

**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
Количественные методы прогноза в мерзлотоведении и гляциологии**

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 №_10_, дата 27 октября 2021 г.)

Москва 2021

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 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 курсам «Основы мерзлотоведения и гляциологии», «Мерзлотоведение», «Грунтоведение», «Математика», «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
МПК-1. (<i>формируется частично</i>) Способность анализировать и сопоставлять данные, полученные с помощью различных методов исследований для краткосрочного и долгосрочного прогнозов	Применяет методы расчетов для краткосрочного и долгосрочного прогнозов развития криосферы при изменении климата в научной и практической деятельности	Знать: как ставятся и реализуются задачи прогнозирования в мерзлотоведении и гляциологии, и какие компьютерные технологии при этом использовать. Уметь: схематизировать реальные природные условия и разрабатывать математические модели. Владеть: навыками выполнения аналитических расчетов, работы с компьютерными программами по моделированию

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 54 академических часа 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 консультации	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада, выполнение расчетных заданий)	Подготовка реферата	Всего
Тема 1. Введение	3	2				2		1	1
Тема 2.	5	4				4		1	1
Тема 3.	11	4	4			8	2	1	3
Тема 4.	8	1	4			5	2	1	3
Тема 5.	10	1	4		2	7	2	1	3
Текущая аттестация 1: доклад с презентацией по самостоятельной работе	5		4			4		1	1
Тема 6.	7	2	4			6		1	1
Тема 7.	7	2	4			6		1	1
Тема 8.	9	2	4		2	8		1	1
Текущая аттестация 2: защита реферата	4		4			4			0
Промежуточная аттестация зачет	3	<i>Устный зачет</i>					3		
Итого	72	54					18		

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекционных занятий

Тема 1. Введение.

Геокриологический прогноз как одно из ведущих направлений в геокриологии. Модели в геокриологии. Виды моделирования. Этапы моделирования. Характеристика видов геокриологического прогноза.

Тема 2. Закономерности формирования и развития толщ мерзлых пород.

Теплофизическая, геологическая и географическая сущность процессов. Временная и пространственная изменчивость температуры воздуха у поверхности Земли. Тепловой баланс поверхности Земли. Динамика температурного режима в слое годовых колебаний температур. Динамика глубин сезонного промерзания и сезонного оттаивания под влиянием короткопериодных колебаний климата. Динамика температурного поля в многолетнемерзлых толщах ниже слоя с годовыми колебаниями температур. Влияние длиннопериодных колебаний климата на положение верхней и нижней границы ММП.

Тема 3. Основные положения методики количественного прогноза.

Формулировка задач промерзания-оттаивания для грубо- и тонкодисперсных пород. Постановка и решение классической задачи промерзания-оттаивания (задачи Стефана). Квазистационарные приближения решений задачи. Подходы к решению задачи промерзания – оттаивания с учетом массопереноса и замерзания почвенной влаги в спектре температур. Влияние процессов конвективного теплопереноса в различных элементах геокриологического разреза и методы количественной оценки этого влияния. Специфика промерзания-оттаивания засоленных пород и сопутствующие эффекты. Программы для моделирования температурного режима мерзлых грунтов.

Тема 4. Влияние теплоизолирующих покровов на среднегодовую температуру.

Влияние теплоизолирующих покровов на поверхности пород (снежного, растительного, техногенного) на сезонное промерзание (оттаивание) и среднегодовую температуру пород. Рассмотрение каждого фактора и особенностей определения параметров, необходимых для расчетов.

Тема 5. Аналитические методы расчета.

Приближенные формулы оценки мощности сезонного промерзания (оттаивания). Методика аналитического расчета среднегодовой температуры пород при наличии различных покровов на поверхности и ее практическое применение.

Тема 6. Криогенные геологические процессы. Собственно криогенные процессы

Классификация процессов и явлений в криолитозоне. Парагенезис процессов. Прогнозные оценки динамики процессов. Процессы, обусловленные изменениями температурного и влажностного режима пород, их сезонным и многолетним промерзанием или оттаиванием: морозобойное растрескивание, морозное пучение, наледеобразование, термокарст. Сезонное и многолетнее, площадное и локальное пучение. Механизмы образования бугров пучения. Модели процесса промерзания с учетом пучения. Приближенные методы оценки интенсивности пучения. Влияние природных факторов на процессы морозобойного растрескивания. Цикличность и стадии развития процессов. Модели процессов. Природа термокарста. Тепловые осадки оттаивающих пород. Количественный прогноз процесса.

Тема 7. Флювиальные, абразионные и воднобалансовые процессы

Абразивные и водобалансовые процессы в криолитозоне: термоабразия, термоэрозия. Связь с другими процессами. Природные факторы, влияющие на динамику процессов. Количественная оценка термоабразии.

Тема 8. Гравитационные процессы

Гравитационные процессы в криолитозоне: солифлюкция, оползни, курумообразование. Механизм и закономерности процессов. Подходы к количественной оценке.

Содержание семинаров

1. Знакомство с программой Qfrost. Поиск и расчет характеристик, необходимых для моделирования. Проверка и обсуждение результатов работы. Выдача индивидуального задания для самостоятельной работы каждому студенту.
2. Расчет влияния теплоизолирующих покровов на поверхности пород (снежного, растительного, техногенного) на сезонное промерзание (оттаивание) и среднегодовую температуру пород в программе Qfrost. Проверка и обсуждение результатов расчетов.
3. Задачи оценки мощности сезонного промерзания (оттаивания) на основе аналитических расчетов. Проверка и обсуждение результатов расчетов. Индивидуальные консультации по вопросам выполнения самостоятельной работы.
4. Доклады с презентацией по самостоятельной работе
5. Прогноз морозобойного растрескивания по термореологической модели, задача оценки вероятного размера многолетнего бугра пучения, оценка динамики роста наледи, развития термокарста. Проверка и обсуждение результатов расчетов.
6. Задачи количественной оценки термоабразии. Проверка и обсуждение результатов расчетов.
7. Задачи количественной оценки солифлюкции и оползания. Проверка и обсуждение результатов расчетов. Индивидуальные консультации по рефератам.
8. Доклады студентов по темам рефератов (с презентацией).

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

Текущая аттестация №1. Доклад с презентацией по самостоятельной работе

Текущая аттестация №2. Защита реферата

Примерный перечень тем для рефератов

Подходы к количественной оценке морозобойного растрескивания

Подходы к количественной оценке пучения пород

Подходы к количественной оценке наледообразования

Подходы к количественной оценке термокарста

Подходы к количественной оценке термоабразии

Подходы к количественной оценке термоэрозии

Подходы к количественной оценке заболачивания

Подходы к количественной оценке курумов

Подходы к количественной оценке солифлюкции

Подходы к количественной оценке оползней

Подходы к количественной оценке лавин

Самостоятельная работа «Прогноз теплового режима мерзлых грунтов в районе ...». Район выбирается индивидуально для каждого студента. Работа состоит из 3 разделов:

Раздел 1. Геолого-географическая характеристика

1.1 Краткая характеристика района

1.2 Климат

1.3 Геоморфология

1.4 Геологическое строение

1.5 Гидрогеологические условия

1.5 Геокриологические условия

1.6 Опыт строительства в районе

Раздел 2. Методика математического моделирования

2.1 Постановка математической модели

- 2.2 Назначение начальных и граничных условий
- 2.3 Методика определения теплофизических характеристик грунтов
- 2.4 Схематизация геологического строения
- Раздел 3. Результаты математического моделирования
- 3.1 Калибровка математической модели
- 3.2 Расчет максимальной глубины сезонного оттаивания
- 3.3 Прогноз изменения геокриологических условий с учетом тренда глобального изменения температуры
- 3.4 Прогноз изменения геокриологических условий при техногенном воздействии

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Геокриологический прогноз.
2. Временная и пространственная изменчивость температуры воздуха у поверхности Земли. Тепловой баланс поверхности Земли.
3. Динамика температурного режима в слое годовых колебаний температур.
4. Динамика глубин сезонного промерзания и сезонного оттаивания под влиянием короткопериодных колебаний климата.
5. Динамика температурного поля в многолетнемерзлых толщах ниже слоя с годовыми колебаниями температур. Влияние длиннопериодных колебаний климата на положение верхней и нижней границы ММТ.
6. Механизм и количественное описание процессов тепло- и массопереноса в мерзлых, талых и промерзающих породах.
7. Виды уравнений переноса в скальных, дисперсных и крупнообломочных породах. Краевые условия и их вид.
8. Подземный теплообмен и температурный режим пород, природные факторы, влияющие на формирование температурных полей различного типа в массивах горных пород.
9. Математическое описание стационарного одномерного температурного поля в однородном и многослойном массивах пород.
10. Формулировка задач промерзания-оттаивания для грубо- и тонкодисперсных пород. Постановка и решение классической задачи промерзания-оттаивания (задачи Стефана).
11. Квазистационарные приближения решений задачи Стефана.
12. Учет теплообмена между верхними слоями пород и приземным слоем воздуха для определения хода температур на поверхности пород. Влияние теплоизолирующих покровов на поверхности пород (снежного, растительного, техногенного) на сезонное промерзание (оттаивание) и среднегодовую температуру пород.
13. Характеристика свойств грунтов, необходимых для теплотехнических расчетов.
14. Приближенные формулы оценки мощности слоя сезонного промерзания (оттаивания). Методика аналитического расчета среднегодовой температуры пород при наличии различных покровов на поверхности и ее практическое применение.
15. Классификация процессов и явлений. Парагенезис процессов. Прогнозные оценки динамики процессов.
16. Сезонное и многолетнее, площадное и локальное пучение. Механизмы образования бугров пучения. Модели процесса промерзания с учетом пучения. Приближенные методы оценки интенсивности пучения.
17. Влияние природных факторов на процессы морозобойного растрескивания. Цикличность и стадии развития процессов. Модель процесса.
18. Природа термокарста. Тепловые осадки оттаивающих пород. Количественный условий и прогноз развития процесса термокарста.

19. Термоабразия, термоэрозия. Природные факторы, влияющие на динамику процессов. Подходы к количественной оценке термоабразии.

20. Гравитационные процессы в криолитозоне: солифлюкция, оползни, курумообразование. Оценка условий развития солифлюкционного движения материала.

Шкала и критерии оценивания

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

Оценка РО исоответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, выполнение расчетов, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: устный опрос, выполнение расчетов, реферат)	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: устный опрос, выполнение расчетов, реферат)	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:

- *Перечень основной учебной литературы*

1. Ершов Э.Д. Общая геокриология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002.
2. Основы геокриологии. Том 4. Динамическая геокриология./ Под ред. Ершова Э.Д. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001.
3. Основы геокриологии. Том 5. Инженерная геокриология../ Под ред. Ершова Э.Д. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999.
4. Основы мерзлотного прогноза при инженерно-геологических исследованиях / А. В. Брушков, С. Н. Булдович, С. С. Волохов и др. — Геоинфо Москва, 2016. — 512 с.

Дополнительная литература:

1. Гарагуля Л.С. Методика прогнозной оценки антропогенных изменений мерзлотных условий. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.
2. Гречищев С.Е., Чистотинов Л.В., Шур Ю.Л. Основы моделирования криогенных физико-геологических процессов. М.: Наука, 1984.
3. Методы геокриологических исследований. / Под ред. Ершова Э.Д. Изд-во Моск. Ун-та, 2004,
4. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993.

- *Перечень лицензионного программного обеспечения*

- Программный продукт Qfrost
- Геоинформационный программный продукт ArcGIS

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

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

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

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. Преподаватель Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — с.н.с. Котов Павел Игоревич.

11. Разработчики программы: Котов Павел Игоревич кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник кафедры геокриологии Геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова