береговых термоцирков на ключевом участке на основе анализа разновременных данных дистанционного зондирования и материалов полевой съемки.
4. Определение динамики площади термокарстовых озер на основе анализа разновременных космических снимков.
5. Разработка легенды и создание карты-схемы криолитологической направленности на ключевой участок.

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Особенности экзогенных геологических процессов в криолитозоне.
2. Классификация мерзлотных процессов. Примеры мерзлотных явлений, формируемых каждым процессом.
3. Процессы, связанные с промерзанием, с протаиванием и с режеляцией, факторы, влияющие на их активность.
4. Особенности распространения мерзлотных процессов и образований в горах и на равнинах, широтная зональность и высотная поясность.
5. Криогенное выветривание: его пороодообразующая роль, криогенный элювий.
6. Причины и условия морозобойного растрескивания и формирования грунтовых, грунтово-ледяных и ледяных жил, псевдоморфоз. Районы распространения эпигенетических и сингенетических жил.
7. Склоновые процессы и особенности их проявления в криолитозоне. Связь формы движения материала на склонах с криолитологическим строением СТС и верхних горизонтов вечномерзлых пород.
8. Криогенное пучение. Факторы и условия развития. Формы проявления. Особенности пространственного распространения.
9. Термокарст. Факторы и условия развития. Формы проявления. Особенности пространственного распространения.

10. Термоэрозия. Факторы и условия развития. Формы проявления. Особенности пространственного распространения.
11. Динамика арктических берегов, методы изучения, региональная специфика развития арктических берегов.
12. Факторы, определяющие развитие термоабразии и термоденудации на береговых уступах, сложенных высокольдистыми вечномерзлыми породами.
13. Региональные особенности развития мерзлотных процессов западного и восточного секторов области вечной мерзлоты России.
14. Методы изучения мерзлотных процессов – полевые и стационарные.
15. Использование данных дистанционного зондирования при изучении мерзлотных процессов и явлений.
16. Ландшафтно-индикационный метод в изучении мерзлотных процессов, криолитологических исследованиях.

Шкала и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – *зачет/устный*

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (виды оценочных средств: <i>тест, устный опрос, реферат</i>)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: <i>практические работы, устный опрос, реферат</i>)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: <i>практические работы, устный опрос, реферат</i>)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Воскресенский К.С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 262с.
2. Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие/ Под ред. Э.Д.Ершова. — М.: Изд-во МГУ. 2004. — 512 с.
3. Основы геокриологии. Ч. 4 Динамическая геокриология / Под ред. Э.Д.Ершова. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 688 с.
4. Конищев В.Н. Методы криолитологических исследований. —М.: Изд-во МГУ. 1983.
5. Арэ Ф.Э. Разрушение берегов арктических приморских низменностей. — Новосибирск.: Гео, 2012. — 291с.

Дополнительная литература:

1. Жигарев Л.А. Термоденудационные процессы и деформационное поведение протаивающих грунтов. –М.: Наука, 1975. -109с.
2. Каплина Т.Н. Криогенные склоновые процессы. -Москва: Наука, 1965, -296с.
3. Конищев В.Н., Рогов В.В. Методы криолитологических исследований. – М.: Изд-во МГУ. 1993.
4. Лейбман М.О., Кизяков А.И. Криогенные оползни Ямала и Югорского полуострова. – Москва-Тюмень: ИКЗ СО РАН, 2007. – 206с.
5. Попов А.И., Кузнецова Т.П., Розенбаум Г.Э. Криогенные формы рельефа. -М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1983.
6. Попов А.И. Альбом криогенных образований в земной коре и рельефе (уч. пособие). -М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1973.
7. Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жильных структур. -Новосибирск: Изд-во «Наука» Сибирское отделение, 1977. –215с.
8. Тимофеев Д.А., Втюрина Е.А. Терминология перигляциальной геоморфологии. – М.: Наука, 1983.
9. Уошборн А.Л. (Washburn A.L.) Мир холода. Геокриологические исследования. – Новосибирск: Наука, 1988.
10. French H.M. The Periglacial Environment, 3rd Edition. New York: Longman, 1976.

- Перечень лицензионного программного обеспечения

- пакет Microsoft Office,
- ESRI ArcGIS.
- Agisoft Metashape.

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

Сайт кафедры криолитологии и гляциологии:
<http://www.geogr.msu.ru/cafedra/crio/uchd/plan/>

Геопортал МГУ. Проекты, посвященные изучению мерзлотных процессов
<http://www.geogr.msu.ru:8082/api/index.html>

Циркумпольярный мониторинг сезонно-талого слоя CALM <http://www.gwu.edu/~calm>

Глобальная сеть наблюдений за мерзлотой <https://gtnp.arcticportal.org/>

Геопортал AWI <http://maps.awi.de/awimaps/>

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

Сайт журнала «Криосфера Земли» <https://izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=2> и <https://sibran.ru/journals/KZ/>

Сайт журнала «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>

Сайт журнала The Cryosphere <http://www.the-cryosphere.net/index.html>

Сайт журнала «Лёд и Снег» <http://ice-snow.igras.ru/jour/issue/archive>

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Кизяков Александр Иванович

11. Разработчики программы: Кизяков Александр Иванович, в.н.с. кафедры криолитологии и гляциологии