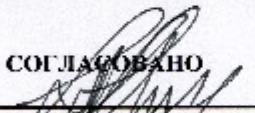


ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»

СОГЛАСОВАНО


Руководитель ООП по
направлению подготовки 130101
проф. Марин Ю. Б.

«30» марта 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ


Зав. кафедрой
ГРМПИ
проф. Козлов А. В.

«30» марта 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические методы моделирования в геологии»

Направление подготовки: «Прикладная геология»

Профиль подготовки: «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых»

Квалификация (степень) выпускника: специалист

Специальное звание: инженер

Форма обучения: очная

Составитель: доц. Кирьякова И.Г.

Санкт-Петербург
2015

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ УНИВЕРСИТЕТ «ГОРНЫЙ»

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП по
направлению подготовки 130101
проф. Марин Ю. Б.
«__» _____ 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
ГРМПИ
проф. Козлов А. В.
«__» _____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические методы моделирования в геологии»

Направление подготовки: «Прикладная геология»

Профиль подготовки: «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных
ископаемых»

Квалификация (степень) выпускника: специалист

Специальное звание: инженер

Форма обучения: очная

Составитель: доц. Кирьякова И.Г.

Санкт-Петербург
2015

1. Цели и задачи дисциплины:

Важной составной частью любого геологического исследования является вывод количественных закономерностей, характеризующих изучаемый объект земной коры. Многие природные явления настолько сложны, что не поддаются строгому физико-химическому анализу. Для их описания используют математические модели, позволяющие оценивать усредненные значения геологических свойств, выявлять корреляции между признаками, сравнивать объекты друг с другом, выявлять вероятные причины геологической изменчивости, строить карты и т.д.

Цель преподавания дисциплины – познакомить студентов с теоретическими основами математического моделирования и дать им представление о методах математического моделирования, в том числе и геостатистики, которые используются в геологической практике.

Задачи дисциплины: научить студентов самостоятельно выполнять расчеты, оценивать качество построенных моделей и интерпретировать полученные результаты, дать им навыки работы с компьютерными программами, предназначенными для решения поставленных задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Курс «Математические методы моделирования в геологии» входит в состав базовой части дисциплин математического и естественнонаучного цикла подготовки специалистов по направлению «Прикладная геология» и изучается студентами данной специальности в течение 6 семестра после прохождения курсов «Математика», «Информатика» и «Статистические методы в геологоразведочной практике».

Для освоения дисциплины обучающийся должен обладать устойчивыми знаниями по дисциплинам математического и естественнонаучного цикла (математике, информатике, статистическим методам обработки данных) и профессионального цикла (структурной геологии, основы гидрогеологии, минералогии, петрографии, литологии и др.).

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-9, ОК-12, ОК-21, ПК-2, ПК-4, ПК-8, ПК-22, ПК-24, ПК-25, ПСК-1.6.

готовностью обобщать, анализировать, воспринимать информацию, ставить цели и выбирать пути ее достижения (ОК-1);

готовностью к категориальному видению мира, умением дифференцировать различные формы его освоения (ОК-2);

способностью логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь (ОК-3);

стремлением к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-9);

готовностью критически осмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности (ОК-12);

владением одним из иностранных языков на уровне, достаточном для изучения зарубежного опыта в профессиональной деятельности, а также для осуществления контактов (ОК-21);

готовностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ПК-2);

готовностью организовать свой труд, самостоятельно оценивая результаты своей деятельности, владением навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований (ПК-4);

применяет основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ПК-8);

готовностью изучать, критически оценивать научную и научно-техническую информацию отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований геологического направления (ПК-22);

способностью проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований (ПК-24);

умением подготавливать данные для составления обзоров, отчетов и научных публикаций (ПК-25);

умением проводить оценку прогнозных ресурсов и подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых (ПСК-1.6).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: способы измерения пространственных переменных, необходимые для моделирования исходные данные, главные разновидности математических моделей пространственной переменной (детерминированные модели, модели трендов, модели кригинга, модели стохастического моделирования), алгоритмы моделирования (методы проверки значимости моделей, метод наименьших квадратов, метод линейной

дискриминантной функции, методы иерархической классификации, метод главных компонент, метод полиномиальных трендов, методы пространственной интерполяции геологических данных, методы моделирования вариограммы), основные подходы к интерпретации построенных моделей и их практическому использованию.

Уметь: работать с компьютерными программами Excel (Microsoft), Statistica (StatSoft), проводить «разведочный анализ» исходных данных и подготавливать их для последующей математической обработки, рассчитывать числовые характеристики моделей, проверять статистические гипотезы, строить диаграммы (гистограммы, графики на вероятностной бумаге, диаграммы рассеяния, дендрограммы, факторные диаграммы, вариограммы), проводить математическую обработку пространственных переменных, количественно оценивать геологическую изменчивость, строить карты распределения значений пространственной переменной и исследовать корреляционную структуру рудного поля, осуществлять геологическую интерпретацию пространственных закономерностей, делать выводы, основанные на результатах моделирования и посвященные природе изучаемых геологических явлений.

Владеть: приемами и навыками математического исследования различных геологических объектов.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		6			
Аудиторные занятия (всего)	68	68			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	34	34			
Практические занятия (ПЗ)	0	0			
Семинары (С)	0	0			
Лабораторные работы (ЛР)	34	34			
Самостоятельная работа (всего)	40	40			
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	40	40			
Расчетно-графические работы	0	0			
Реферат	0	0			
<i>Другие виды самостоятельной работы:</i>					
Работа с эталонными коллекциями	0	0			
Работа с литературой	0	0			
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	4	4		

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение. Пространственные переменные. Элементы статистики.	<p>Цели и задачи дисциплины. Историческая справка. Назначение и области применения математических методов. Геологические объекты и их свойства.</p> <p>Понятие «пространственной переменной» и «поля пространственных переменных». Свойства геологических объектов как пространственные переменные. Дискретный характер наблюдений. Геометрические параметры сети и области измерения. Виды сетей. Регулярные и нерегулярные сети опробования.</p> <p>Проверка гипотезы о равномерности сети наблюдений.</p> <p>Случайная величина, ее математическое ожидание, дисперсия и их свойства. Ковариационная функция и ее свойства. Связь ковариационной функции и дисперсии. Линейная комбинация произвольного числа случайных величин. Дисперсия линейной комбинации случайных величин и ее различные представления. Пуассонова случайная величина, ее математическое ожидание, дисперсия и смысл параметра распределения.</p>
2	Базы исходных данных для математического моделирования пространственных переменных.	<p>Исходные данные для математического моделирования пространственных переменных. Базы (банки) данных, необходимые для изучения пространственных закономерностей, формы их представления. Поля и записи. База (банк) данных расположения поисковых и разведочных выработок (скважин, горных выработок). База (банк) искривлений разведочных выработок. База (банк) опробования. База (банк) данных геологической документации. Обязательные поля баз данных. Преобразование баз (банков) данных для математического моделирования.</p>
3	Математическое моделирование пространственных закономерностей.	<p>Основные виды математических моделей пространственных переменных. Детерминированные, вероятностные и геостатистические модели. Детерминированные модели. Модель линейной интерполяции. Полиномиальная модель. Модель обратных расстояний. Сплайн-модель. Вероятностные модели. Случайная функция. Тренд-модель. Модель со сглаживанием наблюдений. Разностные модели. Модели на основе случайной функции. Пространственно распределенная случайная функция. Представление пространственной переменной как реализации случайной функции. Переменные, которые могут быть смоделированы случайными функциями. Гипотеза стационарности и ее физическое обоснование. Модели периодической переменной.</p> <p>Геостатистические модели. Ковариограмма, ее свойства и график. Полувариограмма, ее свойства и</p>

		<p>график. Связь ковариограммы и полувариограммы. Порог вариограммы, радиус автокорреляции и зона влияния пробы. Влияние дискретности среды геологического пространства. Эффект самородков. Вид вариограммы с учетом дискретности среды. Методика построения эмпирической вариограммы. Векторный характер вариограммы. Неориентированные и ориентированные вариограммы. Изучение анизотропии геологических объектов. Эллиптический, зональный (геометрический) и смешанный типы анизотропии.</p> <p>Вариограмма нестационарной переменной. Влияние тренда на вариограмму. Удаление тренда по методу наименьших квадратов. Построение вариограммы без учета тренда.</p> <p>Влияние периодической изменчивости на вариограмму. Эффект включений. Удаление периодической изменчивости. Построение вариограммы без учета периодической изменчивости.</p> <p>Влияние размера области наблюдений на параметры вариограммы.</p> <p>Понятие об эмпирической и теоретической вариограмме. Аппроксимация вариограммы. Основные виды геостатистических моделей (виды теоретических вариограмм): эффект самородков, сферическая, квадратичная, круговая, линейная, гауссова, экспоненциальная. Допустимые модели. Непротиворечивость геостатистической модели в пространстве данного числа измерений.</p> <p>Происхождение термина. Кригинг как метод интерполяции параметров оруденения в геологическом пространстве. Область использования кригинга. Виды кригинга. Обычный кригинг. Вид оценивающей функции. Эффективность оценки. Две формы основного уравнения обычного кригинга.</p> <p>Простой кригинг. Вид оценивающей функции. Эффективность оценки. Основная система уравнения простого кригинга.</p> <p>Кригинг в анизотропной среде. Учет анизотропии при прогнозировании значений пространственной переменной.</p> <p>Простейший точечный кригинг. Прогнозирование на площади с помощью кригинга. Прогнозирование в объеме с помощью кригинга.</p> <p>Универсальный кригинг. Индикаторный кригинг.</p>
4	Компьютерное моделирование месторождений	<p>Знакомство с программным пакетом MICROMINE: импорт аналитических и графических данных, проверка базы данных, статистический анализ данных, визуализация данных, создание композитных проб, построение разрезов, построение каркасной модели геостатистический анализ.</p>
5	Распознавание образов	<p>Понятие о распознавании образов. Способы выбора наиболее информативных свойств для распознавания</p>

		образов. Методы распознавания образов. Дискриминантный анализ. Метод линейной дискриминантной функции. Дискриминантное уравнение и дискриминантный индекс. Геометрическая интерпретация задачи. Применение дискриминантного анализа для выделения перспективных геологических объектов. Пример расчета дискриминантного уравнения.
--	--	--

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5		
1	Прикладная геостатистика	+	+	+	+	+		
2	Компьютерные технологии подсчета запасов полезных ископаемых	+	+	+	+	+		
3	Компьютерные технологии моделирования геологической среды	+	+	+	+	+		
4	Компьютерные технологии в геологоразведочной практике	+	+	+	+	+		
5	Петрография	+	+	+		+		
6	Литология	+	+	+		+		
7	Прогнозирование и поиски полезных ископаемых	+	+	+	+	+		
8	Опробование, разведка и геолого-экономическая оценка МПИ	+	+	+	+	+		
9	Геофизические методы поисков и разведки МПИ	+	+	+	+	+		
10	Прикладная геохимия	+	+	+	+	+		
11	Компьютерные базы геологических данных	+	+	+	+	+		
12	Горнопромышленная геология	+	+	+	+	+		

5.3. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1	Введение. Пространственные переменные. Элементы статистики.	6		3		5	14
2	Базы исходных данных для математического моделирования пространственных переменных.	4		3		10	17
3	Математическое моделирование пространственных закономерностей.	16		10		10	36

4	Компьютерное моделирование месторождений	2		10		10	22
5	Распознавание образов	6		8		5	19

6. Лабораторный практикум:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1	1	Использование программных пакетов Excel, STATISTICA, для расчета статистических параметров, ковариаций, построения диаграмм	2
2	2	Подготовка баз данных для математического моделирования. Аналитическая и графическая информация	2
3	2, 4	Импорт базы геологоразведочных данных. Автоматическая проверка базы данных, исправление ошибок и ввод дополнительной информации.	2
4	4	Визуализация базы данных. Построение регулярных сеток. Построение цифровых моделей поверхностей методом триангуляции Делоне. Создание набора цветов.	2
5	1, 4	Статистический анализ в пакете MICROMINE. Расчет координат интервалов опробования. Создание рудных интервалов (композигов) по кондициям.	2
6	3, 4	Построение разрезов. Оконтуривание рудных тел.	2
7	3, 4	Объемное каркасное моделирование рудных тел. Пересечение каркасных моделей. Оценка объемов и полигональная оценка запасов.	2
8	1, 3, 4	Подавление ураганных содержаний. Анализ, контроль и группировка исходной информации для геостатистического анализа (статистика, выделение однородных совокупностей (доменов))	2
9	3, 4	Геостатистический анализ. Вычисление вариограмм по эмпирическим данным и подбор теоретической модели в программном пакете MICROMINE	4
10	3, 4	Проверка надежности вариограммных моделей (кросс-валидация) в программном пакете MICROMINE	2
11	3	Знакомство с процедурой кригинга в программе EzyKriging.	2
12	5	Методы распознавания образов и расчета информативности признаков.	4
13	5	Дискриминантный анализ	4

7. Практические занятия (семинары): Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

8. Примерная тематика курсовых работ: Моделирование рудных тел (рудного тела, участка и т.п.) месторождения (название месторождения, вид полезного ископаемого).

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

Никифоров, И.А.. Статистический анализ геологических данных. Оренбург: ОГУ, 2010.
Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского горного института, 2006. 223 с.

б) дополнительная литература

Ворошилов В.Г. Математическое моделирование в геологии. Томск: ТПУ, 2001. *Белонин М. Д., Голубева В. А., Скублов Г. Т.* Факторный анализ в геологии. М.: Недра, 1982.
Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
Боровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA. М.: Компьютер Пресс, 1998.
Вистелиус А.Б. Основы математической геологии. – Л.: Наука, 1980.
Дэвис Дж. Статистический анализ данных в геологии. В 2 книгах / Пер. с англ. В.А.Голубевой. – М.: Недра, 1990. Книга 1 – 319 с. Книга 2 – 427 с.
Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Л. Недра. 1980. 360 с.
Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. М.: Недра, 1990. – 251 с.
Каневский М.Ф., Демьянов В.В., Савельева Е.А. и др. Элементарное введение в геостатистику / Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. М.: ВИНТИ, 1999. N 11.
Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2006. 368 с.
Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. ИКИ, 2009.
Поротов Г.С. Математические методы при поисках и разведке месторождений. Л.,ЛГИ,1977. 107 с.
Поротов Г.С. Основы статистической обработки материалов разведки месторождений. Л.,ЛГИ,1985. 95 с.
Смоленский В.В. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Учебное пособие. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского горного института, 2003. 101 с.
Справочник по математическим методам в геологии. / *Д.А.Родионов, Р.И.Коган, В.А.Голубева и др.* – М., Недра, 1987. – 335 с.
Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии: Учебное пособие для студентов геологических специальностей. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1988. – 208 с.
Armstrong M. Basic Linear Geostatistics. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1998. –

149 p.

Goovaertz P. Geostatistics for natural resources evaluation. N.Y.: Oxford University Press, 1997.

в) программное обеспечение: текущие версии компьютерных программ Excel компании Microsoft (www.microsoft.com), Statistica компании StatSoft (www.statsoft.com), MICROMINE Micromine Pty Ltd (www.micromine.com);

г) базы данных по нескольким месторождениям, информационно-справочные и поисковые системы: ресурсы Интернет.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для лабораторных работ используются специализированные аудитории (компьютерные классы), оснащенные необходимым программным обеспечением.

11. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Для проведения лабораторных и выполнения курсовых работ используются учебные задания, содержащие типичные примеры геологических задач, которые решаются на основе методов математического моделирования, программное обеспечение компьютерного класса кафедры.

Разработчик:

кафедра ГРМПИ доцент

Кирьякова И.Г.

Эксперты:

(место работы)

(занимаемая должность)

(инициалы, фамилия)