Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ М.В. Темлянцев
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математические методы моделирования в геологии

21.05.02 «Прикладная геология»
(направленность (профиль): «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых»)

Квалификация выпускника
Горный инженер-геолог

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 5 лет

Год начала подготовки 2022

Новокузнецк
2022

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: 861a8d56fc2cfb6de53bd665403c592fd02b1419
Владелец: Ректор Юрьев Алексей Борисович
Действителен: с 12 февраля 2024 г. по 7 мая 2025 г.
Дата и время: 01-03-2024 01:47:12 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– формирование личности обучающегося, развитие его интеллекта и способностей к логическому мышлению;
– приобретение обучающимися теоретических знаний по основным математическим методам, применяемым при обработке геолого-геохимических и других данных, получаемых на разных стадиях геологических исследований;
– ? формирование способности у обучающихся применять методы математического моделирования в исследовании геологических объектов и геолого-ге-нетических процессов, при прогнозировании месторождений полезных ископаемых и при решении прикладных и научных задач в разных областях геологии.

Задачами учебной дисциплины являются:

– дать необходимое представление об основных математических методах обработки геолого-геохимической информации и научиться их применять на практике;
– научить обучающихся способам представления и формализации геологических данных для их машинного представления;
– научить обучающихся приемам геолого-генетической интерпретации результатов обработки геологической информации;
– выработать умение анализировать полученные результаты;
– привить навыки самостоятельного изучения литературы по прикладной математике;
– научить приёмам работы с программными средствами, ориентированными на подготовку, ввод и обработку массовых геологических данных.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 21.05.02 «Прикладная геология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Информационные технологии;
– Математика;
– Общая геология;
– Кристаллография и минералогия.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

– Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Техническое проектирование	ОПК-6: Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты	ОПК-6.1 Выбирает прикладные программы, обеспечивающие решение горно-геологических задач, включая моделирование объектов	– знать: типичные проблемы в геологии, методы и способы их решения.. – уметь: собирать, эффективно обрабатывать и анализировать геологическую информацию с применением современных машинных технологий с целью решения геологических проблем . – владеть: современными методами и технологиями сбора, обработки и анализа геологической информации .
		ОПК-6.4 Обрабатывает геологическую информацию и делает	– знать: типичные проблемы в

		геолого-генетические выводы	геологии, методы и способы их решения.. – уметь: собирать, эффективно обрабатывать и анализировать геологическую информацию с применением современных машинных технологий с целью решения геологических проблем. – владеть: современными методами и технологиями сбора, обработки и анализа геологической информации .

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа обучающихся с педагогическим работником включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иную контактную работу, предусматривающую групповую или индивидуальную работу обучающихся с педагогическим работником. Контактная работа обучающихся с педагогическим работником может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***144***	*144*
	зачетных единиц	***4***	*4*

Лекции, *академ. час.*	***16***	*16*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*	***16***	*16*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*	***16***	*16*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*	***60***	*60*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*	***36***	*36*
в форме практической подготовки	***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Введение в математические методы моделирования в геологии (Место и роль математических методов моделирования в процессе изучения геологических объектов и процессов, в повышении эффективности геологораз-ведочных работ. Использование математических методов для обработки геоло-гических данных в 19 - 20 в.в. Современное состояние и проблемы математиче-ской геологии. Использование в моделировании теории систем, теории мно-жеств, теории (логики) предикатов, системантики, теории автоматов. Системный подход – выделение подсистем, элементов, связи между элементами системы, границы системы. Множественный подход, операции над множествами, свой-ства операций, отображения, отношения на множестве, бинарные операции. Элементы математической логики: высказывания, логические операции, фор-мулы логики высказываний, основные законы логики: коммутативность дизъ-юнкции и конъюнкции, ассоциативность дизъюнкции и конъюнкции, дистрибу-тивности, идемпотентности, свойства «логических постоянных» 0 и 1, закон двойного отрицания, законы противоречия и исключённого третьего, законы де Моргана, законы поглощения, закон склеивания. Схемы логически правильных рассуждений. Формы записи логических функций. Логика предикатов: алфавит логики предикатов, формула. Теория графов: носитель графа, сигнатура графа, вершина, вес ребра, матричное представление. Связность.);

Раздел 2 Геологические объекты и их свойства, понятие о математическом моделировании геологических объектов (Моделирование как средство по-знания в геологии. Принципы и методы математического моделирования в гео-логии. Виды математических моделей. Частота, частость, вероятность появления события. Закон распределения случайной величины и способы его задания. Па-раметры распределения случайной величины: математическое ожидание, мода,

медиана, дисперсия, стандарт, коэффициент вариации, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Законы распределения: нормальный, логнормальный,

биномиальный, Пуассона; области их использования в геологической практике. Использование таблиц нормального распределения и вероятностного калькуля-тора для прогнозирования значений параметров в геологических объектах. Спе-цифика геологических образований и процессов, как объектов изучения. Эле-менты неоднородности геологических объектов и изменчивость их свойств. Выборочный метод изучения недр. Схемы опробования и шкалы измерений в гео-логии. Погрешности измерения и погрешности аналогии. Точность оценок пара-метров. Построение доверительных интервалов оценок математического ожи-дания для различных доверительных вероятностей.);

Раздел 3 Одномерные статистические модели. (Условия применения одномерных статистических моделей в геологии. Статистические законы рас-пределения, используемые в геологии. Точечные и интервальные оценки свойств геологических объектов. Статистическая проверка геологических гипо-тез. Область применения параметрических и непараметрических критериев со-гласия. Анализ однородности выборочных геологических совокупностей. Дву-мерные модели. Виды связей между двумя случайными величинами: функциональная, стохастическая, корреляционная. Способы выявления и исследования корреляционных связей. Облако точек, эмпирические линии регрессии. Линей-ные и нелинейные уравнения регрессии. Условия применения двумерных стати-стических моделей в геологии. Графические способы изучения зависимостей в геологии: точечные диаграммы, параллельные схематические диаграммы, эм-пирические линии регрессии. Статистические характеристики системы двух случайных величин: коэффициенты линейной и ранговой корреляции, корреляци-онные отношения, уравнения регрессии. Применение корреляционного анализа для проверки геологических гипотез. Показатели тесноты корреляционной связи: ковариация, коэффициент корреляции, корреляционное отношение, пре-делы их изменения. Необходимость использования рангового коэффициента корреляции. Определение тесноты связи между качественными показателями. Коэффициент сопряженности. Использование уравнений регрессии. Моделиро-вание пространственных переменных. Горно-геометрические модели регрессии для предсказания свойств геологических объектов.);

Раздел 4 Многомерные статистические модели. (Необходимость ис-пользования многомерных моделей при изучении геологических объектов и яв-лений. Условия применения многомерных статистических моделей: матрицы ко-эффициентов парной корреляции, коэффициенты

частной и множественной кор-реляции. Множественная регрессия. Уравнения множественной регрессии. Ис-пользование многомерного корреляционного анализа в геологии. Применение многомерного корреляционного анализа и уравнений множественной регрес-сии для проверки геологических гипотез и предсказания свойств геологических объектов. Виды и типы моделей. Принципы и методы геолого-математического моделирования. Ковариационные и корреляционные матрицы, исследование

структуры корреляционных матриц в целях классифицирования геологических объектов и решения задач распознавания образов. Построение графов корреля-ционных связей, корреляционных профилей, дендрограмм. Группирование гео-логических объектов на основе оценки компактности образованных групп. За-дачи классификации и распознавания образов в геологии. Каноническая корре-ляция. Кластерный и факторный анализы. Линейные дискриминантные функ-ции. Оценка информативности геологических признаков. Анализ образов. Рас-познавание образов, линейные дискриминантные функции.);

Раздел 5 Моделирование пространственных переменных. (Горно-гео-метрическое моделирование. Геологические объекты как поля пространствен-ных переменных. Моделирование пространственной изменчивости с помощью топоповерхностей. Геологические, геохимические и геофизические поля про-странственных переменных. Закономерная и случайная составляющие изменчи-вости. Способы сглаживания случайных полей. Сплайн-функции. Элементы не-однородности и анизотропия геологических полей. Сглаживание наблюдений методом П.Л.Каллистова. Применение тренд-анализа в геологии: фон, аномалия и поверхность тренда. Методы, статистические способы проверки гипотез о наличии тренда. Аппроксимация поверхностей тренда полиномами различных порядков. Анализ остатков тренда. Построение поверхностей тренда с использованием компьютерных программ. Трансформация геологических полей. Моде-лирование дискретных полей. Проверка гипотез о случайном расположении то-чек на плоскости. Выделение областей относительного сгущения или разряжения точек. Использование моделей дискретных полей для выявления закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых. Градиенты и энтропия. Моделирование дискретных случайных полей.);

Раздел 6 Моделирование свойств геологических объектов с помощью случайных функций (Случайные процессы и случайные последовательности в геологии. Проверка гипотезы о случайном расположении точечных геологиче-ских объектов. Характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия,

автокорреляционная функция. Стационарные и эргодические слу-чайные функции. Коэффициент автокорреляции и области его использования в геологии. Двумерная автокорреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Полигармонические случайные функции. Спектральная плотность дис-персии и спектр амплитуд. Выявление периодической составляющей изменчи-вости геологических объектов. Использование характеристик случайных функ-ций для проверки гипотез о наличии тренда, оценки коэффициентов анизотро-пии и разделения изменчивости на закономерную и случайную составляющие. Полигармонические случайные функции. Гармонический анализ. Выявление и описание скрытых периодичностей в изменчивости свойств геологических объ-ектов. Области применения случайных функций и гармонического анализа в гео-логии. Полувариограммы и крайгинг.);

Раздел 7 Горно-геометрические модели и тренд-анализ. (Линейная фильтрация; факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических методов в геологии. Основные понятия и термины геостати-стики. Дисперсия распространения. Формула Криге. Линейные эквивалентности проб, линейная фильтрация. Эффект самородков. Вариограммы и модели их ап-проксимации. Крайгинг. Основные задачи геостатистического оценивания объ-ектов. Факторы, определяющие выбор и эффективность использования матема-тических моделей в геологии. Влияние типа геологической задачи на выбор ма-тематической модели. Свойства геологических объектов, определяющие эффек-тивность применения методов математического моделирования. Способы сни-жения размерности геологических переменных. Влияние методики изучения геологических объектов на характер наблюдаемой изменчивости их свойств. Роль геологического анализа при геолого-математическом моделировании. Оценка соответствия геологической, выборочной и опробуемой совокупности. Оценка однородности изучаемых геологических объектов.);

Раздел 8 Компьютерный анализ геологической информации. (Формали-зация текстовых качественных данных. Знакомство с методами анализа в excel, со статистической программой (“STATISTICA”). Создание и редактирование фай-лов данных. Создание таблиц, преобразование файлов. Доверительная вероят-ность, достоверность аппроксимации, индекс корреляции, шкала Чеддока, тес-нота связи. Задачи с преобразованием числовой геологической информации в графическую. Геологические задачи с использованием процедуры парного кор-реляционного анализа для изучения связей между двумя случайными величи-нами. Составление многомерных выборочных совокупностей для решения гео-логических задач с использованием многомерных статистических моделей. Адаптивный анализ в геологии и в геохимии: методология адаптивного анализа.

Граничные условия. Объект, элементы, границы объекта. Вещественно-энерге-тические потоки, стационарные потоки, нестационарные потоки. Энтропия, ста-ционарная энтропия, неравновесная энтропия. Адаптивные параметры элемен-тов. Адаптация химических элементов, минералов, рудных тел, слоев мантии и литосферы. Формирование состава геосфер в результате адаптации. Матричные элементы и их математический анализ. Математическое моделирование про-цессов минерагенеза, рудогенеза, накопления примесных элементов в минера-лах. Условия накопления редкоземельных элементов в широко распространен-ных минералах, математическое моделирование данного процесса.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Введение в математические методы моделирования в геологии	2	
Раздел 2.	Геологические объекты и их свойства, понятие о математическом моделировании геологических объектов	2	
Раздел 3.	Одномерные статистические модели.	1	
Раздел 4.	Многомерные статистические модели.	2	
Раздел 5.	Моделирование пространственных переменных.	1	
Раздел 6.	Моделирование свойств геологических объектов с помощью случайных функций	2	
Раздел 7.	Горно-геометрические модели и тренд-анализ.	2	
Раздел 8.	Компьютерный анализ геологической информации.	4	
Итого:		**16**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической**

			подготовки
Раздел 1.	Системный анализ геологических объектов, описание	2	
Раздел 2.	Построение гистограмм геологических данных	1	
Раздел 3.	Формализация качественной геологической информации и корреляционный анализ геологических данных	1	
Раздел 4.	Кластерный анализ геологических данных	6	
Раздел 5; Раздел 6; Раздел 7; Раздел 8.	Выявление матричных элементов в минералах. Изучение связи между содержанием примесных элементов в минералах и их кларком	6	
Итого:		**16**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 3.	Корреляционный анализ	4	
Раздел 4.	Многомерный корреляционный и регрессионный анализ	3	
Раздел 5.	Построение топоповерхностей геологического объекта	4	
Раздел 6.	Анализ с использованием Excel и др. программ	5	
Итого:		**16**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме

			практической подготовки
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	8	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	9	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	8	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	9	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	8	
Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию.	6	
Раздел 7.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	6	
Раздел 8.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	6	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	36	
Итого:		**96**	**0**

10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Коробова, Л. А. Математическое моделирование. Практикум : учебное пособие / Л.А. Коробова, Ю.В. Бугаев, С.Н. Черняева, Ю.А.

Сафонова. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – 113 с. – ISBN 978-5-00032-247-5. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482006 (дата обращения: 28.04.2022);

2 Балдин, К.В. Общая теория статистики : учебное пособие. / К. В. Балдин. – Москва : Дашков и К, 2010. – 312 с. – ISBN 978-5-394-00926-6. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394009266.html (дата обращения: 28.04.2022);

3 Калинин, Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование : учебник / Э. В. Калинин. – Москва : МГУ, 2006. – 256 с. – ISBN 5-211-04961-6. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211049616.html (дата обращения: 28.04.2022).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Консультант студента. Электронная библиотека технического ВУЗа : электронно-библиотечная система / ООО «Политехресурс». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

2 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Инженерно-технические науки»] / ООО «Издательство Лань». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

3 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

4 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство Юрайт». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

7 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– ABBYY FineReader 11;
– Kaspersky Endpoint Security;

– Microsoft Office 2007;
– Microsoft Office 2010;
– Microsoft Windows 7.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

4 Электронный реферативный журнал (ЭлРЖ) : база данных / ВИНИТИ РАН. – Москва, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

11 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, в том числе: учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа (лекций), оборудованную учебной доской, компьютерной техникой, экраном и мульти-медийным проектором; учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий, лабораторных работ), оснащенную компьютерной техникой экраном и мультимедийным проектором, теодолиты 2Т30М; нивелиры Н3, Н3К; нивелирные рейки РН3, РН5; рулетки, мерные ленты Л324, Л350, планиметры (механические и электронные), геодезические транспортиры, буссоли и компасы; учебную аудиторию для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 21.05.02 «Прикладная геология».

Составитель(и):

доцент Гумиров Шамил Валетдинович (кафедра геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Приложение А

Аннотация
рабочей программы дисциплины «Математические методы моделирования в геологии»

по направлению подготовки (специальности)
21.05.02 «Прикладная геология»
(направленность (профиль): «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых»)
форма обучения – Очная форма

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– формирование личности обучающегося, развитие его интеллекта и способностей к логическому мышлению;
– приобретение обучающимися теоретических знаний по основным математическим методам, применяемым при обработке геолого-геохимических и других данных, получаемых на разных стадиях геологических исследований;
– ? формирование способности у обучающихся применять методы математического моделирования в исследовании геологических объектов и геолого-ге-нетических процессов, при прогнозировании месторождений полезных ископаемых и при решении прикладных и научных задач в разных областях геологии.

Задачами учебной дисциплины являются:

– дать необходимое представление об основных математических методах обработки геолого-геохимической информации и научиться их применять на практике;
– научить обучающихся способам представления и формализации геологических данных для их машинного представления;
– научить обучающихся приемам геолого-генетической интерпретации результатов обработки геологической информации;
– выработать умение анализировать полученные результаты;
– привить навыки самостоятельного изучения литературы по прикладной математике;
– научить приёмам работы с программными средствами, ориентированными на подготовку, ввод и обработку массовых геологических данных.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 21.05.02 «Прикладная геология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Информационные технологии;
– Математика;
– Общая геология;
– Кристаллография и минералогия.

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

– Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Техническое проектирование	ОПК-6: Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты	ОПК-6.1 Выбирает прикладные программы, обеспечивающие решение горно-геологических задач, включая моделирование объектов	– знать: типичные проблемы в геологии, методы и способы их решения.. – уметь: собирать, эффективно обрабатывать и анализировать геологическую информацию с применением современных машинных технологий с целью решения геологических проблем . – владеть: современными

			методами и технологиями сбора, обработки и анализа геологической информации .
		ОПК-6.4 Обрабатывает геологическую информацию и делает геолого-генетические выводы	– знать: типичные проблемы в геологии, методы и способы их решения.. – уметь: собирать, эффективно обрабатывать и анализировать геологическую информацию с применением современных машинных технологий с целью решения геологических проблем. – владеть: современными методами и технологиями сбора, обработки и анализа геологической информации .

4 Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***144***	*144*
	зачетных единиц	***4***	*4*
Лекции, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***16***	*16*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Практические занятия, *академ. час.*	***16***	*16*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*	***0***	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*	***60***	*60*
в форме практической подготовки	***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*	***36***	*36*
в форме практической подготовки	***0***	*0*

5 Краткое содержание учебной дисциплины

В структуре учебной дисциплины выделяются следующие основные разделы (темы):

Раздел 1 Введение в математические методы моделирования в геологии (Место и роль математических методов моделирования в процессе изучения геологических объектов и процессов, в повышении эффективности геологораз-ведочных работ. Использование математических методов для обработки геоло-гических данных в 19 - 20 в.в. Современное состояние и проблемы математиче-ской геологии. Использование в моделировании теории систем, теории мно-жеств, теории (логики) предикатов, системантики, теории автоматов. Системный подход – выделение подсистем, элементов, связи между элементами системы, границы системы. Множественный подход, операции над множествами, свой-ства операций, отображения, отношения на множестве, бинарные операции. Элементы математической логики: высказывания, логические операции, фор-мулы логики высказываний, основные законы логики: коммутативность дизъ-юнкции и конъюнкции, ассоциативность дизъюнкции и конъюнкции, дистрибу-тивности, идемпотентности, свойства «логических постоянных» 0 и 1, закон двойного отрицания, законы противоречия и исключённого третьего, законы де Моргана, законы поглощения, закон склеивания. Схемы логически правильных рассуждений. Формы записи логических функций. Логика предикатов: алфавит логики предикатов, формула. Теория графов: носитель графа, сигнатура графа, вершина, вес ребра, матричное представление. Связность.);

Раздел 2 Геологические объекты и их свойства, понятие о математическом моделировании геологических объектов (Моделирование как средство по-знания в геологии. Принципы и методы математического моделирования в гео-логии. Виды математических моделей. Частота, частость, вероятность появления события. Закон распределения случайной величины и способы его задания. Па-раметры распределения случайной величины: математическое ожидание, мода, медиана, дисперсия, стандарт, коэффициент вариации, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Законы распределения: нормальный, логнормальный,

биномиальный, Пуассона; области их использования в геологической практике. Использование таблиц нормального распределения и вероятностного калькуля-тора для прогнозирования значений параметров в геологических объектах. Спе-цифика геологических образований и процессов, как объектов изучения. Эле-менты неоднородности геологических объектов и изменчивость их свойств. Вы-борочный метод изучения недр. Схемы опробования и шкалы измерений в гео-логии. Погрешности измерения и погрешности аналогии. Точность оценок пара-метров. Построение доверительных интервалов оценок математического ожи-дания для различных доверительных вероятностей.);

Раздел 3 Одномерные статистические модели. (Условия применения одномерных статистических моделей в геологии. Статистические законы рас-пределения, используемые в геологии. Точечные и интервальные оценки свойств геологических объектов. Статистическая проверка геологических гипо-тез. Область применения параметрических и непараметрических критериев со-гласия. Анализ однородности выборочных геологических совокупностей. Дву-мерные модели. Виды связей между двумя случайными величинами: функцио-нальная, стохастическая, корреляционная. Способы выявления и исследования корреляционных связей. Облако точек, эмпирические линии регрессии. Линей-ные и нелинейные уравнения регрессии. Условия применения двумерных стати-стических моделей в геологии. Графические способы изучения зависимостей в геологии: точечные диаграммы, параллельные схематические диаграммы, эм-пирические линии регрессии. Статистические характеристики системы двух слу-чайных величин: коэффициенты линейной и ранговой корреляции, корреляци-онные отношения, уравнения регрессии. Применение корреляционного анализа для проверки геологических гипотез. Показатели тесноты корреляционной связи: ковариация, коэффициент корреляции, корреляционное отношение, пре-делы их изменения. Необходимость использования рангового коэффициента корреляции. Определение тесноты связи между качественными показателями. Коэффициент сопряженности. Использование уравнений регрессии. Моделиро-вание пространственных переменных. Горно-геометрические модели регрессии для предсказания свойств геологических объектов.);

Раздел 4 Многомерные статистические модели. (Необходимость ис-пользования многомерных моделей при изучении геологических объектов и яв-лений. Условия применения многомерных статистических моделей: матрицы ко-эффициентов парной корреляции, коэффициенты частной и множественной кор-реляции. Множественная регрессия. Уравнения множественной регрессии. Ис-пользование многомерного корреляционного анализа в геологии. Применение многомерного

корреляционного анализа и уравнений множественной регрес-сии для проверки геологических гипотез и предсказания свойств геологических объектов. Виды и типы моделей. Принципы и методы геолого-математического моделирования. Ковариационные и корреляционные матрицы, исследование

структуры корреляционных матриц в целях классифицирования геологических объектов и решения задач распознавания образов. Построение графов корреля-ционных связей, корреляционных профилей, дендрограмм. Группирование гео-логических объектов на основе оценки компактности образованных групп. За-дачи классификации и распознавания образов в геологии. Каноническая корре-ляция. Кластерный и факторный анализы. Линейные дискриминантные функ-ции. Оценка информативности геологических признаков. Анализ образов. Рас-познавание образов, линейные дискриминантные функции.);

Раздел 5 Моделирование пространственных переменных. (Горно-гео-метрическое моделирование. Геологические объекты как поля пространствен-ных переменных. Моделирование пространственной изменчивости с помощью топоповерхностей. Геологические, геохимические и геофизические поля про-странственных переменных. Закономерная и случайная составляющие изменчи-вости. Способы сглаживания случайных полей. Сплайн-функции. Элементы не-однородности и анизотропия геологических полей. Сглаживание наблюдений методом П.Л.Каллистова. Применение тренд-анализа в геологии: фон, аномалия и поверхность тренда. Методы, статистические способы проверки гипотез о наличии тренда. Аппроксимация поверхностей тренда полиномами различных порядков. Анализ остатков тренда. Построение поверхностей тренда с использованием компьютерных программ. Трансформация геологических полей. Моде-лирование дискретных полей. Проверка гипотез о случайном расположении то-чек на плоскости. Выделение областей относительного сгущения или разряжения точек. Использование моделей дискретных полей для выявления закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых. Градиенты и энтропия. Моделирование дискретных случайных полей.);

Раздел 6 Моделирование свойств геологических объектов с помощью случайных функций (Случайные процессы и случайные последовательности в геологии. Проверка гипотезы о случайном расположении точечных геологиче-ских объектов. Характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия, автокорреляционная функция. Стационарные и эргодические слу-чайные функции. Коэффициент автокорреляции и области его использования в геологии. Двумерная автокорреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Полигармонические случайные

функции. Спектральная плотность дис-персии и спектр амплитуд. Выявление периодической составляющей изменчи-вости геологических объектов. Использование характеристик случайных функ-ций для проверки гипотез о наличии тренда, оценки коэффициентов анизотро-пии и разделения изменчивости на закономерную и случайную составляющие. Полигармонические случайные функции. Гармонический анализ. Выявление и описание скрытых периодичностей в изменчивости свойств геологических объ-ектов. Области применения случайных функций и гармонического анализа в гео-логии. Полувариограммы и крайгинг.);

Раздел 7 Горно-геометрические модели и тренд-анализ. (Линейная фильтрация; факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических методов в геологии. Основные понятия и термины геостати-стики. Дисперсия распространения. Формула Криге. Линейные эквивалентности проб, линейная фильтрация. Эффект самородков. Вариограммы и модели их ап-проксимации. Крайгинг. Основные задачи геостатистического оценивания объ-ектов. Факторы, определяющие выбор и эффективность использования матема-тических моделей в геологии. Влияние типа геологической задачи на выбор ма-тематической модели. Свойства геологических объектов, определяющие эффек-тивность применения методов математического моделирования. Способы сни-жения размерности геологических переменных. Влияние методики изучения геологических объектов на характер наблюдаемой изменчивости их свойств. Роль геологического анализа при геолого-математическом моделировании. Оценка соответствия геологической, выборочной и опробуемой совокупности. Оценка однородности изучаемых геологических объектов.);

Раздел 8 Компьютерный анализ геологической информации. (Формали-зация текстовых качественных данных. Знакомство с методами анализа в excel, со статистической программой (“STATISTICA”). Создание и редактирование фай-лов данных. Создание таблиц, преобразование файлов. Доверительная вероят-ность, достоверность аппроксимации, индекс корреляции, шкала Чеддока, тес-нота связи. Задачи с преобразованием числовой геологической информации в графическую. Геологические задачи с использованием процедуры парного кор-реляционного анализа для изучения связей между двумя случайными величи-нами. Составление многомерных выборочных совокупностей для решения гео-логических задач с использованием многомерных статистических моделей. Адаптивный анализ в геологии и в геохимии: методология адаптивного анализа. Граничные условия. Объект, элементы, границы объекта. Вещественно-энерге-тические потоки, стационарные потоки, нестационарные потоки. Энтропия, ста-ционарная энтропия, неравновесная энтропия.

Адаптивные параметры элемен-тов. Адаптация химических элементов, минералов, рудных тел, слоев мантии и литосферы. Формирование состава геосфер в результате адаптации. Матричные элементы и их математический анализ. Математическое моделирование про-цессов минерагенеза, рудогенеза, накопления примесных элементов в минера-лах. Условия накопления редкоземельных элементов в широко распространен-ных минералах, математическое моделирование данного процесса.).

6 Составитель(и):

доцент Гумиров Шамил Валетдинович (кафедра геологии, геодезии и безопасности жизнедеятельности).