

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

**УТВЕРЖДАЮ**

**И.о. декана Геологического факультета**

**чл.-кор. РАН**

\_\_\_\_\_/И.Н. Еремин/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Практикум по моделированию мерзлотных процессов**

Автор-составитель: доцент, к.г.-м.н. Булдович С.Н.

**Уровень высшего образования:**

***Бакалавриат***

**Направление подготовки:**

**05.03.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

Форма обучения:

***Очная***

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва

---

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 «Геология» (*программа бакалавриата, реализуемая последовательно по схеме интегрированной подготовки*)

Год приема на обучение – 2022

© 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** освоения дисциплины Практикум по моделированию мерзлотных процессов является приобретение студентами практических навыков использования математических методов и ЭВМ для решения задач моделирования процессов подземного теплообмена, сезонного и многолетнего промерзания и оттаивания горных пород.

**Задачи**, которые ставятся перед студентами при освоении дисциплины:

- научиться выполнять количественный геокриологический прогноз на базе математического моделирования.
- приобретение навыков владения различными компьютерными программами, связанными с моделированием геокриологической обстановки.

**1. Место дисциплины в структуре ООП ВО** - профессиональные дисциплины по выбору, курс – IV, семестр – 7.

**2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** освоение дисциплин Информатика, Высшая математика, Уравнения математической физики, Общая геология, Гидрогеология, Инженерная геология, Геокриология. Дисциплина необходима для выполнения научно-исследовательской работы и подготовки выпускных работ.

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

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

СПК-1.Б Способность оценивать гидрогеологические, инженерно-геологические и геокриологические условия территорий для различных видов хозяйственной деятельности (формируются частично).

СПК-2.Б Способность проводить моделирование изучаемых гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических процессов (формируются частично).

СПК-3.Б Способность выполнять прогноз развития различных гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических процессов (формируются частично).

**Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:** как ставятся и реализуются задачи прогнозирования для общей и инженерной геокриологии, и какие компьютерные технологии при этом использовать.

**уметь:** схематизировать реальные природные условия и разрабатывать математические модели для общей и инженерной геокриологии.

**владеть:** навыками работы с компьютерными программами по моделированию геокриологических процессов.

**4. Формат обучения** – практические занятия.

**5. Объем дисциплины** составляет 2 з.е., 72 часа, в том числе 42 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (практические занятия), 30 академических часа выделяются на самостоятельную работу обучающихся, из них 4 часа – промежуточной аттестации и 26 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации – зачет.

**6. Содержание дисциплины.**

**Краткое содержание дисциплины:**

Дисциплина «Практикум по моделированию мерзлотных процессов» состоит из трех разделов. Первый раздел включает лабораторные работы по аналитическим расчетам температурных полей и особенностей процессов промерзания-оттаивания в породах криолитозоны. Второй раздел состоит из семинарских занятий по изучению приемов моделирования на ЭВМ, методов аналитических геокриологических оценок. Третий раздел состоит из практических занятий по численному математическому моделированию на ЭВМ и

посвящен углубленному изучению закономерностей процессов промерзания и оттаивания пород в различных природных и техногенных условиях.

Освоение дисциплины направлено на приобретение практических знаний и навыков составления математических моделей, отражающих конкретные геокриологические условия и характер их изменения. Предметом освоения являются новые компьютерные технологии для реализации решений задач исследования и прогнозирования геокриологической ситуации. Освоение этой дисциплины даст возможность грамотно осуществлять на практике математическое моделирование геокриологических процессов.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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. Расчеты температурных полей и особенностей процессов промерзания-оттаивания в породах криолитозоны		0	9	0	9	Самостоятельные расчеты, 4 часа, Зачеты по задачам
Раздел 2. Изучение приемов моделирования на ЭВМ, методов аналитических оценок		0	6	0	6	Самостоятельные расчеты, 4 часа, Зачеты по задачам
Раздел 3. Численное математическое моделирование на ЭВМ (ПК)		0	27	0	27	Самостоятельные расчеты, 18 часов, Зачеты по задачам
Промежуточная аттестация - <i>зачет</i>						4
<b>Итого</b>	<b>72</b>		<b>42</b>			<b>30</b>

## Содержание разделов дисциплины

Практикум непосредственно связан с курсом «Динамическая геокриология» (6 семестр) и является его дополнением в плане практической реализации теоретических знаний, получаемых студентами в этом курсе.

Практикум состоит из трех разделов.

### I. Расчеты температурных полей и особенностей процессов промерзания-оттаивания в породах криолитозоны

*Задача 1 - 1.* Определение конфигурации мерзлого массива пород и температурного поля в нем при наличии поверхностных (ландшафтных) неоднородностей с помощью решения двумерной стационарной задачи теплопроводности. Построение полной сетки движения тепла (изотермы и линии тока). Расчет по аналитическим зависимостям. 3 часа.

*Задача 1 - 2.* Аналитический расчет среднегодовой температуры пород и оценка влияния на нее различных факторов природной среды на суше и мелководных акваториях криолитозоны с использованием системы компьютерной математики «Maple». 3 часа

### II. Приемы моделирования на ЭВМ, теория методов аналитических геокриологических оценок,

*Задача 2 - 1.* Методы математического моделирования процессов теплообмена на ЭВМ, особенности программы «Тепло». 3 часа

*Задача 2 - 2.* Аналитические методы оценки геокриологических характеристик (среднегодовая температура пород, мощность сезонно-криогенного слоя) на основе определения уровня теплообмена пород с атмосферой (годового теплооборота) с использованием программ компьютерной математики (Maple и др.). 3 часа

### III. Численное математическое моделирование на ЭВМ.

*Задача 3 - 1.* Моделирование одномерного нестационарного температурного поля, динамики промерзания (оттаивания) и времени стабилизации теплообмена в породах после изменения граничных условий. 3 часа.

*Задача 3 - 2.* Оценка влияния геологических неоднородностей в разрезе на формирование температурного поля, мощность и конфигурацию многолетнемерзлых пород в рамках двухмерной задачи. 6 часов.

*Задача 3 - 3.* Определение конфигурации мерзлого массива пород и таликов, температурного поля пород в исследуемой области при наличии поверхностных тепловых неоднородностей. 6 часов.

*Задача 3 - 4.* Исследование теплового взаимодействия заглубленного фундамента здания с внешней подсыпкой с многолетнемерзлыми породами с подсыпкой. 6 часов.

*Задача 3 - 5.* Моделирование динамики формирования ореолов оттаивания и промерзания пород вокруг подземных инженерных объектов (трубопроводов, заглубленных фундаментов). 6 часов.

## **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..

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные проверки выполненной работы.

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

1. Математический аппарат, на основе которого разработана программа “WARM”.
2. Алгоритм программы “WARM”.
3. Возможные проектные решения при строительстве ж/д насыпей.
4. Возможные проектные решения при строительстве трубопроводов.

5. Возможные проектные решения при строительстве зданий, иных сооружений.
6. Определение температурных полей в основании сооружений: проектных, фактических, прогнозных.
7. Оценка устойчивости основания путем сравнения температурных полей (проектных, фактических, прогнозных).
8. Рекомендации по эксплуатации оснований сооружений в криолитозоне.

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

*Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:*

1. Методы изучения температурных полей в основании сооружений.
2. Принципы строительства для различных сооружений в криолитозоне.
3. Численное моделирование процессов теплопередачи в основании сооружений.
4. Методика диагностики устойчивости сооружений в криолитозоне.

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

Результаты обучения	Незачет	Зачет
<b>Знания:</b> как ставятся и реализуются задачи прогнозирования для общей и инженерной геокриологии, и какие компьютерные технологии при этом использовать	Знания отсутствуют	Имеются систематические знания
<b>Умения:</b> схематизировать реальные природные условия и разрабатывать математические модели для общей и инженерной геокриологии	Умения отсутствуют	Есть умения ставить разрабатывать математические модели для решения геокриологических задач
<b>Владеть:</b> навыками работы с компьютерными программами по моделированию геокриологических процессов	Навыки отсутствуют	Имеет хорошие навыки работы с компьютерными программами решения геокриологических задач

**8. Ресурсное обеспечение:**

**А) Перечень основной и дополнительной 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. Гл.1., Тепловое взаимодействие инженерных сооружений с горными породами. / Под ред. Ершова Э.Д. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999.
4. Основы мерзлотного прогноза при инженерно-геологических исследованиях / Под ред. Кудрявцева В.А.. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974.
5. Применение математических методов и ЭВМ при изучении геокриологических процессов. Часть 1 и 2 / Под ред. Гарагули Л.С.. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990.
6. Хрусталева Л.Н., Емельянов Н.В., Пустовойт Г.П., Яковлев С.В. Программа расчета теплового взаимодействия инженерных сооружений с вечномерзлыми грунтами WARM. Свидетельство №940281, РосАПО, 1994.

**Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ:**  
Microsoft Office Word, Microsoft Office PowerPoint.

**В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Программа расчета теплового взаимодействия инженерных сооружений с вечномерзлыми грунтами "WARM". Свидетельство № 940281. РосАПО, 1994.

Программа моделирования температурных полей «QFrost». Свидетельство о

государственной регистрации программы для ЭВМ №2016614404 от 22.04.2016.

**Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы и лицензионное программное обеспечение - не требуется.**

Д) Материально-технического обеспечение – аудитория с мультимедийным проектором и персональными компьютерами, фонды кафедры геокриологии, читальный зал библиотеки МГУ.

**9. Язык преподавания** – русский.

**10. Преподаватели** – Булдович С.Н., Емельянова Л.В.

**11. Автор программы** – Булдович С.Н