

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 УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Инженерно-геологические расчеты и моделирование**

Автор-составитель: Калинин Э.В.

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

**Направление подготовки:**  
**05.04.01 «Геология»**

**Профиль ОПОП:**  
**Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

**Магистерская программа:**  
**Инженерная геология**

**Форма обучения:**  
*Очная*

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

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» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2019.

© 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 «Инженерно-геологические расчеты и моделирование», является изучение основных расчетных методов и способов моделирования для приближенной количественной оценки геологических и инженерно-геологических процессов и явлений, а так же для определения деформируемости и устойчивости пород в естественных условиях и во взаимодействии с сооружениями.

**В задачи** дисциплины входит изучение физических основ и технологии моделирования и алгоритмов различных способов расчётов, определение условий и границ применения расчетных методов и моделирования в зависимости от их возможностей и особенностей инженерно-геологической обстановки, типа и класса сооружения, знакомство с приёмами составления расчётных моделей и схем и обоснованного выбора расчётных показателей свойств пород, освоение основных способов математического и физического моделирования, применяемых для изучения геологических и инженерно-геологических процессов.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, обязательная, курс – 1, семестр – 1.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

дисциплина базируется на дисциплинах естественнонаучного, математического и профессионального циклов. Знания, получаемые в курсе «Инженерно-геологические расчеты и моделирование», необходимы для освоения курса «Решение инженерно-геологических задач численными методами» и могут быть использованы для выполнения магистерской работы.

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

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

ОПК-3.М. Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию

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

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

ПК-7.М. Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований

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

СПК-2.М. Способность определять устойчивость литотехнических систем и опасность возникновения неблагоприятных геологических процессов.

СПК-4.М. Способность составлять прогноз развития природных и природно-техногенных процессов, в том числе на базе их мониторинга.

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

**Знать:** методы математического и физического моделирования, принципы геомеханической схематизации массивов горных пород, математическую модель процесса деформирования и разрушения, методы численного решения инженерно-геологических задач, основы теории подобия, приемы расчетов современных геологических и инженерно-геологических процессов.

**Уметь:** проводить схематизацию природных условий, обосновывать возможность использования методов математического и физического моделирования при изучении современных геологических, в том числе инженерно-геологических процессов, применять расчетные методы и способы физического моделирования для решения геологических и инженерно-геологических задач.

**Владеть:** приемами математического и физического моделирования для изучения современных геологических и инженерно-геологических процессов, способами расчета деформаций и устойчивости оснований сооружений, методами оценки устойчивости склонов и откосов, расчетами переработки берегов водохранилищ, методами расчета оседания поверхности земли при откачках флюида и перераспределения напряжений в массивах пород при проходке горных выработок.

**4. Формат обучения** – лекционные, семинарские и практические занятия.

**5. Объем дисциплины** составляет 4 з.е., 144 академических часа, в том числе 70 часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 28 часа – занятия семинарского типа, 28 часов – практические занятия), 74 часа отведено на самостоятельную работу (в том числе 10 часов на мероприятия промежуточной аттестации). Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

Дисциплина «Инженерно-геологические расчеты и моделирование», включает четыре раздела. Первый посвящен вопросам применения математического моделирования в инженерной геологии. В нём рассматривается построение математической модели процесса деформирования, применение её для исследования напряженно-деформированного состояния и условий разрушения массива пород, математические (аналитические и численные) методы решения задач. Во втором разделе рассматриваются основы теории подобия и анализ размерностей, приводится описание методов аналогового моделирования, эквивалентных и термо-пластических материалов, тензосетки, центробежного моделирования, поляризационно-оптических методов и природных аналогов. Третий раздел посвящён характеристике основных способов расчёта устойчивости склонов и откосов и условиям их применения в различной природной обстановке, а также даётся представление об обратных расчётах. В четвёртом разделе рассматриваются методы расчёта переработки берегов водохранилищ, способы оценки горного давления, сдвижения горных пород, явлений выпора, суффозионной устойчивости, обрушений в карстовых пустотах и др.

<p><b>Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины</b></p> <p><b>Форма промежуточной аттестации по дисциплине</b></p>	<p><b>Всего (часы)</b></p>	<p><b>В том числе</b></p>				<p><b>Самостоятельная работа обучающегося, часы</b></p>
		<p><b>Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)</b></p> <p><b>Виды контактной работы, часы</b></p>				
		<p><b>Занятия лекционного типа</b></p>	<p><b>Практические занятия</b></p>	<p><b>Занятия семинарского типа</b></p>	<p><b>Всего</b></p>	

Введение. Общая классификация методов моделирования.		1	2	2	5	
Основы схематизации природных условий		1	2	2	5	
Математическая модель процесса деформирования массива пород		1	2	2	5	
Математические методы решения задач и их классификация.		1	2	2	5	
Численные методы, применяемые при математическом моделировании природных процессов		1	2	2	5	Задача по изучению распределения напряжений в массиве пород, 9 часов
Расчет осадки и устойчивости оснований сооружений		1	2	2	5	
Теория подобия как основа физического моделирования		1	2	2	5	Задача по оценке осадки основания, 9 часов
Методы физического моделирования		1	2	2	5	
Методы расчёта устойчивости склонов и откосов, основанные на теории предельного равновесия		1	2	2	5	Задача по оценке устойчивости склонов, 9 часов
Метод фрагментов. Расчёты устойчивости оползневых тел		1	2	2	5	Задача по моделированию истечения сыпучих сред, 9 часов
Геологические процессы в горных выработках		1	2	2	5	Задача по моделированию разрыва, 9 часов
Оценка сдвижения горных пород и формирования мульды проседания		1	2	2	5	Задача по оптическому моделированию, 9 часов
Оседание поверхности при откачках подземных вод, нефти и газа.		1	2	2	5	Подготовка к контрольной работе, 10 часов
Расчёты переработки берегов водохранилищ		1	2	2	5	
Промежуточная аттестация - экзамен						10
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>70</b>				<b>74</b>

### Содержание лекционных и семинарских занятий:

#### Введение

Место расчетов и моделирования при инженерно-геологических исследованиях. Основные задачи, решаемые расчётами и моделированием.

Моделирование как способ исследования, прогнозирования и управления современными геологическими и инженерно-геологическими процессами. Общая классификация методов моделирования.

Основы схематизации природных условий в связи с применением инженерно-геологических расчётов и моделирования. Учёт геологического строения, свойств пород, гидрогеологических условий, вида и стадии строительства, класса сооружений и других факторов при схематизации и выборе метода расчёта или моделирования. Оценка точности результатов расчётов и моделирования.

#### **Математическое моделирование**

Построение математической модели процесса деформирования массива пород. Природные и искусственные объёмные и поверхностные силы. Уравнения движения (равновесия), неразрывности и состояния, их физический смысл. Уравнения состояния для слоистых массивов пород. Начальные и граничные условия, способы их задания.

Типы расчётных моделей при изучении геомеханических процессов: модель линейно-деформированного тела и модель предельного напряжённого состояния.

Схематизация процесса деформирования массива пород. Условия, при которых массив пород может быть принят сплошным, однородным и изотропным. Случаи, когда процессы деформирования могут рассматриваться квазистационарными, плоскими или одномерными.

Математические методы решения задач о деформировании массива пород, их классификация. Точные и приближённые методы.

Разностные и вариационно-разностные методы, их преимущества и недостатки. Способы представления изучаемых неоднородных областей с помощью сеток.

Метод конечных элементов и его применение для изучения распределения напряжений и условий разрушения массива пород. Процедура метода, его возможности и недостатки.

Метод граничных элементов, его использование при изучении деформируемости трещиноватых массивов пород.

Примеры решения задач о деформируемости массивов пород с помощью аналитических и различных численных методов (осадка оснований сооружений, деформация поверхности земли при откачках подземных вод, распределение напряжений в неоднородных и трещиноватых массивах пород и др.).

#### **Методы экспериментального и натурного моделирования**

Теория подобия как основа моделирования. Понятие об анализе размерностей. Применение метода размерностей для установления связи между физическими величинами, определяющими изучаемый процесс. Коэффициенты и критерии подобия. Критерии подобия для моделирования геомеханических процессов.

Аналоговое моделирование, теоретические основы и использование для изучения напряженно-деформированного состояния массива пород. Условия применения, преимущества и недостатки.

Метод эквивалентных материалов и его применение для изучения деформирования и разрушения массивов пород. Материалы для построения модели, способы и инструменты для измерения деформаций и напряжений.

Моделирование с помощью термопластических материалов. Условия применения, преимущества и недостатки.

Центробежное моделирование, область его применения.

Поляризационно-оптические методы моделирования, решаемые ими задачи и теоретические основы. Метод фотоупругости. Метод замораживания напряжений и его применение для изучения распределения напряжений в объёмных моделях. Материалы для изготовления моделей. Условия их использования, возможности и недостатки.

Метод тензометрической сетки, область его применения.

Метод природных аналогов. Теория геологического подобия как основа метода. Применение натурного моделирования для прогноза переработки берегов водохранилищ, сложенных лессовыми породами.

#### **Расчеты устойчивости склонов и откосов**

Методы расчёта устойчивости склонов и откосов, основанные на теории предельного равновесия. Метод В.В. Соколовского. Методы построения равнопрочных откосов (Н.Н. Маслов, М.Н. Троицкая).

Расчёты устойчивости оползневых тел. Основные принципы расчётов и исходные положения метода фрагментов. Методы плоских поверхностей смещения. Способы горизонтальных и наклонных сил. Метод Р.Р. Чугаева.

Расчёты устойчивости методом круглоцилиндрических поверхностей обрушения в случаях, когда оползень рассматривается единым твердым телом, и путём разбивки его на отдельные блоки.

Учет неоднородности строения, действия взвешивания, фильтрационных и сейсмических сил при расчётах устойчивости склонов и откосов. Границы применимости различных методов.

Расчёты устойчивости склонов и откосов в скальных породах.

Обратные расчёты для определения сопротивления пород сдвигу.

### **Инженерно-геологические расчёты**

Расчёт осадки и устойчивости оснований сооружений. Виды нагрузок, учитываемых при расчетах оснований сооружений. Расчет оснований по деформациям. Расчет осадки основания. Расчет оснований по несущей способности. Особые случаи расчета несущей способности и деформаций оснований.

Оценка устойчивости массивов пород на закарстованных территориях. Изучение суффозионных деформаций в песчаных отложениях.

Распределение напряжений вокруг подземной полости. Обрушение кровли подземной выработки. Горное давление и основные процессы в подземных выработках.

Оценка устойчивости дна карьера или котлована при его вскрытии. Фильтрационный выпор.

Оценка сдвижения горных пород и формирования мульды проседания над выработанным пространством в результате добычи полезного ископаемого. Оседание поверхности при откачках подземных вод, нефти и газа.

Расчёты переработки берегов водохранилищ, их классификация. Сравнительно-геологические методы. Графоаналитический метод Г.С. Золотарёва. Энергетические методы расчётов переработки берегов водохранилищ. Методы Е.Г. Качугина, Н.Е. Кондратьева и др. Статистические методы. Особые случаи расчётов переработки берегов водохранилищ.

### **Заключение**

Направления развития и перспективы применения расчётных методов и моделирования в инженерной геологии.

### **Содержание практических занятий:**

1. Расчет распределения напряжений в полупространстве под нагрузкой, глубины активной зоны и осадки слоистого основания.

2. Изучение напряженно-деформированного состояния и устойчивости неоднородного массива пород численными методами.

3. Изучение распределения напряжений в массиве с трещинами методом граничных элементов.

4. Определение прочностных свойств пород вдоль поверхности скольжения методом обратных расчётов и расчет устойчивости оползневого тела с учетом его обводнения и сейсмичности территории.

5. Изучение истечения песчаных сред (сухих и водонасыщенных) с помощью моделей из сыпучих материалов.

6. Изучение деформации скальных массивов пород с помощью эквивалентных моделей.

7. Изучение распределения напряжений вокруг подземной полости и в бортах и

основании котлована или карьера поляризационно-оптическим методом.

8. Расчёт переработки берегов водохранилища методом природных аналогов.

### **Рекомендуемые образовательные технологии:**

При реализации программы дисциплины «Инженерно-геологические расчеты и моделирование» используются следующие образовательные технологии: лекции (14 часов) и семинарские занятия (28 часов) в аудитории и практические занятия в компьютерном классе и в лаборатории моделирования (28 часов). Самостоятельная работа студентов включает выполнение домашних заданий, подготовку к семинарским и практическим занятиям, участие в дискуссиях и работу студентов в библиотеке Геологического факультета.

### **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 успеваемости проводится при сдаче студентом расчетных задач и проведении контрольных работ.

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

1. Общая классификация моделей.
2. Основы схематизации природных условий.
3. Математическая модель процесса деформирования.
4. Типы расчетных моделей при изучении геомеханических процессов.
5. Назначение граничных условий.
6. Математические способы (аналитические и численные) решения задачи о напряженно-деформированном состоянии массива пород.
7. Основы метода конечных элементов.
8. Теория подобия как основа моделирования.
9. Понятие об анализе размерностей.
10. Методы экспериментального моделирования и их классификация.
11. Коэффициент и дефицит устойчивости склонов. Основные способы определения.
12. Методы расчета устойчивости склонов и откосов, основанные на теории предельного равновесия.
13. Расчет устойчивости оползневых тел. Исходные положения метода фрагментов.
14. Расчет дефицита устойчивости и оползневого давления.
15. Способы учета фильтрационных и взвешивающих сил при расчете устойчивости склонов.
16. Учет сейсмических сил при расчете устойчивости склонов и откосов.
17. Расчеты устойчивости склонов и откосов в скальных породах.
18. Энергетические и сравнительно-геологические методы расчетов переработки берегов водохранилищ.
19. Метод природных аналогов для расчета переработки берегов водохранилищ.
20. Оценка устойчивости песчаного грунта над карстовой полостью.
21. Деформация водонасыщенных песчаных откосов.
22. Фильтрационный выпор дна котлована.
23. Деформация поверхности при откачке подземных вод.
24. Распределение напряжений вокруг подземной полости.

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

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

1. Основы схематизации природных условий для целей инженерно-геологических расчетов. Схематизация механических процессов.
2. Моделирование инженерно-геологических процессов. Общая классификация моделей.
3. Построение математической модели геомеханических процессов.
4. Уравнения состояния для слоистых массивов горных пород.
5. Типы расчетных моделей при изучении геомеханических процессов.
6. Назначение граничных условий при изучении геомеханических процессов.
7. Математические способы решения задачи о напряженно-деформированном состоянии массива пород.
8. Численные методы, применяемые при изучении напряженно-деформированного состояния массивов пород.
9. Применение конечно-разностных методов для изучения напряженно-деформированного состояния массивов пород.
10. Основы метода конечных элементов и его применение для изучения распределения напряжений в породах.
11. Метод граничных элементов.
12. Теория подобия как основа моделирования. Подобие геомеханических процессов.
13. Понятие об анализе размерностей.
14. Критерии подобия при моделировании механических процессов.
15. Методы экспериментального моделирования, применяемые при решении геомеханических процессов. Их классификация.
16. Метод эквивалентных материалов.
17. Метод центробежного моделирования.
18. Метод термопластических материалов.
19. Поляризационно-оптические методы изучения напряженного состояния пород. Метод фотоупругости.
20. Применение метода замораживания напряжений при изучении напряженного состояния пород.
21. Применение метода ЭГДА при изучении распределения напряжений в породах.
22. Принципы расчетов устойчивости оползней. Исходные положения метода фрагментов.
23. Коэффициент устойчивости склонов. Основные способы его определения.
24. Дефицит устойчивости. Способы его определения.
25. Методы расчета устойчивости откосов, основанные на теории предельного равновесия.
26. Метод В.В.Соколовского.
27. Метод построения равнопрочного откоса Н.Н.Маслова (метод Fr).
28. Расчет устойчивости откосов способом горизонтальных сил.
29. Расчет устойчивости откосов способом горизонтальных сил в случае, когда поверхность скольжения сложена неоднородным грунтом.
30. Расчет устойчивости склонов методом круглоцилиндрических поверхностей обрушения, когда отсек обрушения рассматривается единым твердым телом. Способ весового давления.
31. Расчет устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей обрушения путем разбиения оползневого тела на отдельные вертикальные столбики. Метод К.Терцаги.
32. Расчет устойчивости оползневого тела, когда поверхность смещения представляется системой плоских поверхностей скольжения.
33. Способы учета фильтрационных и взвешивающих сил при расчете устойчивости склонов.

34. Учет фильтрационных и взвешивающих сил при расчетах устойчивости склонов путем замены объёмных сил поверхностными.
35. Учет сейсмических сил при расчете устойчивости склонов и откосов.
36. Расчеты устойчивости склонов и откосов в скальных породах.
37. Энергетические методы расчетов переработки берегов водохранилищ. Метод Е.Г.Качугина.
38. Сравнительно-геологические методы расчетов переработки берегов водохранилищ. Графоаналитический метод Г.С.Золотарева.
39. Метод природных аналогов для расчета переработки берегов водохранилищ.
40. Оценка устойчивости песчаного грунта над карстовой полостью.
41. Деформация водонасыщенных песчаных откосов.
42. Фильтрационный выпор дна котлована.
43. Деформация поверхности при откачке подземных вод.
44. Распределение напряжений вокруг подземной полости и способы оценки деформации и разрушения пород.
45. Сдвигение массивов горных пород.
46. Расчет обрушения кровли подземных выработок.

### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
<b>Знания:</b> методы математического и физического моделирования, принципы геомеханической схематизации массивов горных пород, математическую модель процесса деформирования и разрушения, методы численного решения инженерно-геологических задач, основы теории подобия, приемы расчетов современных геологических и инженерно-геологических процессов.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
<b>Умения:</b> проводить схематизацию природных условий, обосновывать возможность использования	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить схематизацию природных	Успешное умение проводить схематизацию природных условий, обосновывать возможность

<p>методов математического и физического моделирования при изучении современных геологических процессов, применять расчетные методы и способы физического моделирования для решения геологических и инженерно-геологических задач</p>			<p>условий, обосновывать возможность использования методов математического и физического моделирования при изучении современных геологических процессов, применять расчетные методы и способы физического моделирования для решения геологических и инженерно-геологических задач</p>	<p>использования методов математического и физического моделирования при изучении современных геологических процессов, применять расчетные методы и способы физического моделирования для решения геологических и инженерно-геологических задач</p>
<p><b>Владение:</b> приемами математического и физического моделирования для изучения современных геологических процессов, способами расчета деформаций и устойчивости оснований сооружений, методами оценки устойчивости склонов и откосов, расчетами переработки берегов водохранилищ, методами расчета оседания поверхности земли при откачках флюида и перераспределения напряжений в массивах пород при проходке горных выработок.</p>	<p>Навыки владения приемами математического и физического моделирования для изучения современных геологических процессов, способами расчета деформаций и устойчивости оснований сооружений, методами оценки устойчивости склонов и откосов, расчетами переработки берегов водохранилищ, методами расчета оседания поверхности земли при откачках флюида и</p>	<p>Фрагментарное владение приемами математического и физического моделирования для изучения современных геологических процессов, способами расчета деформаций и устойчивости оснований сооружений, методами оценки устойчивости склонов и откосов, расчетами переработки берегов водохранилищ, методами расчета оседания поверхности земли при откачках флюида и перераспределения напряжений в массивах пород при проходке горных выработок.</p>	<p>В целом сформированные навыки владения приемами математического и физического моделирования для изучения современных геологических процессов, способами расчета деформаций и устойчивости оснований сооружений, методами оценки устойчивости склонов и откосов, расчетами переработки берегов водохранилищ, методами расчета оседания поверхности земли при откачках флюида и перераспределения напряжений в</p>	<p>Владение приемами математического и физического моделирования для изучения современных геологических процессов, способами расчета деформаций и устойчивости оснований сооружений, методами оценки устойчивости склонов и откосов, расчетами переработки берегов водохранилищ, методами расчета оседания поверхности земли при откачках флюида и перераспределе</p>

	перераспределе ния напряжений в массивах пород при проходке горных выработок.		массивах пород при проходке горных выработок.	ния напряжений в массивах пород при проходке горных выработок.
--	---	--	--	---

## 8. Ресурсное обеспечение:

### А) Перечень основной и дополнительной литературы:

#### а) основная литература:

Гороховский В.М., Ткачук Э.И. Моделирование в инженерной геологии. Новороссийск, 1980. 84 с.

Калинин Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2006. 256 с.

Мироненко В.А., Шестаков В.М. Основы гидрогеомеханики. М.: Недра, 1974. 295 с.

Розовский Л.Б., Зелинский И.П., Воскобойников В.М. Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. Учебное пособие. Киев-Одесса: Вища школа, 1987. 208 с.

#### б) дополнительная литература:

Кузнецов Г.Н., Будько М.Н. и др. Моделирование проявлений горного давления. М.: Недра, 1968.

Розовский Л.Б. Введение в теорию геологического подобия и моделирования. М.: Недра, 1969.

Трумбачёв В.Д., Молодцова А.С. Применение оптического метода для исследования напряженного состояния пород вокруг горных выработок. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

Ухов С.Б. Расчёт сооружений и оснований методом конечных элементов. М.: Изд-во МИСИ, 1973.

Чугаев Р.Р. Расчёт устойчивости земельных откосов по методу плоских поверхностей сдвига грунта. М.-Л.: Энергия, 1964.

Чугаев Р.Р. Расчёт устойчивости земляных откосов и бетонных плотин на не скальном основании по методу круглоцилиндрических поверхностей обрушения. М.: Госэнергоиздат, 1963.

#### Б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Специальные вычислительные компьютерные пакеты программ как стандартные (Geostudio-2004, Ansys, Abagus, Midas, Plaksis и др.), так и разработанные сотрудниками и преподавателями кафедры инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ.

Д) материально-техническое обеспечение: а) помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 25 учащихся; дисплейный класс; лаборатория физического моделирования.

б) оборудование – компьютеры, мультимедийный проектор, экран, оборудование для физического моделирования, выход в Интернет.

## 9. Язык преподавания – русский.

## 10. Преподаватель – Калинин Э.В.

## 11. Автор программы – Калинин Э.В.