

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан геологического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.



«25» сентября 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Б-МЕН Информатика

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки/ специальность:

05.03.01 Геология

Профиль программы бакалавриата:

Геохимия

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 6 от 8 сентября 2025 г.)

Москва 2025

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 05.03.01 Геология, утвержденным приказом по МГУ от 21.12.2021 № 1404 (в действующей редакции).

Год (годы) приема на обучение – 2024.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Информатика" является обучение студентов методам математической обработки геолого-геохимических данных, получаемых при изучении природных объектов.

Задачи – освоение методов математической обработки данных, получаемых при проведении геолого-геохимических и эколого-геохимических исследований на природных объектах.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Рассматриваются основные типы математических моделей, их взаимосвязи и применимость при описании геологических процессов. Излагаются приемы математической обработки данных, получившие наибольшее распространение в практике геохимических съемок: оценка параметров геохимического фона, критерии выделения геохимических аномалий, фильтрация случайных помех, методы классификации природных объектов и точек наблюдения дисперсионным, факторным и кластерным анализами. Рассматриваются вопросы оценки случайных и систематических ошибок определений состава почв, горных пород и руд.

На семинарских занятиях студенты осваивают приемы математической обработки массивов данных, характеризующие геохимические поля природных объектов. с использованием компьютерных технологий.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – базовая часть, математический и естественно-научный блок, обязательные дисциплины, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Общая химия», «Физика», «Общая геология».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-1 на уровне бакалавриата, ОПК-2 на уровне бакалавриата, ОПК-3	ОПК-1.Б. Применяет знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач. ОПК-2.Б. Использует знание теоретических основ фундаментальных геологических	Знать: основные типы физико-математических моделей, используемых для описания природных процессов, вероятностно-статистические законы распределения случайных величин, применяемых для анализа распределений химических элементов в геологических объектах, методы оценки их статистических параметров. Уметь:

на уровне бакалавриата	дисциплин при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности. ОПК-3.Б. Решает стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (в области геохимии)	выделять геохимические аномалии, оценивать величины систематических и случайных ошибок анализа состава вещества; Владеть: методами компьютерной обработки массивов данных, полученных при проведении натурных наблюдений и из ресурсов сети Интернет, с использованием программных средств геоинформационных систем и статистического анализа
--------------------------------------	---	---

4. Объем дисциплины: 4 з.е., в том числе 108 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся, форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы¹</i>			Всего	Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Практические/лабораторные занятия		
Введение	4	2			2	Реферат, 2 часа
Раздел 1. Основы теории вероятностей	26	10		10	20	2 расчетно-вычислительные работы, контрольная работа, 6 часов
Раздел 2. Случайные величины и законы их распределения	16	6		6	12	1 расчетно-графические работы, контрольная работа, 4 часа
Раздел 3. Статистические параметры выборочных совокупностей	16	6		6	12	1 расчетно-графическая работа, контрольная работа, 4 часа
Раздел 4. Аппроксимация природных распределений вероятностными законами	28	10		12	22	2 расчетно-графические работы, контрольная работа, 6 часов
Раздел 5. Ошибки измерений	16	6		6	12	1 расчетно-графическая работа, контрольная работа, 4 часа
Раздел 6. Анализ упорядоченных последовательностей	16	6		6	12	1 расчетно-графическая работа, контрольная работа 4 часа
Раздел 7. Основы анализа многомерных данных	22	8		8	16	2 расчетно-графические работы, контрольная работа 6 часов
Промежуточная аттестация ²	Экзамен					
Итого	144	108			36	

¹ Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых консультаций или индивидуальной работы с обучающимися

² Время для подготовки к промежуточной аттестации в форме **зачета** выделяется из часов самостоятельной работы обучающихся. Промежуточная аттестация в форме **экзамена** проводится во время экзаменационной сессии, предусмотренной графиком учебного процесса.

Содержание разделов дисциплины

Лекции

Введение

Цель и задачи курса. Необратимый процесс постепенного превращения геологии и описательной науки в раздел точного естествознания. Типы задач, возникающих при обработке геолого-геохимических данных. Анализ причинных связей между явлениями. Математические модели, используемые для описания геологических процессов: детерминированные, вероятностные и статистические. Взаимосвязи между различными типами моделей. Типы данных, получаемых при геологических исследованиях. Параметрические и непараметрические величины. Шкалы измерения: номинальная, порядковая, интервальная, отношений.

Раздел 1. Основы теории вероятностей.

Определение вероятности. Способы расчета вероятности реализации события. События: невозможные, достоверные, совместные, несовместные, независимые. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Формула условной вероятности. Теорема оценки правдоподобия гипотез Байеса. Теоремы о повторении опытов.

Раздел 2. Случайные величины и законы их распределения.

Основные примеры дискретных и непрерывных распределений. Функция распределения вероятностей. Вероятность попадания случайной величины в заданный интервал. Плотность распределения. Числовые характеристики случайных величин: математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратичное отклонение, мода, медиана, асимметрия и эксцесс. Закон равномерной плотности. Биномиальное распределение Бернули. Закон редких событий Пуассона.

Нормальная функция распределения и ее свойства.

Нормальный закон распределения, как асимптотическое приближение биномиального распределения для непрерывной случайной величины. Нормальный закон, как следствие аддитивного воздействия факторов на случайную величину. Функция распределения плотности вероятностей, функция распределения вероятностей.

Параметры нормальной функции распределения.

Числовые характеристики: математическое ожидание, дисперсия, мода, медиана, асимметрия и эксцесс. Вероятность попадания случайной величины на заданный участок. Правило трех сигм и его использование для выделения аномальных точек геохимического поля. Распределение Типпета. Таблицы оценки стандартного отклонения по размаху.

Логнормальный закон, как следствие последовательного мультипликативного воздействия факторов на случайную величину. Свойства логнормального закона и его параметры.

Раздел 3. Статистические параметры выборочных совокупностей.

Природные вариации содержаний химических элементов в горных породах.

Основные понятия теории математической статистики: генеральная и выборочная совокупности. Методы составления выборок: регулярная сеть наблюдения и случайное расположение точек опробования.

Эмпирические функции распределения плотности вероятностей случайных величин.

Гистограмма и правила ее построения. Числовые характеристики статистического распределения: оценки математического ожидания, дисперсии, стандартного отклонения. Число степеней свободы. Доверительный интервал оценки математического ожидания.

Раздел 4. Аппроксимация распределений химических элементов природных объектах вероятностными законами

Критерии соответствия эмпирических распределений с вероятностным законом.

Использование свойств шкал измерения для оценки соответствия природного распределения нормальному закону. Проверка нормальности распределения по асимметрии и эксцессу. Критерий Пирсона. Критерий Колмогорова.

Статистическая оценка гипотез.

Недопустимость сравнения содержания химического элемента в двух разных породах при наличии одного анализа каждой породы. Критерий Стьюдента для установления значимости различий двух средних. Критерий Фишера для значимости различий дисперсий двух распределений. Однофакторный дисперсионный анализ.

Раздел 5. Ошибки измерений

Закон случайных ошибок Гаусса. Абсолютная и относительная погрешности. Случайные и систематические ошибки. Оценивание систематической и случайных ошибок по серии параллельных наблюдений. Мера точности. Соотношение между точностью и ошибкой. Предельная абсолютная и относительная погрешности функциональной величины. Методы расчета абсолютной и относительной погрешностей суммы, разности, частного, произведения и степенной функции.

Раздел 6. Анализ упорядоченных последовательностей

Тренд и методы его выявления. Критерий Аббе. Фильтрация случайных помех. Линейные и нелинейные фильтры, их свойства и назначение. Сглаживание данных скользящими окнами. Выбор длины окна. Методы подбора числовых коэффициентов скользящих окон.

Сглаживание данных по методу наименьших квадратов. Подбор коэффициентов линейных функций методом наименьших квадратов. Способы линеаризации функциональных зависимостей.

Раздел 7. Основы анализа многомерных данных

Смешанный парный момент и коэффициент корреляции между содержаниями химических элементов. Значимость коэффициента корреляции. Ранговый коэффициент корреляции. Корреляция в закрытой числовой системе. Транзитность корреляционных связей между содержаниями химических элементов. Коэффициент частной корреляции. Ограничения в части генетического истолкования коэффициента корреляции. Методы визуализации данных корреляционного анализа. Корреляционные спектры и дендрограммы.

Применение регрессионного анализа для решения геохимических задач. Метод наименьших квадратов. Уравнение линейной регрессии. Оценка значимости регрессии. Доверительные интервалы предсказанных оценок.

Практические занятия

Раздел 1. Решение задач по оценке вероятностей случайных событий.

Раздел 2. Работа в дисплейном классе с электронным учебником. Изучение свойств нормального и логнормального распределений. Задачи для самостоятельного решения.

Раздел 3. Работа в дисплейном классе с электронным учебником. Составление выборок по геологическим объектам. Построение эмпирических функций (гистограмм) распределения плотности вероятностей макро и микроэлементов. Нахождение оценок параметров выборочных совокупностей: среднее значение, дисперсия, коэффициенты асимметрии и эксцесса

Раздел 4. Работа в дисплейном классе с электронным учебником. Решение задачи аппроксимации распределения содержания химического элемента в массиве горных пород нормальным или логнормальным законами с помощью критериев Пирсона и Колмогорова. Выделение аномальных точек геохимического поля горных пород.

Составление выборок по массивам горных пород и оценка значимости различия в них средних содержаний макро- и микроэлементов. Задачи для самостоятельного решения

Раздел 5. Работа в дисплейном классе. Решение задач на оценивание систематической и случайных ошибок по повторно-контрольным измерениям содержания элемента в горных породах. Задачи на расчет предельных относительных ошибок функциональных величин: ошибки приготовления эталонных образцов и т.п.

Раздел 6. Работа в дисплейном классе. Знакомство с программами сглаживания данных скользящими окнами и подбора коэффициентов линейных и экспоненциальных

функций по методу наименьших квадратов. Исследование свойств цифровых фильтров. Задачи для самостоятельного решения.

Раздел 7. Работа в дисплейном классе. Знакомство с программами многомерного статистического анализа. Решение задач на вычисление коэффициентов ранговой корреляции Спирмана. Построение корреляционных дендрограмм. Задачи на построение уравнений линейной регрессии и оценку доверительных интервалов предсказанных по ним значений. Задачи для самостоятельного решения.

Самостоятельная работа студентов предполагает закрепление материала, рассмотренного на лекционных и практических занятиях. С этой целью учащимся выдаются индивидуальные задания по рассматриваемым разделам курса, их фактическую основу составляют данные состава геологических объектов различного генезиса. Итогом выполнения работы является написание Отчета, где приводятся и комментируются полученные результаты. Отчет защищается на коллоквиуме с выставлением оценки.

6. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости проводится посредством выполнения письменных контрольных работ с решением задач по теории вероятностей и самостоятельного решения задач по обработке данных распределения химических элементов в геологических объектах, соответственно с темами разделов учебного курса. Результат каждого задания оценивается по пятибалльной шкале и суммарный результат учитывается при сдаче экзамена.

Задания для самостоятельной подготовки студентов

Название раздела	Содержание
Основы теории вероятностей	Решение задач по расчету вероятности реализации случайных событий, с применением теоремы сложения и умножения вероятностей, формул полной вероятности и условной вероятности, теоремы оценки правдоподобия гипотез Байеса и др.
Случайные величины и законы их распределения	Изучение свойств нормального и логнормального законов распределения случайных величин
Статистические параметры выборочных совокупностей	Составление выборок по геологическим объектам. Построение эмпирических функций (гистограмм) распределения плотности вероятностей макро и микроэлементов. Нахождение оценок параметров выборочных совокупностей: среднее значение, дисперсия, коэффициенты асимметрии и эксцесса
Аппроксимация распределений химических элементов природных объектах вероятностными законами.	Решение задачи аппроксимации распределения содержания химического элемента в массиве горных пород нормальным или логнормальным законами с помощью критериев Пирсона и Колмогорова. Выделение аномальных точек геохимического поля горных пород. Составление выборок по массивам горных пород и оценка значимости различия в них средних содержаний макро- и микроэлементов.
Ошибки измерений	Оценивание систематической и случайных ошибок по повторно-контрольным измерениям содержания элемента в горных породах. Задачи на оценивание предельных ошибок функциональных величин: ошибки приготовления эталонных образцов и т.п.

Анализ упорядоченных последовательностей	Исследование свойств цифровых фильтров, сглаживание данных весовыми скользящими окнами, подбор коэффициентов линейных и экспоненциальных функций по методу наименьших квадратов.
Основы анализа многомерных данных	Вычисление коэффициентов ранговой корреляции Спирмана. Построение корреляционных дендрограмм. Задачи на построение уравнений линейной регрессии и оценку доверительных интервалов предсказанных по ним значений.

Примеры расчетно-графических работ

1. Распределение содержаний химического элемента в элювиально-делювиальных отложениях в области нормального геохимического поля характеризуется с математическим ожиданием m и стандартным отклонением σ . Оценить вероятность того, что содержание этого элемента в случайно выбранной точке опробования превысит свое математическое ожидание на величину не меньше, чем на 3σ .

2. Определения содержания глинозема (Al_2O_3) в пробах из пласта бокситов выполнены в трех лабораториях. Определить среднее содержание Al_2O_3 в бокситовых рудах по результатам их анализа, представленным ниже в таблице.

Исполнитель	Al_2O_3 , %								
Лаб. № 1	56,2	55,6	56,1	57,2	56,4	58,3	56,2	55,6	57,5
Лаб. № 2	55,2	54,4	55,4	56,7	57,0	58,7	55,1	55,1	
Лаб. № 3	55,0	54,3	55,5	56,6	55,5	57,9			

3. Система вентиляции горных выработок настроена на поддержание постоянного содержания углекислого газа в воздухе равного 0,1 об.%. Оценить вероятность того, что содержание CO_2 в наугад выбранной точке наблюдения не превзойдет предельно допустимую концентрацию 0,5 об.% («Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». ГН 2.2.5.2100-06), если по данным десяти определений, выполненных в различных пунктах, его содержания равны: 0,11; 0,15; 0,16; 0,09; 0,06; 0,07; 0,05; 0,08; 0,15; 0,08 (об.%).

4. По данным изучения состава 970 проб бокситов латеритной коры выветривания установлено, что среднее содержание окиси алюминия в них равно 38,9%, стандартное отклонение – 5,2%. В предположении, что распределение Al_2O_3 подчиняется нормальному закону, оценить долю руд с содержанием окиси алюминия более 50%.

5. По данным изучения коры выветривания карбонатитового массива установлено, что среднее содержание бария равно 0,17%, стандартное отклонение 0,051%. В предположении, что его распределение подчиняется нормальному закону, указать содержание бария, выше которого оно признаются аномальными с надежностью не менее 99%.

6. Полагая, что распределение содержания молибдена в гранитах аппроксимируется логнормальным законом распределения случайных величин с параметрами $\tilde{C} = 0,00054\%$ и $\varepsilon = 1,4$, определить его содержание, выше которого оно признаются аномальными с надежностью не менее 99%.

7. Полагая, что распределение содержания молибдена (в $n \cdot 10^{-4}\%$) в гранитах аппроксимируется логнормальным законом распределения случайных величин, определить доверительный интервал оценки математического ожидания с надежностью не менее 95%, если по данным анализа 25 проб среднее геометрическое содержание этого элемента равно $\tilde{C} = 2,03$, а величина стандартного множителя $\varepsilon = 1,62$.

8. Средняя квадратическая ошибка измерений географических координат с помощью приемника GPS равна 4,5 м. Какое число замеров следует провести на точке наблюдения, чтобы с надежностью в 95% величина доверительного интервала координат

была в пределах 2 м?

9. Определить число данных в выборке, при котором величина доверительного интервала для 5% уровня значимости будет равна половине эмпирического стандарта.

10. Оценить предельную относительную случайную ошибку оценки массы компонента в образованиях сферической формы радиусом R , если известны относительные случайные ошибки удельной плотности σ_ρ , радиуса σ_R и концентрации σ_c .

11. В двух независимо составленных эталонных образцах рентгенофлуоресцентным методом определено содержание бария. Анализы выполнены на одном приборе со среднеквадратической ошибкой измерений, $\sigma = 0,011\%$. Две серии по 15 измерений каждого образца дали средние значения содержания элемента: $C_1 = 0,23\%$ и $C_2 = 0,22\%$. Определить значимость отличий содержания бария в приготовленных эталонах с надежностью в 99%.

12. Оценить различие параметров кремнезема (SiO_2) в визуально однотипных магматических породах, обнажающихся в пространственно разобщенных скальных выходах. Оценки среднего содержания оксида кремния и стандартного отклонения по данным опробования приведены в таблице:

Скальный выход	Среднее содержание SiO_2 , %	Стандартное отклонение, %	Объем выборки
№1	59,41	1,12	17
№2	58,38	1,72	11

13. В таблице приведены данные ежесуточных измерений атмосферного давления (мм. рт. ст.) приземного слоя воздуха и содержания углекислого газа (об. %) в поровом пространстве рыхлых отложений на глубине 3 м.

P	539	527	517	530	540	514	505	509	524	530	524	520	528
CO ₂	0,97	1,00	1,02	0,95	0,98	0,99	1,03	1,02	1,01	0,99	0,97	1,03	1,00

14. Проверить гипотезу о существовании корреляционной зависимости между вариациями атмосферного давления и содержанием углекислого газа в подземной атмосфере.

15. По коэффициентам парной корреляции содержаний четырех элементов (Cl, Si, Na, Ca) в водах озер Карелии, полученным по данным анализа 28 проб, оценить коэффициент частной корреляции между кальцием и кремнием с учетом возможного влияния на анализ этих элементов содержаний натрия и хлора. Коэффициенты парной корреляции между этими компонентами озерных вод имеют следующие значения: $r_{\text{CaSi}} = 0,593$; $r_{\text{NaCl}} = 0,965$; $r_{\text{NaSi}} = -0,369$; $r_{\text{NaCa}} = -0,174$; $r_{\text{CaCl}} = -0,313$; $r_{\text{SiCl}} = -0,500$.

16. Оценить величину коэффициента множественной корреляции между содержанием углекислого газа в поровом пространстве почвы с изменением температуры (t) ее поверхности и атмосферного давления (P), исходя из величин коэффициентов парной корреляции между ними, полученными по выборке объемом в 365 наблюдений: $r_{t, \text{CO}_2} = 0,793$; $r_{P, \text{CO}_2} = -0,812$; $r_{t, P} = -0,421$

17. Оценить сходство рядов зонального отложения элементов трех золоторудных месторождений различного генезиса:

Высокотемпературные:

(W, Au, Bi, Sn, Mo) – Cu – Zn – (Pb, As, Ag, Sb).

Среднетемпературные:

W – Bi – (Sn, Mo) – Cu – Au – Zn – Pb – (Ag, As, Sb).

Низкотемпературные:

(W, Bi, Sn) – Mo – (Cu, Zn) – Pb – Au – Ag – (As, Sb).

Элементы в скобках имеют одинаковые позиции в ряду зональности.

18. Распределение изоморфной микропримеси между раствором и кристаллизующимся из него минералом описывается уравнение фракционирования Релея: $Y = Y_0 F^{(d-1)}$, где Y_0 и Y – мольные доли микропримесей в растворе до начала и на момент кристаллизации, F – доля микрокомпонента, оставшегося в растворе на момент

кристаллизации; d – коэффициент распределения.

19. Найти коэффициент распределения рубидия между раствором и кристаллизующимся из него шенитом ($K_2SO_4MgSO_4 \cdot 6H_2O$) по экспериментальным данным, приведенным ниже. Для данной задачи $Y = Rb/K$.

K, %	2,90	2,90	2,83	2,80	2,63	2,56	2,45	2,38
Rb·10 ⁻³ , %	10,75	10,65	10,30	10,25	9,35	8,95	8,45	8,10
F_{Rb}	1,00	0,96	0,93	0,91	0,81	0,76	0,71	0,68

20. Зависимость коэффициента распределения изоморфных микрокомпонентов (D) от температуры ($T^\circ K$) имеет вид: $D = \exp(a + b/T)$.

21. Найти значение коэффициента распределения брома между раствором и сильвинитом при $90^\circ C$ по экспериментальным данным, приведенным в таблице.

$t^\circ C$	25	40	55	70
D	0,25	0,30	0,35	0,42

Примеры вопросов для контрольных работ

1. В каких случаях применяется оцифровка данных в номинальной шкале?
2. Какие математические операции применимы для значений порядковой шкалы?
3. В чем различие между интервальной шкалой и шкалой отношений?
4. В чем состоит отличие параметрических и непараметрических величин?
5. Какие типы математических моделей применяются для описания природных процессов?
6. На основании чего строятся детерминированные модели геологических процессов?
7. Каковы области применимости детерминированных и статистических математических моделей?
8. Чем различаются детерминированное и статистическое распределения признаков в геологических телах?
9. Чем характеризуется распределение элементов в однородном геохимическом поле? Что такое геологическая совокупность?
10. Что такое выборочная совокупность?
11. Что означает презентативность выборки?
12. Какими свойствами должна обладать выборочная совокупность?
13. Какие способы применяются для составления выборок?
14. Что определяет закон распределения вероятностей?
15. Что определяет функция плотности вероятностей?
16. Что определяет функция распределения вероятностей?
17. Как вычисляется вероятность попадания случайной величины в заданный интервал значений?
18. Что показывает кумулятивная кривая частостей?
19. На что указывает наличие нескольких максимумов функции плотности вероятностей?
20. Что определяет формула Стерджесса?
21. Как строится гистограмма и что она характеризует?
22. Что характеризует математическое ожидание случайной величины?
23. Что характеризует дисперсия распределения случайной величины?
24. Чем характеризуется распределение случайной величины в геологической совокупности?
25. Что характеризуют мода, медиана, коэффициенты асимметрии и эксцесса?
26. Как изменяются значения оценок математического ожидания и дисперсии с увеличением объема выборок?
27. Какой вид имеет кривая функции плотности вероятностей нормального распределения?
28. Как соотносятся между собой функции нормального распределения и закона Гаусса?
29. Как меняется вид функции распределения вероятностей с изменением

математического ожидания и дисперсии?

30. Чем определяется величина максимума функции плотности вероятностей нормального распределения?

31. Чему равны значения коэффициентов асимметрии и эксцесса для нормальной функции распределения?

32. Что определяет «правило трех сигм» и для чего оно используется?

33. Можно ли применять нормальный закон для описания распределения содержания элемента в геохимическом поле, если величина среднего арифметического меньше стандартного отклонения?

34. Почему для нормального закона распределения положение моды совпадает с медианной распределения?

35. Какой вид имеет кривая функция плотности вероятностей логнормального распределения?

36. Как меняется вид функции распределения вероятностей логнормального распределения с изменением математического ожидания и дисперсии?

37. От чего зависит величина максимума функции плотности вероятностей логнормального распределения?

38. Какой знак имеют коэффициенты асимметрии и эксцесса для логнормальной функции распределения?

39. Как записывается «правило трех сигм» для логнормального распределения?

40. Как записывается закон Типпета для логнормального распределения?

41. Можно ли применять логнормальный закон для описания природного распределения содержания элемента в геохимическом поле, если величина среднего арифметического меньше стандартного отклонения?

42. Как соотносятся между собой положение моды и медианы для логнормального распределения?

43. Как преобразуется логнормальное распределение случайной величины к нормальному?

44. Что такое доверительный интервал?

45. Чем определяется длина доверительного интервала?

46. Как изменяется длина доверительного интервала с увеличением уровня значимости?

47. Как изменяется длина доверительного интервала с увеличением объема выборки?

48. Как определяется количество данных, обеспечивающих заданную величину доверительного интервала?

49. Что такое приближенная величина?

50. Чем определяется округление чисел?

51. Что такое округление по недостатку?

52. Чем относительная ошибка отличается от абсолютной?

53. В чем причина появления систематических ошибок?

54. Чем определяется критерий грубых ошибок?

55. Как устраняется систематическая ошибка измерений?

56. Как устраняется случайная ошибка измерений?

57. Как соотносятся между собой ошибка и точность измерений?

58. Чему равна ошибка суммы слагаемых?

59. Чему равна ошибка степенной функции?

60. Что такое статистическая гипотеза?

61. Что такое статистические критерии и на какие группы они подразделяются?

62. Какие критерии применяются для оценки нормальности распределения?

63. Что определяет критерий Пирсона?

64. Чему равно число степеней свободы при использовании критерия Пирсона?

65. Что определяет критерий Колмогорова?

66. С помощью каких критериев проверяется равенство дисперсий двух выборок?

67. Что определяет критерий Фишера?
68. Чему равно число степеней свободы при использовании критерия Фишера?
69. С помощью каких критериев проверяется равенство средних значений двух выборок?
70. Для решения каких задач применяется критерий Стьюдента?
71. Чему равно число степеней свободы при использовании критерия Стьюдента?
72. Для решения каких задач применяется дисперсионный анализ?
73. Что определяют внутригрупповая и межгрупповая изменчивости случайной величины?
74. Что характеризует коэффициент парной корреляции?
75. В каких пределах изменяется коэффициент парной корреляции?
76. В каких случаях используется коэффициент корреляции Спирмена?
77. Что характеризует коэффициент частной корреляции?
78. Что характеризует коэффициент множественной корреляции?
79. Как оценивается значимость коэффициентов корреляции?
80. Что отображает дендрограмма корреляционных связей и как она строится?
81. Метод наименьших квадратов и его назначение.
82. Условие нахождения коэффициентов линейных уравнений по методу наименьших квадратов?
83. Для чего используются цифровые фильтры?
84. Методы нахождения коэффициентов цифровых фильтров.
85. Скользящие окна и их назначение?
86. Чем определяется длина скользящего окна?

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Типы математических моделей используемых для описания геологических процессов.
2. Детерминированные и стохастические распределения признаков в геологических объектах.
3. Параметрические и непараметрические показатели.
4. Область применения статистических моделей при описании геологических явлений
5. Шкалы измерения геологических признаков: номинальная, порядковая, интервальная, отношений.
6. Событие. Вероятность события. Непосредственный подсчет вероятностей.
7. Сумма и произведение событий.
8. Теорема сложения вероятности для несовместных событий.
9. Теорема сложения вероятности для совместных событий.
10. Теорема умножения вероятности для несовместных событий.
11. Теорема умножения вероятности для совместных событий.
12. Предельная относительная погрешность произведения.
13. Формула полной вероятности реализации случайного события.
14. Условная вероятность наступления случайного события.
15. Схема повторения опытов. Вероятность появления события при повторении опытов.
16. Генеральная и выборочная совокупности. Способы составления выборок.
17. Нормальный закон распределения и его свойства.
18. Вероятность попадания случайной величины, распределенной по нормальному закону, в заданный интервал значений
19. Параметры нормального закона распределения. Математическое ожидание, дисперсия, мода, медиана, коэффициенты асимметрии и эксцесса
20. Логнормальный закон распределения и его свойства.
21. Параметры логнормального закона распределения.
22. Параметры статистических распределений и их оценки по экспериментальным данным

23. Проверка соответствия эмпирического распределения нормальному закону по критерию Колмогорова.
24. Проверка соответствия эмпирического распределения нормальному закону по критерию Пирсона.
25. Проверка соответствия эмпирического распределения нормальному закону по асимметрии и эксцессу.
26. Дисперсия случайной величины и методы ее оценки. Число степеней свободы системы наблюдаемых случайных величин.
27. Однородные и неоднородные совокупности. Частость различных содержаний элементов в пробах, взятых из одной горной породы.
28. Правила построения вариационных кривых частоты и их аппроксимация вероятностными законами.
29. Систематическая и случайная ошибки измерений. Оценка случайной ошибки по двум сериям параллельных наблюдений.
30. Функция распределения и функция плотности распределения случайной величины.
31. Эмпирическое распределение случайной величины. Гистограммы и правила их построения.
32. Правило трех сигм для выявления аномальных значений признаков.
33. Оценка значимости различий дисперсий двух выборок. Критерий Фишера.
34. Оценка различия средних значений признака в двух выборках по t-критерию Стьюдента.
35. Число наблюдений, обеспечивающих заданную точность оценки математического ожидания среднего.
36. Критерий Пирсона, его использование при решении геологических задач.
37. Тренд и его визуализация полиномами.
38. Ошибки случайные и систематические. Формулы вычисления ошибок по парам параллельных измерений.
39. Абсолютные и относительные ошибки. Методы оценивания абсолютных случайных ошибок.
40. Методы оценивания относительных случайных ошибок.
41. Предельная относительная погрешность частного.
42. Предельная абсолютная погрешность функции. Методы ее оценивания.
43. Предельная относительная погрешность функции. Методы ее оценивания.
44. Предельная относительная погрешность степенной функции.
45. Предельная относительная погрешность суммы.
46. Методы фильтрации случайных помех скользящими окнами. Выбор длины фильтра.
47. Линейные и нелинейные фильтры, их свойства и назначение.
48. Метод выявления линейного тренда в упорядоченном распределении признака с помощью критерия Аббе.
49. Многомерные статистические методы исследования зависимостей (перечисление и общая характеристика).
50. Метод наименьших квадратов. Нахождение коэффициентов линейного уравнения $Y = ax + b$ по методу наименьших квадратов.
51. Методы линеаризации функциональных зависимостей. Нахождение коэффициентов экспоненциальной функции $Y = b \exp(a)$ методом наименьших квадратов.
52. Критерий сопряженности признаков, выраженных в номинальной шкале.
53. Корреляционный анализ и его применение для решения геологических задач.
54. Коэффициент парной корреляции, оценка значимости r_{xy} .
55. Корреляция в закрытой числовой системе.
56. Коэффициент частной корреляции и оценка его значимости.
57. Корреляция между порядковыми величинами. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена.

58. Матрица коэффициентов корреляции. Методы визуализации корреляционных связей, дендрограммы.
59. Типы регрессионных задач в геологии (перечислить и дать примеры).
60. Геологические задачи, решаемые тренд-анализом.
61. Уравнения линейной регрессии. Регрессия Y на X и X на Y .
62. Проверка значимости уравнения линейной регрессии с помощью критерия Фишера.
63. Доверительный интервал предсказанной величины по уравнению линейной регрессии.
64. Уравнения многомерной регрессии, применение для решения геологических задач.
65. Типы задач классификации и методы их решения.
66. Общая характеристика задач и целей использования процедур классификации в геологии.
67. Разграничение сходных объектов по данным измерения одного и большего числа признаков.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: вероятностно-статистических законов распределения случайных величин, применяемых для описания распределений химических элементов в геологических объектах	Знания отсутствуют теоретических основ статистической обработки геохимических данных	Фрагментарные знания теоретических основ статистической обработки геохимических данных	Общие, но не структурированные знания законов распределения случайных величин, применяемых для описания распределений химических элементов в геологических объектах	Полные систематические знания законов распределения случайных величин, применяемых для описания распределений химических элементов в геологических объектах
Умения: устанавливать вероятностные законы, характеризующие распределения макро и микрокомпонентов природной среды и на их основе оценивать параметры фона и выделять геохимические аномалии	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в практическом применении математического аппарата	Успешное умение использования математического аппарата обработки геохимических данных
Владения: современными вероятностно-статистическими методами обработки геолого-геохимических данных, характеризующих свойства природных объектов.	Навыки владения методами математической обработки геохимических данных отсутствуют	Фрагментарное владение методами математической обработки геохимических данных	В целом сформированные навыки использования методов статистической обработки геолого-геохимических данных	Владение методами статистической обработки геолого-геохимических данных.

7. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

- Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Учебник для вузов. М., Высшая школа. 1998.
- Воробьев С.А. Информатика. Математическая обработка геолого-геохимических данных. Учебное пособие. Москва. Юрайт. 2022
- Воробьев С.А. Математическая обработка геохимических данных. Элементарная статистика. Электронный учебник. М. Диалог МГУ, 1993.
- Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие. - М. Высшее образование. 2006.
- Дэвис Д. Статистика и анализ геологических данных. М. Мир. 1992.
- Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика. Учебное пособие. М. БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007.

- дополнительная литература:

- Лемешко Б.Ю., Лемешко Б.Ю., Постовалов С.Н., Чимитова Е.В. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход. Новосибирск.: 2011.
- Михалевич И.М., Примица С.П. Применение математических методов при анализе геологической информации (с использованием MS Excel). Учеб. пособие. Ч.1. Иркутск: ИГУ. 2001.
- Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии. СПб.: 2006.
- Походун А.И. Экспериментальные методы исследований. Погрешности и неопределенности измерений. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006.
- Тропин М.П. Основы математической обработки информации. Учебное пособие. Москва. Юрайт. 2021.

- Перечень лицензионного программного обеспечения: пакеты программ Statistica; Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint.
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: нет
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: нет
- Описание материально-технической базы
 - а) Лекционные аудитории с проектором и экраном.
 - б) Компьютерный класс на 10 мест, оборудованный IBM-совместимыми компьютерами под управлением ОС Windows-10 и выше.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватели: доц. к.г.-м.н. Воробьев С.А., ст. преп. Аплеталин А.В.

10. Разработчики программы: доц. к.г.-м.н. Воробьев С.А., ст. преп. Аплеталин А.В.