

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан Геологического факультета  
академик

\_\_\_\_\_ /Д.Ю.Пушаровский/

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Математическое моделирование теплового взаимодействия инженерных  
сооружений с мёрзлыми породами**

Автор-составитель: Пустовойт Г.П.

**Уровень высшего образования:**  
*Магистратура (ИМ)*

**Направление подготовки: 05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

Магистерская программа:

**«Геокриология»**

Форма обучения:

***Очная***

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методическим Советом Геологического факультета  
(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программа магистратуры, реализуемая последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год приема на обучение – 2018.

© 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**

**Целью** курса "Математическое моделирование теплового взаимодействия инженерных сооружений с мёрзлыми породами" является приобретение студентами знаний и практических навыков для моделирования на ЭВМ и прогнозирования теплового взаимодействия инженерных сооружений с вмещающими породами при их оттаивании и промерзании на протяжении всего периода эксплуатации сооружения.

**Задачи** – формирование у студентов теоретических знаний о процессе теплового взаимодействия сооружений с многолетнемёрзлыми грунтами, о методах численного моделирования этого взаимодействия; получение практических навыков в постановке и решении на ЭВМ краевых задач, освоение конкретных компьютерных программ.

**1. Место дисциплины в структуре ООП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, дисциплина по выбору, курс – I, семестр – 2.

**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 «**Геокриология**»).

А также освоение дисциплин «Термодинамика и теплофизика мерзлых пород», «Геокриологический прогноз и мониторинг».

Дисциплина необходима в качестве предшествующей для научно-исследовательской работы и выполнения выпускной квалификационной работы.

**3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

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

ОПК-2.М. Способность самостоятельно формулировать цели работы, устанавливать последовательность решения профессиональных задач.

ОПК-5.М. Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности.

ОПК-6.М. Способность представлять, защищать, обсуждать и распространять результаты своей профессиональной деятельности.

ПК-4.М. Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии.

ПК-9.М. Способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач.

СПК-3.М. Способность проводить инженерно-геокриологическое изучение территорий; исследовать с применением современных методов, приборов и оборудования состав (включая газовую и биогенную составляющие), строение и свойства мерзлых грунтов; оценивать тепловое и механическое взаимодействия инженерных сооружений с многолетнемёрзлыми грунтами для обеспечения надежности оснований и устойчивости сооружений (формируется частично).

**Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

**знать:** теоретические основы теплового взаимодействия грунтов с основанием сооружений в криолитозоне;

**уметь:** ставить и решать задачи по моделированию теплового режима оснований сооружений в криолитозоне и анализировать полученную информацию;

**владеть:** навыками применения современных компьютерных технологий для прогноза устойчивости оснований сооружений в криолитозоне.

**4. Формат обучения** – лекции и семинары.

**5. Объем дисциплины** составляет 1 з.е., 36 часов, в том числе 26 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (8 часов – лекции и 18 часов – семинары); 10 часов на самостоятельную работу обучающихся, в том числе 2 часа –

промежуточная аттестация, 8 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

В курсе "Математическое моделирование теплового взаимодействия инженерных сооружений с мёрзлыми породами" рассматриваются физические основы и математическое описание теплового взаимодействия мёрзлых, оттаивающих и промерзающих пород с инженерными сооружениями и атмосферой. Изучаются методы численного моделирования этого взаимодействия, постановка и решение краевых задач, возможности и интерфейс компьютерной программы «ТУНДРА», разработанной на кафедре геокриологии. Студенты учатся самостоятельно ставить и решать конкретные задачи при моделировании на ЭВМ процессов промерзания и оттаивания пород в различных природных и техногенных условиях, прогнозировать поведение оснований сооружений в криолитозоне.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины  Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия практического типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение. Цель и задачи курса. Физические основы и математическое описание переноса тепла в породах		2	0	0	2	Подготовка реферата, 1 час
Раздел 2. Постановка и численные методы решения краевых задач		2	0	4	6	Подготовка реферата, 1 час
Раздел 3. Математический аппарат, алгоритм и входные данные программы “ТУНДРА”		2	0	4	6	Подготовка входных данных, 1 час
Раздел 4. Методика моделирования, интерфейс программы “ТУНДРА”, подготовка и ввод данных		2	0	4	6	Подготовка и ввод данных, 1 час
Раздел 5. Практическая работа с программой, вывод и анализ результатов		0	0	6	6	Работа с программой “ТУНДРА”, подготовка презентации, 4 часа
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						2
<b>Итого</b>	<b>36</b>			<b>26</b>		<b>10</b>

## **Содержание дисциплины по разделам и темам**

### ***Содержание лекционных занятий***

Лекция 1. Введение. Цель и задачи курса. Физические основы и математическое описание переноса тепла в породах. Уравнение теплопроводности, начальные и граничные условия. Описание фазовых переходов влаги, условие Стефана на границе раздела фаз.

Лекция 2. Задача Стефана и численные методы её решения. Построение разностных схем. Явные и неявные схемы.

Лекция 3. Устойчивость конечно-разностных схем. Регуляризация явной схемы для повышения её устойчивости. Алгоритм программы “ТУНДРА”, учёт фазовых переходов влаги в диапазоне температур. Представление кривой незамёрзшей воды на входе в программу.

Лекция 4. Интерфейс программы “ТУНДРА”, подготовка и ввод данных. Создание сетки и расчётной области сложной конфигурации. Подготовка и ввод граничных условий и теплофизических параметров, включая кривые незамёрзшей воды. Вывод результатов.

### ***Содержание семинарских занятий***

1. Сбор и первичная обработка данных (климатических, геологических, технических) для моделирования температурного режима в основании сооружения.

2. Приближённые решения задачи Стефана. Изучение разностных схем.

3. Постановка задачи и подготовительные расчеты для моделирования и прогноза температурного режима в основании сооружения.

4. Калибровка программы “ТУНДРА” с помощью решения одномерной задачи для выбранного геологического разреза района исследований.

5. Решение типичных двумерных задач. Анализ полученных результатов.

### **Рекомендуемые образовательные технологии**

При реализации программы “Математическое моделирование теплового взаимодействия инженерных сооружений с мёрзлыми породами” используются различные образовательные технологии. Во время аудиторных часов (26 часов) занятия проводятся в виде:

- лекций с использованием ПК и мультимедийного проектора с экраном;

- практических занятий в аудиториях, оснащенных ПК.

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

### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетно-графических работ и рефератов.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы.

#### ***Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:***

1. Физические основы и математическое описание переноса тепла в породах.
2. Описание фазовых переходов влаги в породах, условие Стефана на границе раздела фаз.
3. Построение разностных схем. Явные и неявные схемы.
4. Устойчивость конечно-разностных схем.
5. Регуляризация явной схемы для повышения её устойчивости.
6. Особенности алгоритма программы “ТУНДРА”.
7. Представление кривой незамёрзшей воды на входе в программу.
8. Особенности интерфейса программы “ТУНДРА”.
9. Создание сетки и расчётной области сложной конфигурации.
10. Подготовка и ввод граничных условий и теплофизических параметров.

### **7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

#### ***Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:***

1. Уравнение теплопроводности, начальные и граничные условия.
2. Численное моделирование процессов теплопередачи в основании сооружений.
3. Задача Стефана и численные методы её решения.
4. Устойчивость конечно-разностных схем. Явные и неявные схемы.

5. Математический аппарат, на основе которого разработана программа “ТУНДРА”.
6. Особенности интерфейса программы “ТУНДРА”.
7. Процесс подготовки и ввода данных в программу.
8. Алгоритм программы “ТУНДРА”, учёт фазовых переходов влаги в диапазоне температур.

#### **Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине**

Результаты обучения	Незачет	Зачет
<b>Знания:</b> теоретические основы теплового взаимодействия сооружений с мёрзлыми породами	Знания отсутствуют	Имеются систематические знания
<b>Умения:</b> ставить и решать задачи по моделированию теплового взаимодействия сооружений с породами и анализировать результаты	Умения отсутствуют	Есть умения ставить и решать задачи моделирования теплового взаимодействия сооружений с породами в криолитозоне
<b>Владеть:</b> навыками применения современных компьютерных технологий для прогноза устойчивости оснований сооружений в криолитозоне	Навыки отсутствуют	Имеет опыт по применению современных компьютерных технологий для прогноза устойчивости оснований сооружений в криолитозоне

#### **8. Ресурсное обеспечение:**

##### **А) Перечень основной и дополнительной литературы.**

###### **- основная литература:**

Г.П. Пустовойт, А.А. Венкстерн, В.В. Барке. Программа "ТУНДРА". Руководство пользователя М., 2014, 17 с.

*Общая геокриология.* Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 2002. 628 с.

*Основы геокриологии.* Ч.5. Инженерная геокриология. Под. ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1999. 526 с.

*Основы геокриологии.* Ч.4. Динамическая геокриология. / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во МГУ, 2001. 688 с.

*Хрусталева Л.Н. Основы геотехники в криолитозоне: М.: Изд-во МГУ, 2005. 544 с.*

*Хрусталева Л.Н., Пармузин С.Ю., Емельянова Л.В. Надежность северной инфраструктуры в условиях меняющегося климата. М.: КДУ, 2011. 260 с.*

###### **- дополнительная литература:**

*СП 25.13330.2012.* Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.

Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. 117 с.

*СП 131.13330.2012.* Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. Минрегион России, 2012. 109 с.

*СП 121.13330.2012* Аэродромы. Актуализированная редакция. СНиП 32-03-96. М: Минрегион России, 2012. 97 с.

##### **Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ:**

Microsoft Office Word, Microsoft Office PowerPoint;

Программа расчёта промерзания и оттаивания дисперсных горных пород (грунтов) с учетом фазовых переходов влаги в диапазоне отрицательных температур (кривых незамёрзшей воды) - "ТУНДРА". Свидетельство о государственной регистрации N 2014611743. 10 февраля 2014 г. Авторы: Г.П. Пустовойт, А.А. Венкстерн, В.В. Барке

##### **В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем – не требуется.**

##### **Г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

- программное обеспечение – Windows SP, Windows 7;

- интернет-ресурсы – meteo.ru.

##### **Д) Материально-техническое обеспечение дисциплины:** – учебная аудитория, оборудованная мультимедийным проектором и экраном; персональные компьютеры, фонды кафедры геокриологии, читальный зал библиотеки МГУ.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Пустовойт Г.П.

11. Автор программы – Пустовойт Г.П.