

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  
\_\_\_\_\_ И.В. Зоря  
                  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 2020

Новокузнецк  
2020

## 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-генетических 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 приемам 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 базовой части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 21.05.02 «Прикладная геология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

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

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

- Петрография;
- Лабораторные методы изучения минерального сырья;

– Имитационное моделирование.

### 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### – Общепрофессиональные компетенции

Код и наименование ОПК	Планируемые результаты обучения
ОПК-1: способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	– 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 .

#### – Профессионально-специализированные компетенции

Код и наименование ПСК	Планируемые результаты обучения
ПСК-1.2: способностью составлять самостоятельно и в составе коллектива проекты на геологоразведочные работы на разных стадиях изучения и на различных объектах	– знать: способы и методы составления проектов на поисково-разведочные работы, документацию, условные знаки геологической и горно-графической документации, безопасность ведения геологических и горных работ . – уметь: Уметь: анализировать и перерабатывать нормативно-техническую документацию при составлении проектов, проведении горно-разведочных выработок, строительстве скважин . – владеть: Владеть: навыками самостоятельного изучения законодательных, нормативно-правовых и локальных актов, инструкций, правил промышленной и пожарной безопасности и охране труда. .

### 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		<b>ИТОГО</b>	<b>6 семестр</b>
Форма промежуточной аттестации			<i>экзамен</i>
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	<b>180</b>	<b>180</b>
	<i>зачетных единиц</i>	<b>5</b>	<b>5</b>
Лекции, <i>академ. час.</i>		<b>16</b>	<b>16</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		<b>16</b>	<b>16</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Практические занятия, <i>академ. час.</i>		<b>32</b>	<b>32</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	<b>0</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Консультации, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	<b>0</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		<b>80</b>	<b>80</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Контроль, <i>академ. час.</i>		<b>36</b>	<b>36</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>

### 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 геологоразведочных работ. Использование математических методов для обработки геологических данных в 19 - 20 в.в. Современное состояние и проблемы математической геологии. Использование в моделировании теории систем, теории множеств, теории (логики) предикатов, системантики, теории автоматов. Системный подход – выделение подсистем, элементов, связи между элементами системы, границы системы. Множественный подход, операции над множествами, свойства операций, отображения, отношения на множестве, бинарные операции. Элементы математической логики: высказывания, логические операции, формулы логики высказываний, основные законы логики: коммутативность дизъюнкции и конъюнкции, ассоциативность дизъюнкции и конъюнкции, дистрибутивности, идемпотентности, свойства «ло-

гических 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 познания в геологии. Принципы и методы математического моделирования в геологии. Виды математических моделей. Частота, частость, вероятность появления события. Закон распределения случайной величины и способы его задания. Параметры 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 калькулятора для прогнозирования значений параметров в геологических объектах. Специфика геологических образований и процессов, как объектов изучения. Элементы неоднородности геологических объектов и изменчивость их свойств. Выборочный метод изучения недр. Схемы опробования и шкалы измерений в геологии. Погрешности измерения и погрешности аналогии. Точность оценок параметров. Построение доверительных интервалов оценок математического ожидания для различных доверительных вероятностей.);

Раздел 3 Одномерные статистические модели. (Условия применения одномерных статистических моделей в геологии. Статистические законы распределения, используемые в геологии. Точечные и интервальные оценки свойств геологических объектов. Статистическая проверка геологических гипотез. Область применения параметрических и непараметрических критериев согласия. Анализ однородности выборочных геологических совокупностей. Двумерные модели. Виды связей между двумя случайными величинами: функциональная, стохастическая, корреляционная. Способы выявления и исследования корреляционных связей. Облако точек, эмпирические линии регрессии. Линейные и нелинейные уравнения регрессии. Условия применения двумерных статистических моделей в геологии. Графические способы изучения зависимостей в геологии: точечные диаграммы, параллельные схематические диаграммы, эмпирические линии регрессии. Статистические характеристики системы двух случайных величин: коэффициенты линейной и ранговой корреляции, корреляционные отношения, уравнения регрессии. Применение корреляционного анализа для проверки геологических

гипотез. Показатели тесноты корреляционной связи: ковариация, коэффициент корреляции, корреляционное отношение, пределы их изменения. Необходимость использования рангового коэффициента корреляции. Определение тесноты связи между качественными показателями. Коэффициент сопряженности. Использование уравнений регрессии. Моделирование пространственных переменных. Горно-геометрические модели регрессии для предсказания свойств геологических объектов.);

Раздел 4 Многомерные статистические модели. (Необходимость использования многомерных моделей при изучении геологических объектов и явлений. Условия применения многомерных статистических моделей: матрицы коэффициентов парной корреляции, коэффициенты частной и множественной корреляции. Множественная регрессия. Уравнения множественной регрессии. Использование многомерного корреляционного анализа в геологии. Применение многомерного корреляционного анализа и уравнений множественной регрессии 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 корреляционных связей, корреляционных профилей, дендрограмм. Группирование геологических объектов на основе оценки компактности образованных групп. Задачи классификации и распознавания образов в геологии. Каноническая корреляция. Кластерный и факторный анализы. Линейные дискриминантные функции. Оценка информативности геологических признаков. Анализ образов. Распознавание образов, линейные дискриминантные функции.);

Раздел 5 Моделирование пространственных переменных. (Горно-геометрическое моделирование. Геологические объекты как поля пространственных переменных. Моделирование пространственной изменчивости с помощью топоповерхностей. Геологические, геохимические и геофизические поля пространственных переменных. Закономерная и случайная составляющие изменчивости. Способы сглаживания случайных полей. Сплайн-функции. Элементы неоднородности 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. Моделирование дискретных полей. Проверка гипотез о случайном расположении точек на плоскости. Выделение областей относительного сгущения или разряжения точек. Исполь-

зование 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 геологических объектов. Характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия, автокорреляционная функция. Стационарные и эргодические случайные функции. Коэффициент автокорреляции и области его использования в геологии. Двумерная автокорреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Полигармонические случайные функции. Спектральная плотность дисперсии и спектр амплитуд. Выявление периодической составляющей изменчивости геологических объектов. Использование характеристик случайных функций для проверки гипотез о наличии тренда, оценки коэффициентов анизотропии и разделения изменчивости на закономерную и случайную составляющие. Полигармонические случайные функции. Гармонический анализ. Выявление и описание скрытых периодичностей в изменчивости свойств геологических объектов. Области применения случайных функций и гармонического анализа в геологии. 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 геостатистики. Дисперсия распространения. Формула Криге. Линейные эквивалентности проб, линейная фильтрация. Эффект самородков. Вариограммы и модели их аппроксимации. Крайгинг. Основные задачи геостатистического оценивания объектов. Факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических моделей в геологии. Влияние типа геологической задачи на выбор математической модели. Свойства геологических объектов, определяющие эффективность применения методов математического моделирования. Способы снижения 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. (Формализация текстовых качественных данных. Знакомство с методами анализа в excel, со статистической программой ("STATISTICA"). Создание и редактирование файлов данных. Создание таблиц, преобразование файлов. Доверительная вероятность, достоверность аппроксимации, индекс корреляции, шкала Чеддока, теснота связи. Задачи с

преобразованием числовой геологической информации в графическую. Геологические задачи с использованием процедуры парного корреляционного анализа для изучения связей между двумя случайными величинами. Составление многомерных выборочных совокупностей для решения геологических задач с использованием многомерных статистических моделей. Адаптивный анализ в геологии и в геохимии: методология адаптивного анализа. Граничные условия. Объект, элементы, границы объекта. Вещественно-энергетические потоки, стационарные потоки, нестационарные потоки. Энтропия, стационарная энтропия, неравновесная энтропия. Адаптивные параметры элементов. Адаптация химических элементов, минералов, рудных тел, слоев мантии и литосферы. Формирование состава геосфер в результате адаптации. Матричные элементы и их математический анализ. Математическое моделирование процессов минерогенеза, рудогенеза, накопления примесных элементов в минералах. Условия накопления редкоземельных элементов в широко распространенных 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.	2	
Раздел 4.	Многомерные статистические модели.	2	
Раздел 5.	Моделирование пространственных переменных.	2	
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.	2	
<b>Итого:</b>		<b>16</b>	<b>0</b>

### 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	4	
Раздел 2.	Построение гистограмм геологических данных	4	
Раздел 3.	Формализация качественной геологической информации и корреляционный анализ геологических данных	4	
Раздел 4.	Кластерный анализ геологических данных	4	
Раздел 5; Раздел 6; Раздел 7; Раздел 8.	Выявление матричных элементов в минералах. Изучение связи между содержанием примесных элементов в минералах и их кларком	16	
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	<b>0</b>

### 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	4	
Раздел 5.	Построение топоповерхностей геологического объекта	4	
Раздел 6.	Анализ с использованием Excel и др. программ	4	
<b>Итого:</b>		<b>16</b>	<b>0</b>

### 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

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

### 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; 3. Подготовка к текущему контролю.	10	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Подготовка к текущему контролю.	10	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю.	10	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю.	10	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю.	10	
Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к лабораторной работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Подготовка к текущему контролю.	10	
Раздел 7.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию;	10	

	му занятию; 3. Подготовка к текущему контролю.		
Раздел 8.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Подготовка к текущему контролю.	10	
<i>Контроль</i>	<i>Подготовка к экзамену</i>	36	
<b>Итого:</b>		<b>116</b>	<b>0</b>

## 10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### а) основная 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: 20.04.2020);

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: 20.04.2020);

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: 20.04.2020).

### б) дополнительная литература:

1 Ермолов, В.А. Геология : учебник для вузов. Ч.2 : Разведка и геолого-промышленная оценка месторождений полезных ископаемых / В.А. Ермолов. – Москва : МГГУ, 2005. – 392 с. : ил. – (Высшее горное образование).;

2 Гумиров, Ш. В. Основы теории адаптации неживых объектов и адаптивный анализ в геологии : [монография] / Ш. В. Гумиров. – Новокузнецк : Интеллект, 1993. – 409 с. : ил.;

3 Певзнер, М. Е. Горное право : учебник. / М. Е. Певзнер. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Горная книга, 2012. – 377 с. – ISBN 5-7418-0442-X. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229000> (дата обращения: 20.04.2020).

4 Карпов, А. Г. Математические основы теории систем : учебное пособие. / А. Г. Карпов. – Томск : ТУСУР, 2016. – 230 с. – URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480811> (дата обращения: 20.04.2020).

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

5 Университетская информационная система РОССИЯ : электронная библиотека / НИВЦ МГУ им. М.В. Ломоносова. – Москва, [200 – ]. – URL: <http://uisrussia.msu.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 ЭБС ЮРАЙТ [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru) : электронно-библиотечная система / ООО «Электронное издательство Юрайт». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.biblio-online.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

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

8 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: <https://umczdt.ru/books/>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

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

**г) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

- 7-Zip;
- ABBYY FineReader 11;
- Kaspersky Endpoint Security;
- Microsoft Office 2007;
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft Windows 7.

**д) 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 / ВИНТИ 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 мультимедийным проектором; учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий, лабораторных работ), оснащенную компьютерной техникой экраном и мультимедийным проектором

- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; , теодолиты 2Т30М; нивелиры НЗ, НЗК; нивелирные рейки РНЗ, 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).

## 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-генетических 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 приемам 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 базовой части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 21.05.02 «Прикладная геология».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

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

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

- Петрография;
- Лабораторные методы изучения минерального сырья;
- Имитационное моделирование.

### 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### – Общепрофессиональные компетенции

Код и наименование ОПК	Планируемые результаты обучения
<p>ОПК-1: способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности</p>	<p>– знать: типичные проблемы в геологии, методы и способы их решения.</p> <p>– уметь: собирать, эффективно обрабатывать и анализировать геологическую информацию с применением современных машинных технологий с целью решения геологических проблем</p> <p>.</p> <p>– владеть: современными методами и технологиями сбора, обработки и анализа геологической информации</p> <p>.</p>

#### – Профессионально-специализированные компетенции

Код и наименование ПСК	Планируемые результаты обучения
<p>ПСК-1.2: способностью составлять самостоятельно и в составе коллектива проекты на геологоразведочные работы на разных стадиях изучения и на различных объектах</p>	<p>– знать: способы и методы составления проектов на поисково-разведочные работы, документацию, условные знаки геологической и горно-графической документации, безопасность ведения геологических и горных работ</p> <p>.</p> <p>– уметь: Уметь: анализировать и перерабатывать нормативно-техническую документацию при составлении проектов, проведении горно-разведочных выработок, строительстве скважин</p> <p>.</p> <p>– владеть: Владеть: навыками самостоя-</p>

	тельного изучения законодательных, нормативно-правовых и локальных актов, инструкций, правил промышленной и пожарной безопасности и охране труда.
--	---

#### 4 Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		<b>ИТОГО</b>	<b>6 семестр</b>
Форма промежуточной аттестации			<i>экзамен</i>
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	<b>180</b>	<b>180</b>
	<i>зачетных единиц</i>	<b>5</b>	<b>5</b>
Лекции, <i>академ. час.</i>		<b>16</b>	<b>16</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		<b>16</b>	<b>16</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Практические занятия, <i>академ. час.</i>		<b>32</b>	<b>32</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	<b>0</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Консультации, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	<b>0</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		<b>80</b>	<b>80</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>
Контроль, <i>академ. час.</i>		<b>36</b>	<b>36</b>
в форме практической подготовки		<b>0</b>	<b>0</b>

#### 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 геологоразведочных работ. Использование математических методов для обработки геологических данных в 19 - 20 в.в. Современное состояние и проблемы математической геологии. Использование в моделировании теории систем, теории множеств, теории (логики) предикатов, системантики, теории автоматов. Системный подход – выделение подсистем, элементов, связи между элементами системы, границы системы. Множественный подход, операции над множествами, свойства операций, отображения, отношения на множестве, бинарные операции. Элементы математической логики: высказывания, логические операции, формулы логики высказываний, основные законы логики: коммутативность дизъюнкции и конъюнкции, ассоциативность дизъюнкции и конъюнкции, дистрибутивности, 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 предик-



катов, 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 познания в геологии. Принципы и методы математического моделирования в геологии. Виды математических моделей. Частота, частость, вероятность появления события. Закон распределения случайной величины и способы его задания. Параметры 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 калькулятора для прогнозирования значений параметров в геологических объектах. Специфика геологических образований и процессов, как объектов изучения. Элементы неоднородности геологических объектов и изменчивость их свойств. Выборочный метод изучения недр. Схемы опробования и шкалы измерений в геологии. Погрешности измерения и погрешности аналогии. Точность оценок параметров. Построение доверительных интервалов оценок математического ожидания для различных доверительных вероятностей.);

Раздел 3 Одномерные статистические модели. (Условия применения одномерных статистических моделей в геологии. Статистические законы распределения, используемые в геологии. Точечные и интервальные оценки свойств геологических объектов. Статистическая проверка геологических гипотез. Область применения параметрических и непараметрических критериев согласия. Анализ однородности выборочных геологических совокупностей. Двумерные модели. Виды связей между двумя случайными величинами: функциональная, стохастическая, корреляционная. Способы выявления и исследования корреляционных связей. Облако точек, эмпирические линии регрессии. Линейные и нелинейные уравнения регрессии. Условия применения двумерных статистических моделей в геологии. Графические способы изучения зависимостей в геологии: точечные диаграммы, параллельные схематические диаграммы, эмпирические линии регрессии. Статистические характеристики системы двух случайных величин: коэффициенты линейной и ранговой корреляции, корреляционные отношения, уравнения регрессии. Применение корреляционного анализа для проверки геологических гипотез. Показатели тесноты корреляционной связи: ковариация, коэффициент корреляции, корреляционное отношение, пределы их изменения. Необходимость использования рангового коэффициента корреляции. Определение тесноты связи между качественными показателями.

Коэффициент сопряженности. Использование уравнений регрессии. Моделирование пространственных переменных. Горно-геометрические модели регрессии для предсказания свойств геологических объектов.);

Раздел 4 Многомерные статистические модели. (Необходимость использования многомерных моделей при изучении геологических объектов и явлений. Условия применения многомерных статистических моделей: матрицы ко-эффициентов парной корреляции, коэффициенты частной и множественной корреляции. Множественная регрессия. Уравнения множественной регрессии. Использование многомерного корреляционного анализа в геологии. Применение многомерного корреляционного анализа и уравнений множественной регрессии 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 корреляционных связей, корреляционных профилей, дендрограмм. Группирование геологических объектов на основе оценки компактности образованных групп. Задачи классификации и распознавания образов в геологии. Каноническая корреляция. Кластерный и факторный анализы. Линейные дискриминантные функции. Оценка информативности геологических признаков. Анализ образов. Распознавание образов, линейные дискриминантные функции.);

Раздел 5 Моделирование пространственных переменных. (Горно-геометрическое моделирование. Геологические объекты как поля пространственных переменных. Моделирование пространственной изменчивости с помощью топоповерхностей. Геологические, геохимические и геофизические поля пространственных переменных. Закономерная и случайная составляющие изменчивости. Способы сглаживания случайных полей. Сплайн-функции. Элементы неоднородности 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. Моделирование дискретных полей. Проверка гипотез о случайном расположении точек 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 геологических объектов. Характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия, автокорреляционная функция. Стационарные и эргодические случайные функции. Коэффициент автокорреляции и области его использования в геологии. Двумерная автокорреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Полигармонические случайные функции. Спектральная плотность дисперсии и спектр амплитуд. Выявление периодической составляющей изменчивости геологических объектов. Использование характеристик случайных функций для проверки гипотез о наличии тренда, оценки коэффициентов анизотропии и разделения изменчивости на закономерную и случайную составляющие. Полигармонические случайные функции. Гармонический анализ. Выявление и описание скрытых периодичностей в изменчивости свойств геологических объектов. Области применения случайных функций и гармонического анализа в геологии. 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 геостатистики. Дисперсия распространения. Формула Криге. Линейные эквивалентности проб, линейная фильтрация. Эффект самородков. Вариограммы и модели их аппроксимации. Крайгинг. Основные задачи геостатистического оценивания объектов. Факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических моделей в геологии. Влияние типа геологической задачи на выбор математической модели. Свойства геологических объектов, определяющие эффективность применения методов математического моделирования. Способы снижения 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. (Формализация текстовых качественных данных. Знакомство с методами анализа в excel, со статистической программой ("STATISTICA"). Создание и редактирование файлов данных. Создание таблиц, преобразование файлов. Доверительная вероятность, достоверность аппроксимации, индекс корреляции, шкала Чеддока, теснота связи. Задачи с преобразованием числовой геологической информации в графическую. Геологические задачи с использованием процедуры парного корреляционного анализа для изучения связей между двумя случайными

величинами. Составление многомерных выборочных совокупностей для решения геологических задач с использованием многомерных статистических моделей. Адаптивный анализ в геологии и в геохимии: методология адаптивного анализа. Граничные условия. Объект, элементы, границы объекта. Вещественно-энергетические потоки, стационарные потоки, нестационарные потоки. Энтропия, стационарная энтропия, неравновесная энтропия. Адаптивные параметры элементов. Адаптация химических элементов, минералов, рудных тел, слоев мантии и литосферы. Формирование состава геосфер в результате адаптации. Матричные элементы и их математический анализ. Математическое моделирование процессов минерогенеза, рудогенеза, накопления примесных элементов в минералах. Условия накопления редкоземельных элементов в широко распространенных минералах, математическое моделирование данного процесса.).

### **6 Составитель(и):**

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