

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
с.н.с. **О.М. Прищепа**

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
**Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
***МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ***

|                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Уровень высшего образования:</b> | Специалитет                         |
| <b>Специальность:</b>               | 21.05.02 Прикладная геология        |
| <b>Специализация:</b>               | Геология нефти и газа               |
| <b>Квалификация выпускника:</b>     | Геология месторождений нефти и газа |
| <b>Форма обучения:</b>              | горный инженер-геолог               |
| <b>Составитель:</b>                 | доцент Гульбин Ю.Л.                 |

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Математические методы моделирования в геологии»**  
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «21.05.02 Прикладная геология», утвержденного приказом Минобрнауки России № 953 от 12.08.2020 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «21.05.02 Прикладная геология» специализация «Геология месторождений нефти и газа».

Составитель \_\_\_\_\_ д.г.-м.н., зав. кафедрой МКП  
Гульбин Ю.Л.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры геологии нефти и газа  
от 15.02.2022 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.г.-м.н., Прищепа О.М.

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины:** познакомить студентов с теоретическими основами математического моделирования и дать им представление о методах вариационной статистики и геостатистики, которые используются в геологической практике.

**Задачи дисциплины:**

- научить студентов самостоятельно выполнять статистические расчеты,
- оценивать качество построенных статистических и геостатистических моделей,
- интерпретировать результаты математического моделирования,
- дать обучающимся навыки работы с компьютерными программами, предназначенными для решения поставленных задач,
- развить мотивацию к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области использования математических методов в геологических исследованиях.

**Особенностью дисциплины** является знакомство обучающихся с главными видами статистических и геостатистических моделей геологических объектов и получение ими практических навыков работы с компьютерными программами, предназначенными для построения подобных моделей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Математические методы моделирования в геологии» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.02 Прикладная геология» и изучается в 7 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Математические методы моделирования в геологии» являются «Статистические методы в геологии», «Введение в информационные технологии», «Общая геология», «Геология и геохимия нефти и газа».

Дисциплина «Математические методы моделирования в геологии» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основы компьютерных технологий решения геологических задач», «Моделирование нефтегазовых объектов».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Математические методы моделирования в геологии» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции   |                 | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|---|-----------------|--|
| Содержание компетенции  | Код компетенции |  |
| Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты | ОПК-6           | ОПК-6.1. Знать современные программные обеспечения общего, специального назначения (в том числе программы математического моделирования, цифровой обработки информации, средств трехмерной визуализации полученных результатов)<br>ОПК-6.2. Уметь работать с программным обеспечением общего, специального назначения<br>ОПК-6.3. Владеть навыками работы с программным обеспечением общего, специального назначения |

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 ак. часа.

| Вид учебной работы  | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
|   |                 | 7                     |
| <b>Аудиторная работа, в том числе:</b>                      | <b>68</b>       | <b>68</b>             |
| Лекции (Л)  | 34              | 34                    |
| Практические занятия (ПЗ)                                   | 34              | 34                    |
| <b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b> | <b>40</b>       | <b>40</b>             |
| Подготовка к лекциям  | 8               | 8                     |
| Подготовка к практическим занятиям                          | 12              | 12                    |
| Выполнение курсовой работы / проекта                        | 20              | 20                    |
| <b>Промежуточная аттестация – Экзамен –(Э)</b>              | <b>Э (36)</b>   | <b>Э (36)</b>         |
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>                        |                 |                       |
| <b>ак. час.</b>   | <b>144</b>      | <b>144</b>            |
| <b>зач. ед.</b>   | <b>4</b>        | <b>4</b>              |

### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные работы, курсовая работа и самостоятельная работа.

#### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| Наименование разделов   | Виды занятий    |           |                      |                     |                                 |
|---|-----------------|-----------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
|   | Всего ак. часов | Лекции    | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа студента |
| Раздел 1 «Введение. Базовые понятия теории вероятности и математической статистики» | 16              | 4         | 6                    |                     | 6                               |
| Раздел 2 «Нормальная модель»  | 6               | 2         | 2                    |                     | 2                               |
| Раздел 3 «Регрессионные модели»   | 14              | 4         | 4                    |                     | 6                               |
| Раздел 4 «Классификационные модели»   | 14              | 4         | 4                    |                     | 6                               |
| Раздел 5 «Факторные модели»   | 22              | 6         | 8                    |                     | 8                               |
| Раздел 6 «Моделирование пространственной переменной. Тренд- анализ»                 | 14              | 4         | 6                    |                     | 4                               |
| Раздел 7 «Пространственная ковариация и вариограмма»                                | 10              | 4         | 2                    |                     | 4                               |
| Раздел 8 «Пространственная интерполяция. Крайгинг. Моделирование вариограммы»       | 12              | 6         | 2                    |                     | 4                               |
| <b>Итого:</b>   | <b>108</b>      | <b>34</b> | <b>34</b>            | <b>-</b>            | <b>40</b>                       |

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины  | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|--|---|--------------------------|
| 1     | Введение. Базовые понятия теории вероятности и математической статистики | Случайная переменная. Вероятность. Закон распределения случайной переменной. Функция распределения вероятностей. Плотность распределения. Выборка и генеральная совокупность. Полигон частот и гистограмма. Числовые характеристики случайной переменной. Характеристики центра распределения. Математическое ожидание, медиана, мода. Характеристики рассеяния. Дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации. Асимметрия и эксцесс. Выборочные оценки числовых характеристик. Точечные и интервальные оценки. Доверительный интервал.   | 4                        |
| 2     | Нормальная модель  | Нормальная модель и ее числовые характеристики. Проверка статистических гипотез. Уровень значимости. Проверка гипотезы о нормальном распределении. Критерии согласия. Выборочные оценки асимметрии и эксцесса. Графики на вероятностной бумаге. Логнормальная модель. Примеры геологических переменных с нормальным и логнормальным распределением. Проверка гипотезы о равенстве двух средних нормально распределенных генеральных совокупностей. Критерий Стьюдента. Проверка гипотезы о равенстве двух дисперсий. Критерий Фишера.   | 2                        |
| 3     | Регрессионные модели   | Система двух случайных переменных. Диаграмма рассеяния. Условное математическое ожидание и понятие «функции регрессии». Линейная регрессия. Проверка гипотезы о наличии линейной связи между переменными. Ковариация и коэффициент парной корреляции Пирсона. Проверка гипотезы о значимости коэффициента корреляции. Выборочное уравнение регрессии. Метод наименьших квадратов. Характеристики регрессионной модели: остаточная и регрессионная суммы квадратов. Проверка гипотезы о значимости регрессионной модели. Коэффициент детерминации. Доверительные интервалы для регрессионных коэффициентов. Примеры использования линейных регрессионных моделей в геологии. Метод ортогональной регрессии. Полиномиальная регрессия. Построение регрессионной модели с помощью методов матричной алгебры. Множественная регрессия. Частные и стандартизированные частные коэффициенты регрессии. Частные коэффициенты корреляции. Множественный коэффициент корреляции. Ограничения модели. Проверка гипотез о значимости регрессионных коэффициентов. Примеры использования моделей множественной регрессии в геологии | 4                        |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                                     | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|---|---|--------------------------|
| 4     | Классификационные модели  | <p>Два рода задач классификации в геологии. Задачи дискриминации. Метод линейной дискриминантной функции. Дискриминантное уравнение и дискриминантный индекс. Геометрическая интерпретация задачи. Пример расчета дискриминантного уравнения. Расстояние Махаланобиса. Проверка гипотезы о равенстве двух многомерных средних. Оценка качества модели. Априорная и апостериорная ошибка дискриминации. Минимизация числа переменных, участвующих в дискриминации. Задачи иерархической классификации. Кластерный анализ. Алгоритм классификации множества объектов. Меры сходства объектов. Процедуры кластеризации. Матрица сходства. Дендрограмма. Примеры использования кластерного анализа в геологии. Стандартизация данных и ее влияние на кластерную модель.</p> | 4                        |
| 5     | Факторные модели  | <p>Задачи, решаемые с помощью факторных моделей. Метод главных компонент. Ковариационная матрица. Собственные векторы и собственные значения ковариационной матрицы. Геометрическое толкование собственных векторов. Диагональная матрица собственных значений, ее свойства. Главные компоненты. Процедура построения факторной модели. Матрицы факторных нагрузок и значений факторов (главных компонент). Дисперсии и веса факторов. Интерпретация статистических факторов. Факторные диаграммы. Примеры факторных моделей геологических объектов. Влияние стандартизации данных на свойства факторных моделей.</p>   | 6                        |
| 6     | <p>Моделирование пространственной переменной.<br/>Тренд- анализ</p> | <p>Геостатистика и понятие «пространственной переменной». Область определения и степень непрерывности пространственной переменной. Два подхода к описанию пространственной переменной. Региональная и локальная компоненты пространственной переменной. Алгоритм построения полиномиального тренда. Статистический анализ тренда. Проверка гипотезы о наличии тренда. Распределение регрессионных остатков и ограничения модели. Выявление регионального тренда. Построение карты остатков. Экспоненциальные и гармонические тренды</p>   | 4                        |
| 7     | Пространственная ковариация и вариограмма                           | <p>Понятие «случайной функции». Представление пространственной переменной как реализации случайной функции. Характеристики изменчивости случайной функции. Пространственная ковариация нестационарной и стационарной случайной функции. Эргодичность. Алгоритм вычисления пространственной ковариации стационарной функции. Ковариограмма. Корреляционные функции модельных пространственно-временных рядов. Виды нестационарных</p>  | 4                        |

| № п/п         | Наименование раздела дисциплины                                    | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|--|---|--------------------------|
|               |  | нарных пространственных переменных. Гипотеза стационарности приращений (внутренняя гипотеза). Вариограмма. Соотношение вариограммы, пространственной ковариации и дисперсии стационарной пространственной переменной. График идеализированной вариограммы. Порог вариограммы, радиус корреляции и эффект самородков. Вариограмма нестационарной переменной  |                          |
| 8             | Пространственная интерполяция. Крайгинг. Моделирование вариограммы | Задача пространственной интерполяции. Уравнение линейного интерполятора. Два рода линейных интерполяторов. Детерминистическая интерполяция. Метод ближайшего соседа. Метод триангуляции. Триангуляция Делоне. Сплайны. Метод обратных расстояний и метод «скользящего среднего». Недостатки детерминистических интерполяторов. Геостатистическая интерполяция. Ошибка интерполяции. Понятие «наилучшей пространственной регрессионной оценки». Несмещенные оценки. Дисперсия оценивания и ее связь с вариограммой. Вывод формулы дисперсии регрессионной оценки как функции пространственной ковариации. Понятие «крайгинга». Вывод уравнений крайгинга. Дисперсия крайгинга. Пример расчета глубины залегания пласта с помощью уравнений крайгинга. Обычный и универсальный крайгинг. Точечный и блочный крайгинг. Вариограмма как функция векторного аргумента. Алгоритм вычисления вариограммы в случае изотропного рудного поля. Моделирование вариограммы. Модели вариограмм: сферическая, экспоненциальная, степенная, Гауссова. Вариограмма анизотропного рудного поля. Коэффициент анизотропии. | 6                        |
| <b>Итого:</b> |  |   | <b>34</b>                |

#### 4.2.4. Практические занятия

| № п/п | Раздел   | Тематика практических занятий  | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|----------|--|--------------------------|
| 1     | Раздел 1 | Расчет числовых характеристик случайной переменной. Построение доверительного интервала. Проверка гипотез о равенстве средних и дисперсий. Знакомство с программой Statistica. | 6                        |
| 2     | Раздел 2 | Проверка гипотезы о нормальности распределения.  | 2                        |
| 3     | Раздел 3 | Линейная, полиномиальная и множественная регрессии.  | 4                        |
| 4     | Раздел 4 | Модель линейной дискриминантной функции и кластерная модель.   | 4                        |
| 5     | Раздел 5 | Факторные модели. Метод главных компонент.   | 8                        |
| 6     | Раздел 6 | Знакомство с программой Surfer 8.0. Построение поверхностей тренда.  | 6                        |
| 7     | Раздел 7 | Методы детерминистической интерполяции и крайгинг.   | 2                        |

| № п/п         | Раздел   | Тематика практических занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|----------|-------------------------------|--------------------------|
| 8             | Раздел 8 | Моделирование вариограммы.    | 2                        |
| <b>Итого:</b> |          |                               | <b>34</b>                |

#### 4.2.5. Курсовые работы

| № п/п | Тематика курсовых работ  |
|-------|--|
| 1.    | Использование методов многомерной статистики для классификации пород, слагающих стратифицированные толщи |
| 2.    | Факторные модели эволюции состава пород метаморфических комплексов                                       |
| 3.    | Факторный анализ геохимической изменчивости редкометалльных плутонов                                     |
| 4.    | Кластерная модель вулканической толщи  |
| 5.    | Использование методов многомерной статистики для оценки нефтеносности территорий                         |
| 6.    | Использование метода главных компонент для анализа геохимической специализации нефтеносных толщ          |
| 7.    | Построение регрессионных моделей изменения состава и свойств пород – коллекторов нефти                   |
| 8.    | Статистический анализ изменчивости технологических показателей руд месторождения                         |
| 9.    | Тренд-анализ химического состава интрузий региона  |
| 10.   | Построение полиэлементных геохимических карт на основе метода главных компонент                          |
| 11.   | Использование метода линейной дискриминантной функции для разбраковки литохимических аномалий            |
| 12.   | Построение карт нефтеносных полей методом крайгинга  |

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

#### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**



## **Раздел 1. Базовые понятия теории вероятности и математической статистики.**

1. Классическое определение вероятности.
2. Случайная переменная.
3. Закон распределения случайной переменной.
4. Функция распределения.
5. Выборочный метод.
6. Статистические оценки.
7. Проверка статистических гипотез.

## **Раздел 2. Нормальная модель.**

1. Функция нормального распределения.
2. Числовые характеристики нормального распределения.
3. Проверка гипотезы о нормальном распределении генеральной совокупности.
4. Критерии согласия. Выборочные показатели асимметрии и эксцесса. Графики на вероятностной бумаге.
5. Логарифмически нормальное распределение. Законы распределения петрогенных и редких элементов в горных породах.

## **Раздел 3. Регрессионные модели.**

1. Модель линейной регрессии.
2. Модели полиномиальной и множественной регрессии.
3. Проверка гипотез о значимости регрессионных моделей.
4. Коэффициент детерминации. Влияние выбросов на качество регрессионной модели.
5. Доверительные интервалы для регрессионной оценки и параметров регрессии.

## **Раздел 4. Классификационные модели.**

1. Метод линейной дискриминантной функции.
2. Проверка гипотезы о равенстве двух многомерных средних. Расстояние Махаланобиса.
3. Кластерный анализ.
4. Влияние стандартизации данных на результаты кластерного анализа.

## **Раздел 5. Факторные модели.**

1. Задачи, решаемые с помощью факторного анализа.
2. Ковариационная матрица. Собственные векторы и собственные значения ковариационной матрицы.
3. Главные компоненты как линейные комбинации исходных переменных. Ортогональность главных компонент.
4. Дисперсии и относительные веса факторов. Критерии значимости факторов..
5. Факторные нагрузки. Оценка значимости факторных нагрузок.
6. Интерпретация статистических факторов. Факторные модели изверженных пород.

## **Раздел 6. Моделирование пространственной переменной. Тренд- анализ.**

1. Пространственная переменная и ее свойства.
2. Региональная и локальная компоненты пространственной переменной.
3. Тренд и способы его моделирования. Метод полиномиальных трендов.
4. Выбор поверхности тренда при решении геологических задач.
5. Регрессионные остатки. Особенности распределения остатков. Карты остатков.

## **Раздел 7. Пространственная ковариация и вариограмма.**

1. Пространственная переменная как реализация случайной функции.
2. Стационарная пространственная переменная.
3. Пространственная ковариация стационарной переменной.
4. Гипотеза о стационарности приращений. Вариограмма.
5. График идеализированной вариограммы.

## **Раздел 8. Пространственная интерполяция. Крайгинг. Моделирование вариограммы.**

1. Задача пространственной интерполяции. Линейный интерполятор.
2. Детерминистические интерполяторы.

3. Геостатистические интерполяторы.
4. Дисперсия погрешности оценивания. Наилучшая регрессионная оценка. Крайгинг.
5. Решение уравнений крайгинга и расчет весов линейного интерполятора.
6. Универсальный крайгинг. Точечный и блочный крайгинг.

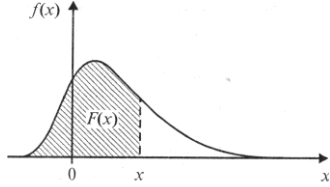
## **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**

1. Какими свойствами обладает кривая плотности нормального распределения ?
2. Какими статистическими характеристиками служат параметрами нормальной модели ?
3. Какие критерии используют для проверки статистической гипотезы о соответствии теоретического распределения случайной переменной нормальному закону ?
4. Что такое ковариация двух случайных переменных ?
5. Для решения каких геологических задач используются регрессионные модели ?
6. Какой метод используется для построения регрессионных моделей ?
7. Что служит мерой отклонения результатов наблюдений от линии регрессии ?
8. Что такое коэффициент детерминации и как он рассчитывается ?
9. При каких условиях метод наименьших квадратов минимизирует ошибки регрессионной модели ?
10. Для описания каких статистических зависимостей используется модель полиномиальной регрессии ? Модель множественной регрессии ?
11. Для решения каких геологических задач используется метод линейной дискриминантной функции ?
12. Что такое дискриминантный индекс ?
13. Что такое расстояние Махаланобиса ?
14. Какая формальная процедура лежит в основе кластерного анализа ?
15. Что такое дендрограмма ?
16. Какое преобразование исходных переменных называют стандартизацией данных ?
17. Какими свойствами характеризуется стандартизированная переменная ?
18. Какая процедура лежит в основе метода главных компонент ?
19. Какими свойствами обладают статистические факторы, полученные с помощью МГК ?
20. Как рассчитывается вес фактора ?
21. Что такое факторная нагрузка ?
22. Что такое пространственная переменная ?
23. Как моделируется пространственная переменная в рамках метода полиномиальных трендов ?
24. Какие пространственные переменные называются стационарными ?
25. Для каких пространственных переменных пространственная ковариация является функцией одного аргумента (расстояния между точками рудного поля) ?
26. Какая функция используется для характеристики изменчивости пространственной переменной, которая не имеет конечной дисперсии ?
27. Что такое порог вариограммы ? ранг вариограммы (радиус корреляции)? Эффект самородков ?
28. Что такое процедура пространственной интерполяции ?
29. Какую оценку значения пространственной переменной в произвольной точке рудного поля считают наилучшей ?
30. Какие условия используют для получения несмещенной оценки ?
31. По какой формуле вычисляется дисперсия оценивания ?
32. Что такое крайгинг ?
33. Какие данные являются входными для решения уравнений крайгинга ?
34. В каком смысле крайгинг является точным интерполяционным методом ?
35. Какой метод лежит в основе геостатистических методов оценки запасов руд ?

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

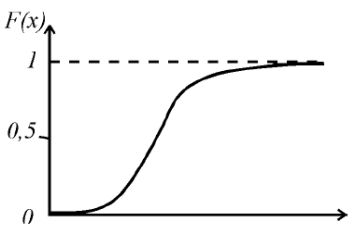
#### Вариант 1

| №  | Вопросы  | Варианты ответов   |
|----|--|--|
| 1. | Укажите формулу, служащую определением дисперсии   | <ol style="list-style-type: none"> <li><math>D(X) = E[X - E(X)]</math></li> <li><math>D(X) = E[X - E(X)]^2</math></li> <li><math>D(X) = E[X + E(X)]^2</math></li> <li><math>\sigma = \sqrt{D(X)}</math></li> </ol>                                 |
| 2. | На графике показана<br> | <ol style="list-style-type: none"> <li>гистограмма</li> <li>полигон</li> <li>функция распределения</li> <li>плотность распределения вероятностей</li> </ol>  |
| 3. | Параметрами нормальной модели выступают  | <ol style="list-style-type: none"> <li>мат. ожидание и стандартное отклонение</li> <li>медиана и мода</li> <li>асимметрия и эксцесс</li> <li>дисперсия и ковариация</li> </ol>   |
| 4. | Логарифмирование значений случайной переменной целесообразно в случае, когда гистограмма                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>симметрична</li> <li>характеризуется отрицательной асимметрией</li> <li>характеризуется положительной асимметрией</li> <li>полимодальна</li> </ol>  |
| 5. | Для проверки статистической гипотезы о равенстве двух средних используют                                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>критерий Стьюдента</li> <li>критерий Фишера</li> <li>критерий Пирсона</li> <li>критерий Колмогорова</li> </ol>  |
| 6. | Для изучения статистической зависимости между случайными переменными X и Y строится                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>гистограмма</li> <li>дендрограмма</li> <li>диаграмма рассеяния</li> <li>график на вероятностной бумаге</li> </ol>   |
| 7. | Для построения регрессионных моделей используется метод  | <ol style="list-style-type: none"> <li>наименьших квадратов</li> <li>наибольших квадратов</li> <li>наименьших треугольников</li> <li>главных компонент</li> </ol>  |
| 8. | Графиком функции регрессии Y на X служит линия   | <ol style="list-style-type: none"> <li>стандартных отклонений</li> <li>условных отклонений</li> <li>условных средних</li> <li>условных дисперсий</li> </ol>  |
| 9. | Отрицательное значение коэффициента парной корреляции может свидетельствовать о том, что                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>переменные не коррелированы</li> <li>переменные связаны прямой линейной зависимостью</li> <li>переменные связаны обратной линейной зависимостью</li> <li>переменные связаны нелинейной зависимо-</li> </ol> |

|     |  | стью  |
|-----|--|---|
| 10. | В общем случае уравнение множественной регрессии имеет вид                                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Y^* = b_0 + b_1X</math></li> <li>2. <math>Y^* = b_0 + b_1X + b_2X^2 + \dots + b_kX^k</math></li> <li>3. <math>Y^* = b_0 + \sum_{i=1}^k b_iX^i</math></li> <li>4. <math>Y^* = b_0 + \sum_{j=1}^m b_jX_j</math></li> </ol>  |
| 11. | В результате кластерного анализа строится  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. диаграмма рассеяния</li> <li>2. факторная диаграмма</li> <li>3. вариограмма</li> <li>4. дендрограмма</li> </ol>   |
| 12. | Какую из перечисленных задач можно решить с помощью дискриминантного анализа ?                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. отнесение пробы песчаника к прибрежно-морской или лагунной фации</li> <li>2. описание тренда в изменении проницаемости пород-коллекторов нефти</li> <li>3. оценка среднего содержания олова в гранитоидной интрузии</li> <li>4. классификация вулканических пород по химическому составу</li> </ol> |
| 13. | Факторные нагрузки имеют смысл   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. значений факторов</li> <li>2. дисперсий факторов</li> <li>3. весов факторов</li> <li>4. коэффициентов корреляции между исходными переменными и факторами</li> </ol>   |
| 14. | Для построения полиэлементной геохимической карты в каждой точке наблюдения рассчитывают         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. дисперсию фактора</li> <li>2. относительный вес фактора</li> <li>3. значение фактора</li> <li>4. факторную нагрузку</li> </ol>  |
| 15. | Укажите основную область применения геостатистики  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. изучение зависимостей между геологическими переменными</li> <li>2. классификация геологических объектов</li> <li>3. выявление скрытых факторов изменчивости геологических тел</li> <li>4. построение карт геологических признаков</li> </ol>  |
| 16. | Наиболее полной характеристикой изменчивости пространственной переменной выступает               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. дисперсия</li> <li>2. ковариация</li> <li>3. пространственная ковариация</li> <li>4. коэффициент корреляции</li> </ol>  |
| 17. | Вариограмма используется для изучения  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. факторной структуры корреляционной матрицы</li> <li>2. факторной структуры рудного поля</li> <li>3. корреляционной структуры рудного поля</li> <li>4. корреляционной структуры системы двух случайных переменных</li> </ol>   |
| 18. | В выражении линейного интерполятора $Z_0^* = \sum \lambda_i Z_i$ символом $\lambda_i$ обозначают | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. координату точки наблюдения</li> <li>2. ошибку интерполяции</li> <li>3. весовые коэффициенты (параметры) регрессионной модели</li> </ol>  |

|     |  |  |
|-----|--|--|
|     |  | 4. собственные значения корреляционной матрицы   |
| 19. | Базовым методом пространственной интерполяции в геостатистике является | 1. триангуляция<br>2. метод полиномиальных трендов<br>3. метод обратных расстояний<br>4. крайгинг  |
| 20. | Крайгингом называется  | 1. наилучший смещенный линейный оценщик<br>2. наилучший несмещенный линейный оценщик<br>3. наилучший смещенный нелинейный оценщик<br>4. наилучший несмещенный нелинейный оценщик |

### Вариант 2

| № | Вопросы  | Варианты ответов  |
|---|--|---|
| 1 | Случайная переменная $X$ имеет место при условии   | 1. зависимости и уникальности испытаний<br>2. зависимости и повторяемости испытаний<br>3. независимости и повторяемости испытаний<br>4. независимости и коррелируемости испытаний   |
| 2 | По определению вероятность некоторого события, которое наступает в результате испытания, равна             | 1. числу всех возможных исходов испытания<br>2. числу благоприятных исходов<br>3. отношению числа всех возможных исходов к числу благоприятных исходов<br>4. отношению числа благоприятных исходов к числу всех возможных исходов |
| 3 | На графике показана<br> | 1. гистограмма<br>2. полигон<br>3. функция распределения<br>4. плотность распределения вероятностей   |
| 4 | По какой формуле рассчитывается выборочная оценка математического ожидания ?                               | 1. $E(X) = \sum x_i p_i$ ,<br>2. $E(X) = \int xf(x)dx$<br>3. $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$<br>4. $\sigma = \sqrt{D(X)}$  |
| 5 | Для проверки статистической гипотезы о виде неиз-  | 1. критерий Стьюдента<br>2. критерий Фишера   |

| №  | Вопросы   | Варианты ответов  |
|----|---|---|
|    | вестного распределения используют   | 3. критерий согласия Пирсона «хи-квадрат»<br>4. критерий несогласия   |
| 6  | Стандартное значение уровня значимости $\alpha$ равно   | 1. 0.005<br>2. 0.05<br>3. 0.1<br>4. 0.5   |
| 7  | Ковариация двух случайных переменных $X, Y$ вычисляется по формуле  | 1. $\text{cov}(X, Y) = E[X - E(X)] + E[Y - E(Y)]$<br>2. $\text{cov}(X, Y) = E[X - E(X)] - E[Y - E(Y)]$<br>3. $\text{cov}(X, Y) = E[X - E(X)][Y - E(Y)]$<br>4. $\text{cov}(X, Y) = E \frac{[X - E(X)]}{[Y - E(Y)]}$  |
| 8  | Параметрами выборочного уравнения линейной регрессии $y_i^* = b_0 + b_1 x_i$ являются   | 1. регрессионные оценки $y_i^*$<br>2. квадраты отклонений $(y_i^* - y_i)^2$<br>3. значения независимой переменной $x_i$<br>4. выборочные коэффициенты регрессии $b_0, b_1$  |
| 9  | Метод линейной регрессии используется для   | 1. установления закона распределения содержания петрогенных элементов в метаморфических породах<br>2. расчета средних содержаний петрогенных компонентов в осадочных породах<br>3. сравнения средних содержаний редких элементов в магматических породах<br>4. описания зависимости между пористостью и проницаемостью осадочной породы |
| 10 | Задача, связанная с разделением совокупности геологических объектов на однородные группы, число которых заранее не определено, называется задачей | 1. корреляции<br>2. классификации<br>3. дискриминации<br>4. факторизации  |
| 11 | В результате кластерного анализа строится   | 1. диаграмма рассеяния<br>2. факторная диаграмма<br>3. вариограмма<br>4. дендрограмма   |
| 12 | Какую из перечисленных задач можно решить с помощью дискриминантного анализа ?  | 1. отнесение пробы песчаника к прибрежно-морской или лагунной фации<br>2. описание тренда в изменении проницаемости пород-коллекторов нефти   |

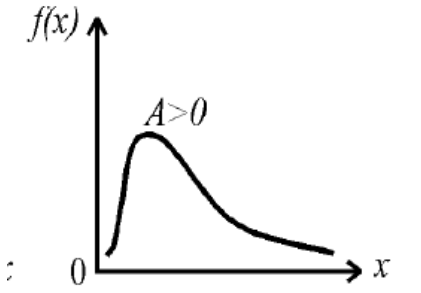
| №  | Вопросы  | Варианты ответов  |
|----|--|---|
|    |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>3. оценка среднего содержания олова в гранитоидной интрузии</li> <li>4. классификация вулканических пород по химическому составу</li> </ul>  |
| 13 | Факторные нагрузки имеют смысл   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. значений факторов</li> <li>2. дисперсий факторов</li> <li>3. весов факторов</li> <li>4. коэффициентов корреляции между исходными переменными и факторами</li> </ul>   |
| 14 | Для построения полиэлементной геохимической карты в каждой точке наблюдения рассчитывают     | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. дисперсию фактора</li> <li>2. относительный вес фактора</li> <li>3. значение фактора</li> <li>4. факторную нагрузку</li> </ul>  |
| 15 | Укажите основную область применения геостатистики  | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. изучение зависимостей между геологическими переменными</li> <li>2. классификация геологических объектов</li> <li>3. выявление скрытых факторов изменчивости геологических тел</li> <li>4. построение карт геологических признаков</li> </ul>                            |
| 16 | Наиболее полной характеристикой изменчивости пространственной переменной выступает           | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. дисперсия</li> <li>2. ковариация</li> <li>3. пространственная ковариация</li> <li>4. коэффициент корреляции</li> </ul>  |
| 17 | Вариограмма используется для изучения  | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. факторной структуры корреляционной матрицы</li> <li>2. факторной структуры рудного поля</li> <li>3. корреляционной структуры рудного поля</li> <li>4. корреляционной структуры системы двух случайных переменных</li> </ul>   |
| 18 | В выражении линейного интерполятора $Z_0^* = \sum \lambda_i Z_i$ символом $Z_0^*$ обозначают | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. известное содержание металла в точке опробования</li> <li>2. среднее содержание в пределах рудного поля</li> <li>3. регрессионную оценку содержания в произвольной точке рудного поля</li> <li>4. ошибку интерполяции</li> </ul>  |
| 19 | Оценку $Z_0^*$ считают наилучшей, если она   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. стационарна и эргодична</li> <li>2. подчиняется требованию несмещенности и обладает минимальной дисперсией</li> <li>3. подчиняется требованию несмещенности и обладает максимальной дисперсией</li> <li>4. стационарна и характеризуется конечной дисперсией</li> </ul> |
| 20 | В общем случае аргументом вариограммы служит   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. расстояние между точками рудного поля</li> <li>2. вектор, соединяющий две точки рудного поля</li> </ul>   |

| № | Вопросы | Варианты ответов   |
|---|---------|--|
|   |         | 3. значение пространственной переменной в точке наблюдения<br>4. пространственная координата $X$ |

Вариант 3

| № | Вопросы   | Варианты ответов   |
|---|---|--|
| 1 | Случайная переменная $X$ - физическая величина, принимающая                               | 1. заранее известное значение в одном испытании<br>2. заранее неизвестное значение в одном испытании<br>3. заранее неизвестные значения в серии зависимых испытаний<br>4. заранее неизвестные значения в серии независимых испытаний |
| 2 | Важнейшим свойством гауссовой кривой является   | 1. симметричность относительно центра распределения<br>2. положительная асимметрия<br>3. отрицательная асимметрия<br>4. отрицательный эксцесс  |
| 3 | Значение случайной переменной считается аномальным в том случае, если                     | 1. оно отклоняется от среднего менее чем на $2\sigma$<br>2. оно отклоняется от среднего более чем на $3\sigma$<br>3. оно равно среднему<br>4. оно не равно среднему  |
| 4 | Выборочной оценкой дисперсии случайной переменной служит величина, вычисляемая по формуле | 1. $s = \frac{\sum (x_i - \bar{x})}{N - 1}$<br>2. $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$<br>3. $s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}$<br>4. $s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - y)}{N - 1}$                     |
| 5 | 1.1.1.2 На графике показано   | 1. распределение с положительной асимметрией<br>2. распределение с отрицательной асимметрией<br>3. полимодальное распределение<br>4. нормальное распределение  |



| №  | Вопросы  | Варианты ответов   |
|----|--|--|
|    |   |  |
| 6  | Для проверки статистической гипотезы о соответствии теоретического распределения случайной переменной нормальной модели используют | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. диаграммы рассеяния</li> <li>2. факторные диаграммы</li> <li>3. графики регрессии</li> <li>4. графики на вероятностной бумаге</li> </ol>   |
| 7  | Коэффициент парной корреляции Пирсона служит мерой тесноты   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. линейной функциональной связи между переменными</li> <li>2. линейной статистической связи между переменными</li> <li>3. нелинейной функциональной связи</li> <li>4. нелинейной стохастической связи</li> </ol>   |
| 8  | Коэффициент детерминации $R^2$ изменяется в пределах   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. от 0 до 1</li> <li>2. от -1 до +1</li> <li>3. от -3 до +3</li> <li>4. от <math>-\infty</math> до <math>+\infty</math></li> </ol>   |
| 9  | Метод наименьших квадратов минимизирует ошибки регрессионной модели  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. при условии нормального распределения переменных</li> <li>2. при наличии «выбросов» (резко выделяющихся значений переменных)</li> <li>3. в случае линейной зависимости между переменными</li> <li>4. при условии, что переменные независимы</li> </ol> |
| 10 | Расстояние Махаланобиса используется для   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. проверки гипотезы о значимости уравнения регрессии</li> <li>2. проверки гипотезы о равенстве двух многомерных средних</li> <li>3. нахождения радиуса корреляции пространственной переменной</li> <li>4. построения дендрограммы</li> </ol>             |
| 11 | Дендрограммой называют   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. факторную диаграмму</li> <li>2. диаграмму рассеяния</li> <li>3. ковариационную диаграмму</li> <li>4. древовидный граф</li> </ol>   |

| №  | Вопросы  | Варианты ответов   |
|----|--|--|
| 12 | Стандартизированная переменная характеризуется   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. нулевым средним и стандартным отклонением</li> <li>2. нулевым средним и стандартной дисперсией</li> <li>3. нулевым средним и единичной дисперсией</li> <li>4. единичным средним и нулевой дисперсией</li> </ol>  |
| 13 | В основе метода главных компонент факторного анализа лежит процедура нахождения          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. диагональных элементов корреляционной матрицы</li> <li>2. собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы</li> <li>3. единичных векторов и диагональных значений ковариационной матрицы</li> <li>4. единичных векторов и средних значений матрицы наблюдений</li> </ol> |
| 14 | Для построения полиэлементной геохимической карты в каждой точке наблюдения рассчитывают | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. дисперсию фактора</li> <li>2. относительный вес фактора</li> <li>3. значение фактора</li> <li>4. факторную нагрузку</li> </ol>   |
| 15 | Укажите основную область применения геостатистики  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. изучение зависимостей между геологическими переменными</li> <li>2. классификация геологических объектов</li> <li>3. выявление скрытых факторов изменчивости геологических тел</li> <li>4. построение карт геологических признаков</li> </ol>   |
| 16 | Наиболее полной характеристикой изменчивости пространственной переменной выступает       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. дисперсия</li> <li>2. ковариация</li> <li>3. пространственная ковариация</li> <li>4. коэффициент корреляции</li> </ol>   |
| 17 | Вариограмма используется для изучения  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. факторной структуры корреляционной матрицы</li> <li>2. факторной структуры рудного поля</li> <li>3. корреляционной структуры рудного поля</li> <li>4. корреляционной структуры системы двух случайных переменных</li> </ol>  |
| 18 | С увеличением расстояния между точками рудного поля вариограмма                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. уменьшается</li> <li>2. увеличивается</li> <li>3. остается постоянной</li> <li>4. ведет себя подобно ковариограмме стационарной переменной</li> </ol>  |
| 19 | Назовите величину, обозначенную на графике вариограммы знаком вопроса                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. порог вариограммы</li> <li>2. ранг вариограммы</li> <li>3. радиус корреляции</li> <li>4. эффект самородков</li> </ol>  |

| №  | Вопросы  | Варианты ответов  |
|----|--|---|
|    |  |   |
| 20 | Крайгинг является наилучшим несмещенным линейным оценителем в том смысле, что он | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. минимизирует регрессионную оценку содержаний</li> <li>2. минимизирует веса линейного интерполятора</li> <li>3. минимизирует ошибку пространственной интерполяции</li> <li>4. максимизирует дисперсию</li> </ol> |

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамен:*

| Оценка  |   |   |  |
|---|---|---|--|
| «2»<br>(неудовлетворительно)  | Пороговый уровень освоения<br>«3»<br>(удовлетворительно)  | Углубленный уровень освоения<br>«4»<br>(хорошо)   | Продвинутый уровень освоения<br>«5»<br>(отлично)   |
| Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы | Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос. | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос |
| Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий                 | Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий   | Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий   | Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий   |
| Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено                              | Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно   | Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены   | Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены  |

*Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

| Количество правильных ответов, % | Оценка |
|----------------------------------|--------|
|----------------------------------|--------|

|        |                     |
|--------|---------------------|
| 0-49   | Неудовлетворительно |
| 50-65  | Удовлетворительно   |
| 66-85  | Хорошо              |
| 86-100 | Отлично             |

### 6.3.4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Студент выполняет курсовую работу в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

| Оценка  |  |  |  |
|---|--|--|--|
| «2»<br>(неудовлетворительно)  | Пороговый уровень освоения   | Углубленный уровень освоения   | Продвинутый уровень освоения   |
|   | «3» (удовлетворительно)  | «4» (хорошо)   | «5» (отлично)  |
| Студент не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы | Студент выполнил курсовую работу с существенными ошибками. При защите курсовой работы демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки | Студент выполнил курсовую работу с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсовой работы демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины | Студент выполнил курсовую работу полностью в соответствии с заданием. При защите курсовой работы демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины |

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Гусева, Е.Н. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие / Е.Н. Гусева. - 6-е изд., стереотип. - Москва : Издательство «Флинта», 2016. - 220 с. - ISBN 978-5-9765-1192-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83543>
2. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Ч.1. Математические основы: Учебное пособие / Михальчук А.А., Языков Е.Г. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2014. - 102 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/698044>
3. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Ч.2. Компьютерный практикум: Учебное пособие / Михальчук А.А., Языков Е.Г. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 152 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/697994>
4. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Ч.3. Лабораторный практикум / Михальчук А.А., Языков Е.Г. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 200 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/698009>
5. Гульбин Ю.Л. Математические методы моделирования в геологии. Методические указания к лабораторным работам. СПб.: СПГГИ, 2005.
6. Гульбин Ю.Л. Математические методы моделирования в геологии. Методические указания по выполнению курсовой работы. СПб.: СПГГИ, 2010.
7. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии : Учебник для вузов. М. : Недра, 1990. 251 с.
8. Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии: СПб: СПГГИ, 2006.
9. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии. Красноярск: Из-во Красноярского университета, 1988.

### 7.1.2. Дополнительная литература

10. Смоленский В.В. Статистические методы обработки экспериментальных данных. СПб.: СПГГИ, 2003.
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1997.
8. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. М. Недра. 1990.
9. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Л. Недра. 1980.
10. Goovaert P. Geostatistics for natural resources evaluation. N.Y.: Oxford University Press, 1997.

### 7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>  
<https://e.lanbook.com/books>.
9. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
13. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
14. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
15. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукоонт»». <http://rucont.ru/>
16. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий**

- мобильный интерактивный комплекс-1 шт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий**

- стол аудиторный для студентов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN-8 шт.
- доска белая Magnetoplan CC магнитно-маркерная с эмалевым покрытием (2000x1000)-1 шт.
- компьютерное кресло 7875 A2S оранжевое-17 шт.
- лазерный принтер Xerox Phaser 361 0DN-1 шт.
- моноблок Dell OptiPlex 7460 AIO CTO-18 шт.
- огнетушитель ОУ-3-ВСЕ-1 шт.
- стол аудиторный для студентов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN-2 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы**

стол аудиторный для студентов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN-8 шт., доска белая Magnetoplan CC магнитно-маркерная с эмалевым покрытием (2000x1000)-1 шт., компьютерное кресло 7875 A2S оранжевое-17 шт., лазерный принтер Xerox Phaser 361 0DN-1 шт., моноблок Dell OptiPlex 7460 AIO CTO-18 шт., огнетушитель ОУ-3-ВСЕ-1 шт., стол аудиторный для студентов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN-2 шт.

### **8.3. Лицензионное программное обеспечение**

ENVI 4.5 for Win ( система обработки данных )

Geographic Calculator

Lab VIEW Professional (лицензия)

MapEdit Professional

Microsoft Office Standard 2019 Russian

Microsoft Windows 10 Professional

Statistika for Windows v.6 Russian ( лицензия )

Surfer 9.1 Win CD

Vertikal Mapper 3.5

ГИС MAP Info Pro 2019

ГИС Mapinfo Professional

ГИС Mapinfo Professional ( академическая версия )

ПО тематической обработки изображений ScanEx Image Processor 5.3

Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными для г. Кириши, каменногорск, Пикалево, Ковдор, Челябинск, Кемерово, Норильск)

Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными по г. Апатиты и Мончегорск)

Право на использование Дополнительного расчетного программного блока "НОРМА"

Право на использование дополнительного расчетного программного блока "Риски"

Право на использование программного модуля к УПРЗА "Эколог" 4.0 "Риски" замена с вер. 3.0 под локальный ключ 16542

Право на использование программы "2-ТП (Водхоз) (вер. 3.1) сетевой ключ 175

Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 175

Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 77  
Право на использование программы "Полигоны ТБО" (вер.1.0)  
Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер. 1.6) сетевой ключ 175  
Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер.1.5)  
Право на использование программы "РВУ - Эколог" (вер.4.0)  
Право на использование программы "РНВ - Эколог" (вер.4.0)  
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 175  
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 77  
Право на использование программы "Эколог-Шум" вариант "Стандарт" (вер. 2.1) с Каталогом шумовых характеристик  
Право на использование программы 2-ТП (Воздух) (вер. 4) с базовым модулем "Экомастер" сетевой ключ 175  
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 4.2) с базовым модулем "Экомастер" сетевой ключ 175  
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 5.0) сетевой ключ 175  
Право на использование программы АТП "Эколог" 3.10 под сетевой ключ 175 (на 40 рабочих мест)  
Право на использование программы РНВ-Эколог (4.2) сетевой ключ 175  
Право на использование программы УПРАЗА "Эколог" 4.0 + ГИС - Стандарт  
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" 4.50 (Газ+Застройка и высота) под локальный ключ 16541  
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" вариант "Газ" с учетом влияния застройки  
Программа для ЭВМ "ArcGIS Desktop"  
Программа для ЭВМ "MapInfo Pro 2019"  
Программа для ЭВМ "Серия - Эколог"  
Программа для ЭВМ Statistica Ultimate Academic 13 for Windows Ru (500 пользователей)  
Система T-FLEX DOCs Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ вынужденных колебаний 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ усталостной прочности 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ устойчивости 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Базовый + Статистический анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Частотный анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Тепловой анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Динамика Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX CAD 3D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Технология Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX ЧПУ 2D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 7.
2. Microsoft Windows 7 Professional.
3. Microsoft Windows Pro 7 RUS
4. Microsoft Windows 8 Professional
5. Microsoft Office 2007 Professional Plus

6. Microsoft Office Std 2007 RUS
7. Microsoft Office 2010 Professional Plus