

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
исторической геологии и палеонтологии



/А. Д. Савко/

06.05.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б1.В.07 Математические методы моделирования в геологии

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 21.05.02  
Геология
2. Профиль подготовки/специализация: Геологическая съемка, поиски и раз-  
ведка месторождений твердых полезных ископаемых
3. Квалификация (степень) выпускника: горный инженер-геолог
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: исторической геологии и  
палеонтологии
6. Составители программы: Иванов Дмитрий Андреевич, кандидат геолого-  
минералогических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС геологического факультета от 13.05.2024, протокол №8
8. Учебный год: 2026-2027 Семестр(ы)/Триместр(ы): 6

## **9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

подготовка специалистов, компетентных в сфере работы с геологическими образованиями и процессами как объектами математического изучения и моделирования; знакомых со спецификой геологических задач, решаемых с помощью математических методов, с возможностями различных математических методов, а также факторами, влияющими на эффективность их использования.

*Задачи учебной дисциплины:*

- формирование у обучаемых представлений об особенностях использования математических методов в геологии; основных принципах геолого-математического моделирования; главных типах математических моделей;
- получение обучаемыми знаний о сущности, ограничениях и условиях применения основных одно-, двух- и многомерных статистических моделей; основных статистических законах распределения, используемых в геологии; статистической проверке геологических гипотез; моделировании пространственных переменных; факторах, определяющих выбор и эффективность использования математических методов в геологии.
- приобретение обучаемыми практических навыков обработки геологической, геохимической и геофизической информации на основе одно-, двух- и многомерных статистических моделей.

## **10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Блок Б1, вариативная часть.

Для успешного освоения курса студентом должны быть освоены знания и умения, представляемые в объеме базовых дисциплин: Математика, Информатика. В основе предполагаемых к изучению математических методов лежат аналитические и пространственные данные геологической направленности, поэтому для освоения курса необходимы знания таких дисциплин как Общая геология, Литология, Петрография, Геохимия, Геоморфология и Четвертичная геология.

Дисциплина «Математические методы в геологии» является предшествующей следующим дисциплинам: Геохимические методы поисков, Моделирование в картографии.

## **11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-4	Способен проводить оценку прогнозных ресурсов и подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых, в том числе с применением геоинформационных и горно-геологических информационных систем	ПК-4.3	С помощью статистического анализа выделяет перспективные участки для поисков полезных ископаемых	<p><b>Знать:</b> принципы геолого-математического и статистического моделирования, алгоритмы геолого-статистического анализа данных, основные типы и условия применения математических моделей в рамках курса, возможности по математическому моделированию в ГИС и ГГИС.</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать геологические задачи в виде, пригодном для их решения методами геолого-математического и статистического моделирования</p> <p><b>Владеть:</b> методами подготовки, предварительного анализа и оценки числовой информации; методами графического моделирования и интерпретации массивов числовых данных; методами подготовки и математической обработки геологической информации; методами математической статистики и интерпретации результатов в рамках курса; выбирать приемлемые и наиболее эффективные математические методы решения геологических поисково-разведочных задач</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации – зачет**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)		
	Всего	По семестрам	
		№ семестра - 5	№ семестра
Аудиторные занятия	44	44	
в том числе:			
лекции	22	22	
практические			
лабораторные	22	22	
Самостоятельная работа	28	28	
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – 0 час.)			
Итого:	72	72	

**13.1. Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Введение	1.Геологические объекты (ГО), классы объектов и их свойства. Методы изучения ГО, характер геологической информации. Понятие о математическом моделировании геологических объектов. Виды математических моделей, применяемых в геологии.	Математические методы в геологии

1.2	Одномерные статистические модели	<p>2. Сущность и условия применения. Статистические характеристики и графическое представление распределения случайной величины.</p> <p>3. Статистические законы распределения. Проверка гипотезы о законе распределения.</p> <p>4. Статистическая проверка геологических гипотез о равенстве числовых характеристик и свойств объектов.</p> <p>5. Анализ однородности выборочных геологических совокупностей.</p>	Математические методы в геологии
1.3	Двумерные статистические модели	<p>6. Сущность и условия применения. Графическое изображение системы двух случайных величин. Статистические характеристики системы двух случайных величин. Коэффициенты парной корреляции, ранговой корреляции, сопряженности.</p> <p>7. Проверка гипотез о наличии корреляционной связи. Ложная корреляция. Выбор уравнения регрессии.</p> <p>8. Формирование полей статистических характеристик двух случайных величин ГО.</p>	Математические методы в геологии
1.4	Многомерные статистические модели	<p>9. Сущность и условия применения. Система множества случайных величин и ее статистические характеристики. Оценка информативной совокупности геологических признаков.</p> <p>10. Методы многомерной статистики: множественная линейная регрессия, анализ матрицы коэффициентов корреляции, кластер-анализ, дискриминантный анализ.</p> <p>11. Метод главных компонент, распознавание образов. Картографическое представление результатов многомерного анализа пространственных данных на примерах прогноза геологического строения, прогноза полезных ископаемых, дешифрирования данных дистанционного зондирования.</p>	Математические методы в геологии
<b>2. Практические работы</b>			
2.1			
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Введение	1. Условия, приемы нормирования данных. Статистическая оценка достоверности и представительности данных опробования.	Математические методы в геологии
3.2	Одномерные статистические модели	<p>2. Расчет данных описательной статистики на основе базовых формул</p> <p>3. Статистический анализ выборки в Пакете Анализа Excel. Графические приемы анализа одномерных выборок в Excel</p> <p>4. Проверка геологических гипотез о законе распределения</p> <p>5. Проверка геологических гипотез об однородности выборки, равенстве средних, дисперсий. Критерии Фишера. Стьюдента.</p>	Математические методы в геологии
3.3	Двумерные статистические модели	<p>6. Дискриминантный анализ. Линейная дискриминантная функция.</p> <p>7. Проверка гипотезы о корреляционной связи. Линейный регрессионный анализ.</p> <p>8. Регрессионный анализ. Выбор и оценка регрессионного уравнения на основе среднеквадратичных отклонений.</p>	Математические методы в геологии
3.4	Многомерные статистические модели	<p>9. Многомерный регрессионный анализ.</p> <p>10. ПО Statistica. Кластерный анализ.</p> <p>11. Факторный анализ. Обработка данных химического анализа. Факторный анализ геохимических данных. Интерпретация результатов.</p>	Математические методы в геологии

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	2	2	4	8
2	Одномерные статистические модели	8	8	8	24
3	Двумерные статистические модели	6	6	8	20
4	Многомерные статистические модели	6	6	8	20
	Итого:	22	22	28	72

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При освоении дисциплины обязательным условием является полное самостоятельное выполнение практических и лабораторных заданий для освоения базовых навыков работы по статистическому анализу данных. Занятия упорядочены по степени усложнения, при этом особенно важно усвоение информации по пониманию разделов «Введение» и «Одномерные статистические модели» как основы для дву- и многомерных статистических моделей. На каждом занятии рассматривается отдельная статистическая задача или метод статистической обработки данных. При этом, первоначально разбирается общая для группы задача на основе методических материалов и мультимедийной демонстрации. В дальнейшем каждый студент получает подобное индивидуальное задание, на основе выполнения которого определяется понимание им данной темы.

При изучении разделов дисциплины рекомендуется активное использование Электронного учебника по статистике компании StatSoft Russia.

Электронный курс размещен по адресу <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2571>. Здесь выложены задания, методические рекомендации по выполнению этих заданий, ссылки на литературу, вопросы для самоконтроля.

Вид работы	Методические указания
<i>Подготовка к лекциям и составление конспекта</i>	<i>Лекция</i> является важнейшей формой организации учебного процесса, знакомит с новым материалом, разъясняет учебные элементы, трудные для понимания, систематизирует учебный материал и ориентирует в учебном процессе. В ходе лекционных занятий рекомендуется: а) вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт исследований; б) оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений; в) задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций; г) дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой
<i>Практические (в т.ч. семинарские) и лабораторные занятия</i>	Практические и лабораторные занятия предполагают их проведение в различных формах, с целью выявления полученных знаний, умений, навыков и освоенных компетенций с проведением текущих аттестаций: а) практические занятия ориентированы, прежде всего, на освоение умений применения теоретических знаний для решения задач; б) семинарские занятия, как одна из форм практических занятий, направлены, в основном, на формирование, углубление и расширение знаний, прежде всего, теоретического материала дисциплины, путем заслушивания и обсуждения содержания докладов в) лабораторные занятия могут быть направлены на освоение современного оборудования и программных средств (программного обеспечения) в дисциплинарной области, а также проведения экспериментальных исследований.

	<p>При подготовке к <i>семинарскому занятию</i>, необходимо, прежде всего, изучить конспект лекций, разделы учебников и учебных пособий, проработать рекомендованную дополнительную литературу, сделать записи по рекомендованным источникам. В процессе этой работы обучающийся должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. На семинаре каждый его участник должен быть готовым к выступлению по всем поставленным в плане вопросам, проявлять максимальную активность при их рассмотрении. Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано, не допускается простое чтение конспекта.</p> <p>При подготовке к <i>лабораторному занятию</i> необходимо изучить теоретический материал, который будет использоваться в ходе выполнения лабораторной работы. Нужно внимательно прочитать методическое указание (описание) к лабораторной работе, продумать план проведения работы, подготовить необходимые бланки и таблицы для записей наблюдений. Непосредственно выполнению лабораторной работы иногда предшествует краткий опрос обучающихся преподавателем для выявления их готовности к занятию. При выполнении лабораторной работы, как правило, необходимы следующие операции: а) настройка и подготовка программной среды для выполнения лабораторной работы; б) знакомство и исходными данными для работы (при необходимости); в) воспроизведение изучаемого метода, алгоритма (процесса) по работе с данными; г) анализ и обобщение результатов (составление отчета); д) защита и личное представление результатов (отчета). При защите отчета преподаватель индивидуально беседует со студентом, оценивая глубину понимания полученных им результатов.</p>
<p><i>Подготовка к текущей аттестации</i></p>	<p><i>Текущая аттестация</i> – это контроль процесса освоения обучающимися содержания образовательных программ, формирования соответствующих компетенций, первичных профессиональных умений и навыков; оценка результатов самостоятельной деятельности обучающихся. Форма проведения текущей аттестации может быть устной или письменной, а также с использованием современных информационных технологий. Возможны следующие формы текущей аттестации: а) контрольная работа; б) круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты; в) проект; г) реферат; д) доклад, сообщение; ж) собеседование; з) творческое задание; и) тест; к) эссе и др. Текущая аттестация осуществляется с применением фонда оценочных средств (КИМы, комплекты разноуровневых заданий, задачи и т.п.). При подготовке к текущей аттестации необходимо, изучить конспект лекций, разделы учебников и учебных пособий, проработать рекомендованную дополнительную литературу, сделать записи по рекомендованным источникам. Возможность использования обучающимися на текущей аттестации учебной литературы, справочных пособий и других вспомогательных материалов определяется преподавателем. Результаты текущей аттестации могут учитываться при промежуточной аттестации обучающихся по решению кафедры.</p>
<p><i>Собеседование (коллоквиум)</i></p>	<p>Вид учебно-теоретических занятий, представляющий собой групповое обсуждение под руководством преподавателя достаточно широкого круга проблем, например, относительно самостоятельного большого раздела лекционного курса. <i>Коллоквиум</i> проходит обычно в форме дискуссии, в ходе которой студентам предоставляется возможность высказать свою точку зрения на рассматриваемую проблему, учиться аргументированно отстаивать свое мнение и в то же время продемонстрировать глубину и осознанность усвоения изученного материала. Одновременно это и разновидность массового устного опроса, позволяющего преподавателю в сравнительно небольшой временной промежуток выяснить уровень знаний студентов целой академической группы по конкретному разделу курса.</p>
<p><i>Самостоятельная работа обучающегося</i></p>	<p><i>Самостоятельная работа</i> обучающегося является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Может выполняться в библиотеке, учебных кабинетах, компьютерных классах, а также в домашних условиях. Учебный материал учебной</p>

	<p>дисциплины, предусмотренный рабочим учебным планом для усвоения обучающимся в процессе самостоятельной работы, выносятся на промежуточную аттестацию наряду с учебным материалом, который рассматривался при проведении учебных занятий. Самостоятельная работа обучающихся во внеаудиторное время может состоять из: а) повторения лекционного материала; б) подготовки к семинарам (практическим занятиям); в) изучения учебной и научной литературы; г) изучения нормативных правовых актов (в т.ч. в электронных базах данных); д) решения задач, выданных на практических занятиях; ж) подготовки к контрольным работам, тестированию и т.д.; з) подготовки к семинарам устных докладов (сообщений); и) подготовки рефератов, эссе и иных индивидуальных письменных работ по заданию преподавателя; к) выполнения курсовых работ, предусмотренных учебным планом; л) выполнения выпускных квалификационных работ и др.; м) выделение наиболее сложных и проблемных вопросов по изучаемой теме, получение разъяснений и рекомендаций по данным вопросам с преподавателями факультета на их консультациях; н) проведение самоконтроля путем ответов на вопросы текущего контроля знаний, решения представленных в учебно-методических материалах рабочей программы дисциплины задач, тестов, написания рефератов и эссе по отдельным вопросам изучаемой темы</p>
<p><i>Подготовка к промежуточной аттестации: экзамен/зачет/зачет с оценкой</i></p>	<p><i>Промежуточная аттестация</i> направлена на проверку конечных результатов обучения, выявление степени усвоения обучающимися системы знаний, умений и навыков, полученных в результате изучения данной дисциплины.</p> <p>Подготовка к экзамену/зачету/зачету с оценкой включает в себя три этапа: а) самостоятельная работа в течение семестра; б) непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету/зачету с оценкой/экзамену по темам курса; в) подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах. В период подготовки обучающийся вновь обращается к пройденному учебному материалу. Подготовка осуществляется на основании методических рекомендаций по дисциплине и списка вопросов изучаемой дисциплины, конспектов лекций, учебников и учебных пособий, научных статей, информации среды интернет. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух учебников. Обучающийся вправе сам придерживаться любой из представленных в учебниках точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной научной аргументации. Основным источником подготовки к зачету является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники. В ходе подготовки к экзамену обучающимся необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем. Экзамен/зачет/зачет с оценкой проводится по вопросам, охватывающим весь пройденный материал.</p>

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Каган, Е. С. Прикладной статистический анализ данных : учебное пособие : [16+] / Е. С. Каган ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2018. – 235 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=573550">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=573550</a> (дата обращения: 18.08.2021). – Библиогр.: с. 184-186. – ISBN 978-5-8353-2413-2. – Текст : электронный.
2	Горлач Б.А. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2013. — 320 с. — Режим доступа: <a href="http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=4864">http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=4864</a> — Загл. с экрана.

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Каждан А.Б. Математические методы в геологии: учебник для вузов / А.Б. Каждан, О.И.

	Гуськов, А.А. Шиманский.– Москва : Недра, 1990.– 251 с.
4	Геостатистика: теория и практика [Электронный ресурс] / В.В. Демьянов, Е.А. Савельева. – Москва : Наука, 2010. – 327 с. – Режим доступа: <a href="https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geostatistika-teoriya-i-praktika.pdf">https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geostatistika-teoriya-i-praktika.pdf</a>
5	Девис Д.С. Статистический анализ данных в геологии. Кн. 1.– Москва : Недра, 1990.– 319 с.
6	Девис, Д.С. Статистический анализ данных в геологии. Кн. 2.– Москва : Недра, 1990.– 427 с.
7	Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии: учебник [Электронный ресурс] / Г.С. Поротов. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).– Санкт-Петербург, 2006.– 223 с. Режим доступа: <a href="https://www.geokniga.org/books/349">https://www.geokniga.org/books/349</a>
8	Крамбейн У. Статистические модели в геологии / У. Крамбейн, Ф. Грейбилл.– Москва : Мир, 1969.– 398 с.
9	Справочник по математическим методам в геологии / А.А. Родионов, Р.И. Коган, В.А. Голубев [и др.].– Москва : Недра, 1987.– 334 с.
10	Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман .— 12-е изд. — Москва : Юрайт, 2013 .— 478 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
11	Зональная библиотека ВГУ <a href="http://lib.vsu.ru">http://lib.vsu.ru</a>
12	Электронно-библиотечная система «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
13	Электронный учебный курс: «Математические методы в геологии» - <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2571</a>
14	Неофициальный сервер геологического факультета МГУ <a href="http://geo.web.ru">http://geo.web.ru</a>
15	Неофициальный сервер геологического факультета МГУ <a href="http://students.web.ru">http://students.web.ru</a>
16	База картографических и фактографических данных по региональным поисково-съемочным работам. Фонды НИИ геологии ВГУ.
17	Бесплатный некоммерческий справочно-образовательный портал для геологов <a href="https://www.geokniga.org/">https://www.geokniga.org/</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1	Комарова, Е. С. Парный регрессионный анализ : учебное пособие : [16+] / Е. С. Комарова. – 2-е изд., стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. – 60 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575321">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575321</a> (дата обращения: 18.08.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-0165-1. – DOI 10.23681/575321.
2	Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для студ. вузов / В.Е. Гмурман. – 12-е изд., перераб. – М.: Высшее образование, 2008. – 478, [1] с.: ил., табл. – (Основы наук). – Предм. указ.: с. 474-479.
3	Электронный учебник по статистике компании StatSoft Russia [Электронный ресурс] – Режим доступа: <a href="http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm">http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm</a> -

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

При освоении дисциплины используется пакет MS Office Excel с надстройкой Пакет анализа (академическая лицензия ВГУ Microsoft Office), а также специализированное ПО для статистического анализа данных Statistica (учебная версия STATISTICA 13.3 для студентов и аспирантов). Для визуализации результатов пространственно-статистического анализа используется геоинформационная система ArcGIS.

В работе широко используются региональные картографические и фактографические базы данных по месторождениям твердых полезных ископаемых НИИ геологии ВГУ.

Возможна реализация программы курса с применением дистанционных технологий.



№ пп	Программное обеспечение
1	WinPro 7 RUS Upgrd OLP NL Acdmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc
3	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition
4	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах Антиплагиат.ВУЗ
5	Права на программы для ЭВМ Microsoft Imagine Premium Renewed Subscription (3 year)
6	Учебная версия STATISTICA 13.3 3 ( <a href="http://statsoft.ru/products/trial/">http://statsoft.ru/products/trial/</a> )

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для освоения дисциплины используется специализированный учебный компьютерный класс, включенный в сеть ВГУ (15 компьютеров), оснащенный демонстрационным телевизором, с выходом в Internet, индивидуализированным входом студентов и пользовательскими дисками для сохранения данных.

В учебном процессе применяются региональные картографические и аналитические базы данных в цифровом виде.

Практические и лабораторные задания проводятся в аудитории с мультимедийным телевизионным оборудованием и сопровождаются демонстрацией основных технологических приемов работы.

№ аудитории	Адрес	Название аудитории	Тип аудитории	Материально-техническое обеспечение
106п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	лаборатория геоинформационных систем	лаборатория	Персональный компьютер Core i3-4130 3,4 GH 4GB RAM DDR3-1600 500GB HDD2+2 USB 2.0/2USB 3.0 Intel graphics 4400 VGA/HDMI Mouse+Key Board (15 шт), TV LG 42".

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение	ПК-4	ПК-4.3	Лабораторная работа 1
2	Одномерные статистические модели	ПК-4	ПК-4.3	Лабораторные работы 2-5 Тест 1
3	Двумерные статистические модели	ПК-4	ПК-4.3	Лабораторные работы 6-8 Тест 2
4	Многомерные статистические модели	ПК-4	ПК-4.3	Лабораторные работы 9-11 Тест 3
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов Практическое задание

### 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущих и промежуточной аттестаций.

#### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Для дисциплины «Математические методы моделирования в геологии» предусмотрено три текущих аттестации. Во время изучения дисциплины осуществляется непрерывный контроль усвоения пройденного материала. Непосредственный контакт с каждым

обучающимся во время лабораторных занятий по проверке понимания выполняемой работы и обсуждению получаемых результатов, в т.ч. при дистанционном режиме занятий.

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### 1. Лабораторные работы

Лабораторные работы выполняются последовательно, согласно содержанию разделов дисциплины (п. 13.1). По каждой лабораторной работе предполагается первоначальный разбор изучаемых методов и алгоритмов в режиме мастер-класса на основе общих примеров совместно с преподавателем программных средств MS Excel и Statistica с последующим выполнением изученных операций на основе индивидуальных данных по вариантам.

Для оценивания результатов лабораторных работ используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полном объеме выполнил задание: владеет теоретическими основами по теме задания, способен выполнить предложенные методы и алгоритмы работ самостоятельно или на других исходных данных, объяснить суть выполняемых операций.	<i>Отлично</i>
Обучающийся выполнил задание: владеет теоретическими основами по теме задания, дает ответы на дополнительные вопросы, но допускает ошибки при решении практических задач.	<i>Хорошо</i>
Лабораторная работа выполнена с ошибками. Обучающийся владеет частично теоретическими основами по теме задания, фрагментарно способен дать ответ на дополнительные вопросы, не умеет применять теоретические знания при решении практических задач.	<i>Удовлетворительно</i>
Не выполнение лабораторной работы. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки или не способность к решению практических задач по предложенной схеме.	<i>Неудовлетворительно</i>

### 2. Тестовые задания по тематическим разделам лекций

Тестовые задания проводятся в рамках текущих аттестаций с периодичностью один раз в месяц и выставлением бальной оценки.

*Текущая аттестация* проводится в соответствии с основным и временным (в условиях предупреждения распространения коронавирусной инфекции) Положениями о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится, после прохождения материала соответствующего раздела. Форма аттестации – интерактивный тест по курсу на сайте Электронного университета (<https://edu.vsu.ru/>), или в виде письменного ответа ходе занятия на два вопроса по теме раздела, выбранные студентом случайным образом. Вопросы текущей аттестации соответствуют перечню вопросов к зачету П. 20.2, в соответствии с тестируемым разделом. Время аттестации 30 минут.

В случае дистанционного режима аттестации выбор вопросов для ответа студент осуществляет с помощью онлайн программ-генераторов случайных чисел в режиме демонстрации своего экрана компьютера. Данные программы позволяют определить диапазон чисел для выбора и исключить их дубликаты в результатах. Пример программы онлайн-генераторов случайных чисел: <https://ru.piliapp.com/random/number/> Время ответа на вопросы в дистанционном режиме так же составляет 30 минут, после чего студент должен выложить фото своего письменного ответа в на ресурс «Текущая аттестация №...» на странице электронного курса. Оценка ответов производится преподавателем вне занятий.

Тестирование предполагает выбор одного правильного ответа из предлагаемых вариантов. Тесты включают в себя не менее 30-ти вопросов по отдельным разделам дисциплины. Ответы на вопросы ограничены временными рамками.

Полные актуальные тестовые задания размещены в электронном курсе «Инженерно-геологическая графика» <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3937>

Критерии оценок за выполнение теста (% правильных ответов на вопросы от общего количества вопросов):

0-40% - «неудовлетворительно»

41-60% - «удовлетворительно»

61-80% - «хорошо»

81-100% - «отлично»

## 20.2. Промежуточная аттестация

*Промежуточная аттестация* проводится в соответствии с основным и временным (в условиях предупреждения распространения коронавирусной инфекции) Положениями о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Допуск к зачету/экзамену осуществляется при полном выполнении лабораторных работ. Промежуточная аттестация проводится после полного прохождения материала курса. Форма аттестации - устный ответ на два вопроса билета, который выбран студент случайным образом. Время подготовки к аттестации до 30 минут.

В случае дистанционного режима аттестации студент должен иметь на своем компьютере функционирующие видеокамеру и микрофон и предварительно продемонстрировать свою зачетку с фотографией. Выбор вопросов для ответа студент осуществляет с помощью онлайн программ-генераторов случайных чисел в режиме демонстрации экрана своего компьютера. Время подготовки ответа на вопросы в дистанционном режиме так же составляет до 30 минут, после чего студент производит устный ответ при включенной на своем компьютере видеокамере. Оценка ответов производится преподавателем непосредственно после ответа и объявляется студенту.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации (ФОС) включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень формирования умений и навыков.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### *Примеры вопросов к зачету*

#### Раздел 1. Введение

Особенности геологических объектов как природных систем.

Особенности изучения (опробования) геологических объектов (ГО). Основные схемы площадного опробования ГО.

Изменчивость свойств геологических объектов. Понятие «наблюдаемая изменчивость».

Шкалы измерений, используемые в геологии.

Виды моделирования, применяемые в геологии.

Понятие о математическом моделировании геологических объектов.

Виды математических моделей, применяемых в геологии.

Этапы решения геологических задач математическими методами.

Цель применения математических методов в геологии.

#### Раздел 2. Одномерные статистические модели

Требования к выборочной геологической совокупности при статистическом моделировании.

Графические способы представления одномерных статистических моделей. Типы геологических задач, решаемые графическими методами.

Числовые характеристики положения одномерных статистических моделей

Числовые характеристики разброса одномерных статистических моделей

В чем специфика угловых случайных величин. Примеры.

Точечные и интервальные свойства геологических объектов. Понятие доверительного интервала.

Способы анализа однородности выборочных геологических совокупностей.

Параметрические и непараметрические критерии согласия. Примеры.

Типы геологических задач, проверяемые статистическими методами.  
Статистические законы распределения, используемые в геологии.  
Способы проверки статистических законов распределения.  
Цель использования критериев Фишера и Стьюдента.  
Геологические задачи, решаемые при проверке гипотез о равенстве средних, дисперсий.

### Раздел 3. Двумерные статистические модели

Графические способы проверки связи между свойствами объектов.  
Типы связей между свойствами объектов. Аналитические выражения, геологические примеры.  
Типы геологических задач, решаемые при проверке гипотезы о наличии корреляционной связи.  
Способы оценки силы корреляционной связи. Виды корреляционных коэффициентов в зависимости от типов исходных данных.  
Способ проверки гипотезы о линейном характере корреляционной связи.  
Сущность и условия применения. Графическое изображение системы двух случайных величин. Статистические характеристики системы двух случайных величин. Коэффициенты парной корреляции, ранговой корреляции, сопряженности.  
Проверка гипотез о наличии корреляционной связи. Ложная корреляция. Выбор уравнения регрессии. Формирование полей статистических характеристик двух случайных величин ГО.

### Раздел 4. Многомерные статистические модели

Признак, градации признака, признаковое поле. Понятие и оценка информативности признаков и их градаций.  
Условия применения и задачи, решаемые многомерными статистическими моделями.  
Многомерный регрессионный анализ. Условия применения, вид и интерпретация результатов.  
Область применения, вид и ограничения результатов кластер-анализа.  
Цели и задачи метода факторного анализа.  
Геологические задачи, решаемые с применением факторного анализа.  
Графическое представление результатов факторного анализа.  
Методы кластеризации многомерных данных. Геологические примеры.

### *Критерии оценок промежуточной аттестации (зачета)*

**Зачтено:** Самостоятельные и исчерпывающие ответы на вопросы билетов или ответы при уточняющих вопросах. Ответы на дополнительные вопросы. Полное самостоятельное выполнение лабораторных заданий. Знание основных теоретических положений в рамках лекционного материала и практических методов статистического анализа данных в ПО Excel Пакет Анализа и ПО Statistica в рамках объема курса.

**Не зачтено:** Незнание вопросов билета. Не выполнение лабораторных заданий. Не знание лекционного материала. Невозможность ответить на дополнительные вопросы. Отсутствие целостного представления по теме.

### **Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания, средний уровень сложности (в формулировке задания перечислены все варианты ответа (на Образовательном портале «Электронный

университет ВГУ» реализованы с помощью вопросов следующих типов: множественный выбор, на соответствие, все или ничего):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) Короткие задания, повышенный уровень сложности (в формулировке задания отсутствуют варианты ответа (на Образовательном портале «Электронный университет ВГУ» реализованы с помощью вопросов следующих типов: короткий ответ, числовой ответ, верно/неверно):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности) (на Образовательном портале «Электронный университет ВГУ» реализованы с помощью вопросов типа эссе):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

Показатели оценивания:

- полнота раскрытия темы;
- наличие в работе позиции ее автора;
- аргументированность выдвинутого тезиса работы;
- четкость, логичность, смысловое единство изложения;
- обоснованность выводов;
- грамотность изложения.

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

**ЗАДАНИЕ 1. Что характеризует частота?**

- **число появления событий в серии испытаний;**
- количество точек наблюдения;
- сумму всех значений случайной величины;
- максимальное значение случайной величины.

**ЗАДАНИЕ 2. Что характеризует дисперсия?**

- **меру разброса значений случайной величины;**
- среднее значение случайной величины;
- плотность распределения случайной величины;
- число появления событий в серии испытаний.

ЗАДАНИЕ 3. Что характеризует эксцесс?

- **меру остроты графика функции плотности распределения;**
- плотность распределения случайной величины;
- меру разброса значений случайной величины;
- степень симметричности графика распределения значений случайной величины.

ЗАДАНИЕ 4. Какие соотношения между модой ( $M_o$ ), медианой ( $M_e$ ) и средним значением случайной величины ( $M_x$ ) наблюдаются при нормальном распределении?

- **$M_o = M_e = M_x$ ;**
- $M_o > M_e > M_x$ ;
- $M_o < M_e < M_x$ ;
- независимые величины.

ЗАДАНИЕ 5. Какие параметры распределения случайной величины сравниваются с помощью критерия Фишера?

- **Дисперсии;**
- средние значения;
- максимальные и минимальные значения;
- асимметрии.

ЗАДАНИЕ 6. Какие параметры распределения случайной величины сравниваются с помощью критерия Стьюдента?

- **средние значения;**
- дисперсии;
- максимальные и минимальные значения;
- эксцессы.

ЗАДАНИЕ 7. С помощью какого математического анализа можно классифицировать объекты и признаки?

- **кластерного анализа.**
- регрессионного анализа.
- корреляционного анализа.
- тренд-анализа.

ЗАДАНИЕ 8. С помощью какого математического анализа можно относить неизвестные объекты к одной из эталонных групп?

- **дискриминантного анализа.**
- регрессионного анализа.
- корреляционного анализа.
- кластерного анализа.
- тренд-анализа.

ЗАДАНИЕ 9. С помощью какого математического анализа можно устанавливать парные связи между признаками?

- **корреляционного анализа;**
- регрессионного анализа;
- кластерного анализа;
- тренд-анализа.

ЗАДАНИЕ 10. С помощью какого математического анализа можно строить пространственные модели

- **тренд-анализа;**
- регрессионного анализа;
- корреляционного анализа;
- кластерного анализа.

ЗАДАНИЕ 11. С помощью какого математического анализа можно прогнозировать свойства геологического объекта

- **регрессионного анализа;**
- корреляционного анализа;
- кластерного анализа;
- тренд-анализа.

ЗАДАНИЕ 12. Когда можно принять гипотезу о равенстве дисперсий?

- **если критерий Фишера меньше табличного значения ( $f < f_{\text{табл}}$ );**
- если критерий Фишера равен табличному значению ( $f = f_{\text{табл}}$ );
- если критерий Фишера больше табличного значению ( $f > f_{\text{табл}}$ );
- если критерий Фишера не равен табличному значению ( $f > < f_{\text{табл}}$ ).

ЗАДАНИЕ 13. Когда можно принять гипотезу о равенстве средних?

- **если критерий Стьюдента меньше табличного значения ( $t < t_{\text{табл}}$ );**
- если критерий Стьюдента равен табличному значению ( $t = t_{\text{табл}}$ );
- если критерий Стьюдента больше табличного значению ( $t > t_{\text{табл}}$ );
- если критерий Стьюдента не равен табличному значению ( $t > < t_{\text{табл}}$ ).

ЗАДАНИЕ 14. По какой формуле можно рассчитать уравнение линейной регрессии

- **$y = a + bx$ ;**
- $y = ax^2 + bx + c$ ;
- $y = x^n$ ;
- $y^2 = 2px$ .

ЗАДАНИЕ 15. Числовой диапазон изменения коэффициента корреляции

- **$\pm 1$ ;**
- $\pm 10$ ;
- $\pm \infty$ ;
- значение прямо пропорционально зависит от объема выборки.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Типы шкал измерений в статистике?

**Ответ:** номинальная, порядковая/ранговая (ординальная), интервальная (шкала равных интервалов), относительная (шкала отношений).

ЗАДАНИЕ 2. Типы случайных величин?

**Ответ:** непрерывные и дискретные.

ЗАДАНИЕ 3. Графические способы отображения одномерных статистических моделей?

**Ответ:** гистограмма, функция плотности распределения, кумулятивная кривая, диаграмма размаха, вероятностный график.

**ЗАДАНИЕ 4.** Графическое представление связи между двумя признаками при положительной и отрицательной корреляционной связи.

**Ответ:** линейный график имеет тенденцию к возрастанию/убыванию.

**ЗАДАНИЕ 5.** Назначение статистического многомерного метода – факторный анализ?

**Ответ:** уменьшение для исходных данных числа переменных за счет их группировки (снижение признакового пространства)/выделение групповых переменных, т.н. факторов.

### 3) темы эссе

**ЗАДАНИЕ 1.** Специфика геологических образований (ГО) и процессов (ГП) как объектов изучения математическими методами

**Ответ:** ГО - результатом воздействия множества факторов и ГП, большие размеры ГО, невозможность непосредственного изучения, выборочный характер изучения/опробования, вероятностный характер результатов изучения, временная длительность и невозможность прямой фиксации параметров ГП, системно-иерархическая организация ГО, часто отсутствие видимых физических границ ГО (бортовые содержания, фациальные границы, степень метаморфического изменения, ...).

**ЗАДАНИЕ 2.** Сущность и условия применения одномерных статистических моделей в геологии

**Ответ:** оценка распределения отдельных показателей средствами описательной статистики расчетно-аналитическими и графическими методами.

**ЗАДАНИЕ 3.** Основные характеристики положения и размаха случайной величины?

**Ответ:** характеристики положения: математическое ожидание, мода, медиана. Характеристики размаха: стандартное отклонение, дисперсия, коэффициент вариации, асимметрия, эксцесс.

**ЗАДАНИЕ 4.** Сущность и условия применения двумерных статистических моделей в геологии

**Ответ:** оценка взаимосвязи двух показателей средствами методами корреляционного и регрессионного анализов. Коэффициент парной корреляции. Линейные и нелинейные регрессионные связи, графическое представление.

**ЗАДАНИЕ 5.** Статистические методы классификации многомерных данных

**Ответ:** кластерный анализ, метод К-средних, метод главных компонент/факторный анализ).