МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет горный

Кафедра Прикладной геологии и технологии геологической разведки

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения**

по дисциплине «Математические методы моделирования в геологии»

для направления подготовки (специальности) 21.05.02. «Прикладная геология»

Профиль (специализация) «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Общая трудоемкость дисциплины «Математические методы моделирования в геологии»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды занятий | Распределение по семестру  в часах | Всего часов |
| 5  семестр |  |
| 1 | 2 | 3 |
| Общая трудоемкость | 108 | 108 |
| Аудиторные занятия, в т.ч.: | 10 | 10 |
| лекционные (ЛК) | 4 | 4 |
| практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | - | - |
| лабораторные (ЛР) | 6 | 6 |
| Самостоятельная работа студентов (СРС) | 62 | 62 |
| Форма промежуточного контроля в семестре\* | экзамен | 36 |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) |  |  |

**Краткое содержание курса**

**Структура и объем учебного курса**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № темы | Наименование темы | Всего часов по семестру | Ауди-торные занятия | СРС | Аудиторные занятия в т.ч. | |
| ЛК | ЛР |
| 1 | Введение | 1 | 1 |  |  |  |
| 2 | Математические модели. Основные понятия и определения. | 9 | 1 | 8 | 1 |  |
| 3 | Основные статистические понятия. Принципы вероятностного моделирования. | 9 | 3 | 6 | 1 | 2 |
| 4 | Статистический анализ в инженерной геологии. | 11 | 3 | 8 | 1 | 2 |
| 5 | Элементы теории корреляции. Регрессионный анализ. | 12 | 2 | 10 |  | 2 |
| 6 | Численное моделирование геофильтрации. | 10 |  | 10 |  |  |
| 7 | Моделирование состояния геологической среды в условиях техногенеза. | 11 | 1 | 10 | 1 |  |
| 8 | Факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических методов в геологии | 10 |  | 10 |  |  |
|  |  | 72 | 10 | 62 | 4 | 6 |

**Содержание программы лекционного курса**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № лекции | Тема лекции | Кол-во часов |
| 1 | Введение. Основные определения. Из истории применения математических методов в геологии.. Некоторые сведения о применении математических методов моделирования в гидрогеологии и инженерной геологии. |  |
| Математические модели. Основные понятия и определения. Понятие о математической модели. Разновидности математической модели. Основные статистические модели. Процесс математического моделирования. Этапы математического моделирования. | 1 |
| 2 | Основные статистические понятия. Принципы вероятностного моделирования. Задачи математической статистики. Генеральная и выборная совокупности. Способы отбора. Статистическое распределение выборки. Статистические оценки параметров распределения. Модели и методы статистического анализа. Становление метода вероятностного моделирования. | 1 |
| Элементы теории корреляции. Регрессионный анализ. Выборочные уравнения регрессии. Определение параметров выборочного уравнения прямой линии регрессии. Корреляционная таблица. Выборочный коэффициент корреляции, методика его вычисления. |  |
| 3 | Статистический анализ в инженерной геологии. Линейные модели первого порядка с независимыми переменными. Корреляционный анализ. Выбор прогнозирующих признаков. Сопоставление двух инженерно-геологических объектов с помощью многомерных критериев | 1 |
| Моделирование состояния геологической среды в условиях техногенеза.  Техногенные процессы и явления. Изменения условий геосреды. Проблемы управления и прогнозирования. Инженерно- геологические модели взаймодействия геологической среды и инженерных сооружений. | 1 |
| Итого лекций | | 4 |

**Содержание программы лабораторных занятий**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Тема лабораторных занятий | Кол-во часов |
| 1 | Определение основных статических характеристик физико- механических свойств горных пород. | 2 |
| 2 | Проверка возможности объединения двух инженерно-геологических элементов. | 2 |
| 3 | Проверка гипотез о наличии корреляционной связи. | 2 |

**Содержание и объем самостоятельной работы студента**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № пп | Вид самостоятельной работы | № те-мы | Форма отчетности | Кол-во часов |
| 1 | Особенности использования математических методов в геологии. | 2 | Реферат | 6 |
| 2 | Исследование связей между характеристиками механических свойств грунтов и показатели их состава, структуры и физического состояния. | 3 | Контрольное задание | 8 |
| 3 | Статистическая проверка геологических гипотез. | 4 | Реферат | 8 |
| 4 | Элементы теории корреляции. Регрессионный анализ. Составление уравнения регрессии для исследования взаимосвязи поверхностного и подземного стока. | 5 | Реферат | 10 |
| 5 | Моделирование пространственных переменных. | 6 | Реферат | 8 |
| 6 | Численное моделирование геофильтрации. Задание краевых условий. Построение системы конечно-разностных уравнений и ее предварительный анализ. Особенности моделирования скважин и водотоков на плановых моделях. Особенности численного моделирования многопластовых систем. Примеры численно-аналитического решения для двухпластового потока. Расчеты береговых водозаборов. | 6 | Реферат | 2 |
| 7 | Математическое моделирование работы проектируемого водозабора. Определение возможности захвата загрязненных вод водозаборными сооружениями. Оценка изменения качества отбираемой воды. | 7 | Контрольное задание | 6 |
| 8 | Прогнозная оценка изменений гидрогеологических условий при осушении месторождений твердых полезных ископаемых. | 7 | Реферат | 4 |
| 9 | Факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических методов в геологии. Влияние типа геологической задачи на выбор математической модели. Влияние методики изучения геологических объектов на выбор и эффективность использования математических методов. | 8 | Реферат | 10 |

**Форма текущего контроля**

Варианты контрольных заданий определяются по последней цифре зачетной книжки, темы рефератов выдаются на установочных лекциях.

**Контрольная работа № 1.**

Расчет основных статистических характеристик: среднего арифметического значения, среднего квадратического отклонения, коэффициента вариации.

Результаты определения временного сопротивления одноосному сжатию песков

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер  образца | Резуль-  таты  изме-  рений,  МПа | Номер  образца | Резуль-  таты  изме-  рений,  МПа | Номер  образца | Резуль-  таты  изме-  рений,  МПа | Номер  образца | Резуль-  таты  изме-  рений,  МПа | Номер  образца | Резуль-  таты  изме-  рений,  МПа |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11 | 21,0  20,8  20,6  21,1  20,9  21,0  21,2  21,1  22,5  20,5  20,8 | 12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22 | 21,4  21,0  21,2  20,2 20,8  21,1  21,2  20,9  20,5  20,5  21,6 | 23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33 | 21, 6  21,1  21,2  21,0  21,2  20,8  21,3  21,1  20,8  20,6  22,6 | 34  35  36  37  38  39  40  41  42  43  44 | 21,4  21,3  21,4  20,9  21,4  21,0  20,8  21,4  22,5  21,2  20,8 | 45  46  47 48  49  50  51  52  53  54 55 | 21,0  21,2  21.2  21.4  20,9  21,3  21,6  21.1  21,9  20,3  21,6 |

**Контрольная работа № 2.**

Определить понижение уровня в пласте на расстоянии 150 м и 100 м от двух совершенных артезианских скважины, работающей в неограниченном пласте в нестационарном режиме в течение 100 сут. Дебиты скважин составляеют 500 м3/сут, коэффициент пьезопроводности –5•105 м2/сут, коэффициент фильтрации пласта – 8 м/сут, мощность – 40 м.

**Реферат**

Реферат – краткая запись идей, содержащихся в одном или нескольких источниках, которая требует умения сопоставлять и анализировать различные точки зрения. Реферат – одна из форм интерпретации исходного текста или нескольких источников. Поэтому реферат, в отличие от конспекта, является новым, авторским текстом. Новизна в данном случае подразумевает новое изложение, систематизацию материала, особую авторскую позицию при сопоставлении различных точек зрения.

Реферирование предполагает изложение какого-либо вопроса на основе классификации, обобщения, анализа и синтеза одного или нескольких источников.

Специфика реферата (по сравнению с курсовой работой): не содержит развернутых доказательств, сравнений, рассуждений, оценок; дает ответ на вопрос, что нового, существенного содержится в тексте. По полноте изложения реферат по дисциплине «Математические методы моделирования в геологии» является информативным (реферат-конспект).

**Темы рефератов**

1. Принципы и методы математического моделирования в геологии.
2. Точечные и интегральные оценки свойств объектов.
3. Основные статистические характеристики физико-механических свойств грунтов.
4. Статистическая проверка гипотез.
5. Одномерные статистические модели.
6. Корреляционный анализ.
7. Гармонический анализ.
8. Применение уравнений регрессии в различных сферах.
9. Многомерные статистические модели, анализ образов.
10. Геологические поля, как поля пространственных переменных.
11. Факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических методов в геологии.
12. Численное моделирование геофильтрации.
13. Математические методы прогноза экзогенно-геологических процес-сов.
14. Моделирование состояния геологической среды в условиях техно-генеза.
15. Компьютерный анализ геоинформации.

Вопросы к зачёту по дисциплине

«**Математические методы моделирования в геологии»**

1. Особенности использования математических методов моделирования в геологии.

2. Специфика геологических образований и процессов как объектов изучения.

2.1. Почему геологические образования и процессы целесообразно рассматривать как природные системы?

2.2. Почему геологические объекты изучаются выборочным методом?

2.3. Охарактеризуйте многостадийное опробование.

2.4. Что такое «геологическая совокупность»?

2.5. Что такое «выборочная совокупность»? Чем она отличается от «геологической» и «опробуемой совокупности»?

2.6. Какие виды информации используются в геологии?

2.7. Перечислите шкалы измерения, применяемые в геологии. Охарактеризуйте относительную шкалу.

3.Моделирование в геологии.

3.1.Дайте определение системе.

3.2. Что называется открытыми системами?

3.3. Охарактеризуйте хорошо организованные системы.

3.4. Что такое «закрытая система»?

3.5. Что такое «моделирование»?

3.6. Дайте определение модели.

3.7. Как подразделяется моделирование по характеру моделей?

1. Характеристика математической модели.
   1. Дайте определение математической модели.
   2. На какие этапы подразделяют процесс математического моделирования?
   3. Дайте понятия о «прямой и обратной задачах».
   4. Перечислите типы задач, решаемые с помощью математического моделирования. Дайте характеристику одной из них.
2. Принципы и методы геолого-математического моделирования.
   1. Дайте характеристику геолого-математической модели.
   2. На какие этапы можно разделить процесс решения геологических задач математическими методами?
   3. Для чего используется математические методы в геологии?
   4. Дайте характеристику статистическим моделям.
   5. Дайте характеристику детерминированным моделям.
   6. Какие трудности возникают при математическом моделировании в геологии?
3. Одномерные статистические модели.
   1. Основные понятия статистического моделирования.
   2. Перечислите требования, которым должна соответствовать выборочная совокупность.
   3. Дайте характеристику одномерным статистическим моделям.
   4. Какие основные статистические законы распределения используют в геологии?
   5. Какие статистические характеристики используют в геологии?

6.6. Перечислите характеристики разброса случайной величины.

* 1. Перечислите характеристики положения случайной величины.

1. Точечные и интервальные оценки свойств геологических объектов.

7.1. Какие математические модели и методы используются при нахождении точечных и интервальных оценок средних параметров геологических объектов?

7.2. Дайте определение точечной оценке. Каким требованиям они должны удовлетворять?

7.3. Дайте определение интервальной оценке. Охарактеризуйте точность и надежность оценок.

8. Статистическая проверка геологических гипотез.

8.1. Охарактеризуйте статистические критерии согласия.

8.2. Для чего в геологической практике применяется критерий Стьюдента.

9. Двумерные статистические модели.

9.1. Дайте характеристику двумерным статистическим моделям.

* 1. Применение уравнений регрессии в геологии.
  2. Перечислите основные числовые характеристики двумерного распределения случайных величин.
  3. Дайте определение ковариации.
  4. Выборочная оценка коэффициента корреляции.
  5. Для чего применяется регрессионный анализ?
  6. Дайте определение коэффициенту корреляции.
  7. Как производится проверка гипотезы о наличии корреляционной связи?

1. Дайте определение многомерным статистическим моделям.
2. Геологические объекты, как поля пространственных переменных.

11.1. Гидродинамическая сетка потока подземных вод.

11.2. Фон, аномалия, поверхность тренда.

1. Основные понятия теории вероятности.

12.1. Определение вероятности, ее свойства.

12.2. Что такое «обеспеченность»?

13. Перечислите факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических методов.

14. Компьютерный анализ геоинформации.

**Оформление письменной работы согласно МИ 01-02-2018** [Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации](http://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Normativny%27e_dokumenty%27_i_obrazcy%27_zayavlenij/Obshhie_trebovaniya_k_postroeniyu_i_oformleniyu_uchebnoj_tekstovoj_dokumentacii.pdf)

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Основная литература

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1. Бочаров П. П.   Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие / Бочаров Павел Петрович, Печинкин Александр Владимирович. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 296с. |

1. Грешилов А. А. Математические методы принятия решений : учеб. пособие. - М. : МГТУ, 2006. - 584с.
2. Михайлов Г.А. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло : учеб. пособие / Михайлов Г.А. , Войтишек А. В. - М. : Академия, 2006. - 368с.
3. Самарский А. А. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры / Самарский А. А., Михайлов А. П. - 2-е изд., испр. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 320с.
4. Турчак Л.И. Основы численных методов : учеб. пособие / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 304с.
5. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа : учебник. Ч.1 / - СПб. : Лань, 2008. - 448с.
6. Хохлов Г. И. Основы теории информации : учеб. пособие . - М. : Академия, 2008. - 176с.

Дополнительная

1. Вителиус А.Б. Основы математической геологии. – Л.: Наука 1980. – 389 с.
2. Применение математических методов в геокриологии . Под ред. Л.С. Гарагуля. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 169 с.
3. Розовский Л.Б., Зеринский И.П., Воскобоиников В.М. Инженерно-геологические пронозы и моделирование. – Одесса : Вица шк., 1987. – 208с.
4. Чесалов С.М., Шмагин Б.А. Статистические методы решения гидрогеологических задач на ЭВМ. – М.: Недра, 1989. – 174 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика в задачах : учеб. пособие для вузов / В.А.Ватутин [и др.]. – М. : Дрофа, 2005. – 313 с. : ил.

**Собственные учебные пособия**

1. Васютич Л.А. Математические методы моделирования в геологии: метод. указания (учебно-методическая разработка). – Чита : ЧитГУ, 2008. – 26 с.
2. Смолич, С.В. Решение горно-геологических задач методом «Монте-Карло» : учеб. пособие / С.В. Смолич, К.С. Смолич. – Чита : ЧитГУ, 2004. – 103 с. : ил.

**Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы\***

Основные

1. Университетская библиотека онлайн [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
2. Лань-Трейд <http://e.lanbook.com/>
3. Троицкий мост [www.trmost.ru](http://www.trmost.ru)
4. IPRbooks [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)
5. ЭБД РГБ «Диссертации» <http://diss.rsl.ru/>
6. Научная электронная библиотека eLibrary <http://elibrary.ru/>
7. Консультант Плюс

Ведущий преподаватель: доцент, канд. геол.- мин. наук Л. А. Васютич

Заведующий каф. ГГ и ИГ: доцент, канд. геол.- мин. наук А. Г. Верхотуров