

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
Амурский государственный университет
(ГОУ ВПО «АмГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ОмИИ
_____ Г.В. Литовка
«_____» _____ 2009 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ»
для специальности
130301 – геологическая съемка, поиск и разведка месторождений, полезных
ископаемых

Составитель: Н.А. Чалкина, к.п.н.

Благовещенск, 2009

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета математики и информатики
Амурского государственного университета*

Чалкина Н.А.

Учебно-методический комплекс дисциплины «Математические методы моделирования в геологии» для специальности 130301. – Благовещенск: АмГУ, 2009.

© Амурский государственный университет, 2009
© Кафедра общей математики и информатики, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

I. Рабочая программа.....	4
1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.....	4
2. Содержание учебной дисциплины.....	5
2.1. Государственный образовательный стандарт.....	5
2.2. Пояснительная записка.....	6
2.3. Темы дисциплины и их содержание.....	6
2.4. Распределение учебного времени (объем в часах).....	9
2.5. Вопросы для самостоятельной работы.....	10
2.6. Варианты контрольной работы (для ЗСО).....	11
3. Перечень промежуточных форм контроля знаний студентов.....	12
3.1. Вопросы к зачету.....	12
4. Учебно-методические материалы по дисциплине.....	14
4.1. Основная литература.....	14
4.2. Дополнительная литература.....	14
II. Методические рекомендации профессорско-преподавательскому составу...	15
1. Методические рекомендации по проведению лекционных занятий.....	15
2. Методические рекомендации по проведению практических занятий.....	17
3. Методические рекомендации по организации контроля знаний студентов	18
III. План-конспект лекций.....	20
IV. Методические указания для подготовки к практическим занятиям.....	23
V. Методические указания по выполнению домашних заданий.....	23
VI. Методические указания по выполнению контрольной работы заочникам....	24
VII. Комплект заданий для практических работ.....	25
VIII. Комплект заданий для контрольных работ.....	25
IX. Комплект экзаменационных билетов.....	30
X. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.....	31

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. Цели и задачи учебной дисциплины, ее место в учебном процессе

1.2. Цели преподавания учебной дисциплины:

- формирование личности студента, развитие его интеллекта и способностей к логическому мышлению;
- приобретение студентами теоретических знаний по основным математическим методам, применяемым при обработке геолого-геохимических и других данных, получаемых на разных стадиях геологических исследований;
- изучение методов математического моделирования свойств геологических объектов и процессов, при решении прикладных и научных задач, в разных областях геологии.

1.2. Задачи изучения дисциплины:

- на примерах получить полное представление об основных математических методах обработки геолого-геохимической информации;
- научить студентов приемам интерпретации результатов обработки;
- выработать умения анализировать полученные результаты, привить навыки самостоятельного изучения литературы по математике;
- выработать умения анализировать полученные результаты, привить навыки самостоятельного изучения литературы;
- научить студентов приемам работы с программными средствами, ориентированными на подготовку, ввод и обработку данных массовых видов опробования.

1.3. Перечень учебных дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения, осознания учебных тем, вопросов курса «Математические методы моделирования в геологии».

Математика, информатика, применение теории вероятностей и математической статистики в геологии, общая геология, структурная геология, инженерная графика, историческая геология и палеонтология, основы учения о

полезных ископаемых, методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

1.4. После изучения дисциплины студент должен знать и уметь:

- основные методы математической обработки данных геологии, геохимии, петрохимии;
- главные типы моделей и особенности их применения в различных областях геологии;
- основные принципы геолого-математического моделирования;
- существующие программные и технические средства обработки данных и основные приемы интерпретации результатов обработки;
- формулировать геологические задачи в виде, удобном для их решения математическими методами;
- выбирать наиболее эффективные пути достижения цели;
- иметь четкое представление о возможностях и условиях использования математических методов и современной вычислительной техники при ведении геолого-съёмочных, поисковых и геологоразведочных работ;
- интерпретировать результаты обработки геолого-геохимических данных с применением математических методов.

2. Содержание учебной дисциплины

2.1. Согласно государственному стандарту математических и естественных дисциплин студент должен изучить:

- принципы и методы математического моделирования в геологии;
- точечные и интегральные оценки свойств объектов, статистическая проверка гипотез, корреляционный, гармонический анализ, применение уравнений регрессии в различных сферах, многомерные статистические модели, анализ образов;
- геологические, геохимические и геофизические поля как поля пространственных переменных, горно-геометрические модели и тренд-анализ;

- линейная фильтрация;
- факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических методов в геологии;
- компьютерный анализ геоинформации.

2.2. Пояснительная записка

В течение периода изучения дисциплины «Математические методы моделирования в геологии» студенты обязаны прослушать теоретический курс по специальности – геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых в объеме 100 часов и закрепить материал на практических занятиях.

2.3. Темы дисциплины и их содержание.

Тема 1. Цель, задачи, принципы и основные методы математического моделирования в геологии.

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. Моделирование как средство познания в геологии. Принципы и методы математического моделирования в геологии. Виды математических моделей. Место и роль математических методов моделирования в процессе изучения геологических объектов и процессов.

Тема 2. 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. Дисперсионный анализ в геологии.

Тема 3. Двумерные статистические модели.

Условия применения двумерных статистических моделей в геологии. Характер зависимостей между свойствами геологических объектов. 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. Использование уравнений регрессии для предсказания свойств геологических объектов.

Тема 4. Многомерные статистические модели.

Условия применения многомерных статистических моделей: матрицы коэффициентов парной корреляции, коэффициенты частной и множественной корреляции. Уравнения множественной регрессии. Применение многомерного корреляционного анализа и уравнений множественной регрессии для проверки геологических гипотез и предсказания свойств геологических объектов. Задачи классификации и распознавания образов в геологии. Кластерный и факторный анализы. Линейные дискриминантные функции. Оценка информативности геологических признаков. Анализ образов.

Тема 5. Моделирование пространственных переменных.

Геологические объекты как поля пространственных переменных. Геологические, геохимические и геофизические поля пространственных переменных. Элементы неоднородности и анизотропия геологических полей. Закономерная и случайная составляющие изменчивости геологических объектов. Тренд-анализ: фон, аномалия и поверхность тренда. Способы сглаживания случайных полей. Сплайн-функции. Статистические способы проверки гипотез о наличии тренда. Аппроксимация поверхностей тренда полиномами и анализ остатков. Трансформация геологических полей. Градиенты и энтропия. Моделирование дискретных случайных полей. Проверка гипотезы о случайном расположении точечных геологических

объектов. Горно-геометрические модели.

Тема 6. Моделирование свойств геологических объектов с помощью случайных функций.

Случайные процессы и случайные последовательности в геологии. Характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия, автокорреляционная функция. Двумерная автокорреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. 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.

Тема 7. Геостатистические модели.

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.

Тема 8. 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.

2.4. Распределение учебного времени

Лекции		Практические работы	
Тема	Кол. часов	Тема	Кол-во часов
Цель, задачи, принципы и основные методы математического моделирования в геологии	1	Одномерные статистические модели. Определение петрографического типа неогеновых лав с использованием преобразований числовой геологической информации в графическую	2
Одномерные статистические модели	2	Одномерные статистические модели. Статистические характеристики, используемые в геологии	2
Двумерные статистические модели	2	Одномерные статистические модели. Проверка гипотез о законе распределения параметров геологических объектов	2
Многомерные статистические модели	2	Одномерные статистические модели. Проверка гипотез о равенстве средних (математических ожиданий)	4
Моделирование пространственных переменных	2	Одномерные статистические модели. Проверка гипотез о равенстве дисперсий	2
Моделирование свойств геологических объектов с помощью случайных величин	2	Одномерные статистические модели. Однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ в геологии	4
Геостатистические модели	2	Двухмерные статистические модели. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ	4

Факторы, определяющие выбор и эффективность использования математических моделей в геологии	2	Многомерные статистические модели. Многомерный корреляционный анализ. Множественная регрессия	2
		Многомерные статистические модели. Кластерный анализ. Факторный анализ	4
		Многомерные статистические модели. Задачи распознавания образов в геологии	2
		Моделирование пространственных переменных. Аппроксимация поверхностей тренда полиномами	2
ИТОГО	15		30

2.5. Вопросы для самостоятельной работы (для ДО)

Тема	Кол-во часов
Основные математические методы, применяемые в геологии при моделировании геологических объектов и процессов	4
Количественная оценка погрешностей аналитических методов	6
Геостатистический анализ законов пространственной изменчивости случайных величин	8
Геолого-математические типы моделей геологических объектов и процессов	5
Способы трансформаций исходных геологических полей	5
Анализ информативности геологических факторов при моделировании	6
Выявление и описание изменчивости геологических объектов	6
Выявление и оконтуривание аномалий в геологических полях математическими методами	8
Количественная оценка прогнозных ресурсов математическими методами	8
ИТОГО	52

2.6. Варианты контрольной работы (для ЗСО)

Вариант	Вопросы
1.	1. Геологические данные, объекты изучения, задачи, решаемые с применением математических методов. 2. Множественная корреляция.
2.	1. Геологические модели. 2. Однофакторный дисперсионный анализ.
3.	1. Первичные понятия и теоремы теории вероятностей. 2. Двухфакторный дисперсионный анализ.
4.	1. Случайные величины и их числовые характеристики. 2. Регрессионный анализ. Понятия и задачи.
5.	1. Функции распределения вероятностей случайных величин. 2. Линейная и нелинейная регрессия.
6.	1. Выборочное распределение и его основные характеристики. 2. Множественная регрессия.
7.	1. Оценка параметров генеральной совокупности. 2. Обработка данных с помощью скользящего окна.
8.	1. Задачи геологии и геохимии, решаемые с применением математических методов и ПЭВМ. 2. Основные статистические гипотезы и критерии их оценки, применяемые при обработке геолого-геохимических данных.
9.	1. Теоретическое распределение и расчет его частот. 2. Интерполяция геологических данных на регулярную сеть методом сеток.
10.	1. Парная корреляция. 2. Тренд анализ.
11.	1. Факторный анализ в геологии. 2. Методы построения геохимических карт.
12.	1. Корреляционный анализ в геологии. 2. Основные статистические характеристики распределения, применяемые в геологии при оценке распределения химических элементов в геологических образованиях.

Студенты-заочники допускаются к зачету при выполнении на положительную оценку контрольной работы.

При выполнении контрольной работы студент должен придерживаться следующих требований:

- выполнять контрольную работу строго по своему варианту, номер которого определяется по последней цифре номера зачетной книжки;
- работа, выполненная (полностью или частично) по чужому варианту, не засчитывается;
- студент, не выполнивший контрольную работу, к зачету не допускается.

Критерии оценок контрольных работ: оценка «отлично» ставится за полностью правильно выполненные задания; оценка «хорошо» ставится при верном применении необходимых теоретических знаний, и при наличии не более двух недочетов; оценка «удовлетворительно» ставится при наличии одной грубой ошибки в применении теоретических знаний или при правильном выполнении не менее 70% заданий. В противном случае ставится оценка «неудовлетворительно».

3. Формы и перечень текущего контроля знаний студентов

Результативность работы обеспечивается системой контроля, которая при очной форме обучения включает опрос студентов на практических занятиях, проверку выполнения домашних заданий, контрольные работы, зачет.

Каждое практическое занятие начинается с проверки домашнего задания, опроса по теоретическому материалу.

На лекциях и практических занятиях проводятся мини контрольные работы.

Для оценки знаний по темам самостоятельной работы выполняются индивидуальные домашние задания.

3.1. Вопросы к зачету

1. Студент допускается к зачету при условии посещения всех лекционных и практических занятий, сдачи контрольной работы.

2. Зачет проводится по билетам, содержащих 10 заданий по вопросам из различных разделов программы. Отметка зачтено ставится при выполнении не менее 7 заданий.

1. Понятие о геологических объектах.
2. Свойства геологических объектов.
3. Выборочные методы изучения геологических объектов.
4. Принцип и операции математического моделирования.
5. Основные виды математических моделей, применяемых в геологии.
6. Одномерная статистическая модель.
7. Законы распределения случайных величин.
8. Геологические приложения одномерной статистической модели.
9. Статистические гипотезы и критерии их проверки.
10. Дисперсионный анализ. Понятие и задачи.
11. Однофакторный дисперсионный анализ.
12. Двухфакторный дисперсионный анализ.
13. Корреляционный анализ. Понятие и задачи.
14. Парная и частная корреляция.
15. Множественная корреляция.
16. Статистики связи для порядковых и качественных признаков.
17. Регрессионный анализ. Понятие и задачи.
18. Линейная регрессия.
19. Нелинейная регрессия.
20. Множественная регрессия.
21. Геологические приложения двумерной статистической модели.
22. Кластерный анализ. Дендрограмма.
23. Свойства геологических объектов как пространственные переменные.
24. Виды математических моделей и геологических полей.
25. Детерминированные модели геологических полей.
26. Вероятностные модели геологических полей.

27. Основы геостатистики.
28. Задачи математического моделирования месторождений.
29. Банки исходных данных при разведке месторождений.
30. Вторичные (расчетные) банки данных.

4. Учебно-методические материалы

4.1. Основная литература

1. Гуськов, О.И. Математические методы в геологии. Сборник задач / О.И. Гуськов, П. И. Кушнарев, С.М. Таранов. – М.: Недра, 1991. – 205 с.
2. Каждан, А.Б. Математические методы в геологии. Учебник для вузов / А.Б. Каждан, О.И. Гуськов, А.А. Шимановский. – М.: Недра, 1990. – 251 с.
3. Шестаков, Ю.С. Математические методы в геологии. Учебник для вузов. – Красноярск: КИЦМ, 1988. – 208 с.

4.2. Дополнительная литература

1. Беус, А.А. Руководство по предварительной математической обработке геохимических данных при поисковых работах. М.: МГУ, 1965 г. – 118 с.
2. Каждан, А.Б. Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых / А.Б. Каждан, О.И. Гуськов, А.А. Шиманский. – М.: Недра, 1979. – 168 с.
3. Капутин, Ю.Е. Геостатистическое исследование месторождений полезных ископаемых: Методические рекомендации. – Петрозаводск: Изд-во КарФАН СССР, 1988. – 190 с.
4. Поротов, Г.С. Основы статистической обработки материалов разведки месторождений: Учебное пособие. – Л.: Ленинградский горный институт, 1985. – 97 с.
5. Родионов, Д.А. Справочник по математическим методам в геологии / Д.А. Родионов, Р.И. Коган, В.А. Голубева и др. М.: Наука, 1990. – 480 с.

II. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОМУ СОСТАВУ

1. Методические рекомендации по проведению лекционных занятий.

Лекция – традиционно ведущая форма обучения в вузе. Ее основная дидактическая цель – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Будучи главным звеном дидактического цикла обучения, она выполняет научные, воспитательные и мировоззренческие функции, вводит студента в творческую лабораторию лектора.

Лекция – методологическая и организационная основа для всех форм учебных занятий, в том числе самостоятельных. Методологическая основа – так как вводит студента в науку вообще, придает учебному курсу концептуальность, а организационная – так как все другие формы учебных занятий так или иначе «завязаны» на лекцию, чаще всего логически следуют за ней, опираются на нее содержательно и тематически.

Содержание лекции устанавливается на основе учебной программы данной дисциплины. Каждая лекция требует такого построения, чтобы студенты могли конспектировать ее в виде четко ограниченных, последовательных и взаимосвязанных положений, тезисов с выводами и заключениями.

Все отдельные лекции лекционного курса требуют, поэтому взаимосвязи, последовательности и единства цели. Важной является связь лекционного материала с другими курсами и видами обучения.

Как правило, отдельная лекция состоит из трех основных частей: введения, изложения содержательной части и заключения:

1. Вводная часть. Формирование цели и задачи лекции. Краткая характеристика проблемы. Показ состояния вопроса. Список литературы. Иногда установление связи с предыдущими темами.

2. Изложение. Доказательства. Анализ, освещение событий. Разбор фактов. Демонстрация опыта. Характеристика различных точек зрения. Определение

своей позиции. Формулирование частных выводов. Показ связей с практикой. Достоинства и недостатки принципов, методов, объектов рассмотрения. Область применения.

3. Заключение. Формулирование основного вывода. Установка для самостоятельной работы. Методические советы. Ответы на вопросы.

Лектор не может не считаться с общим уровнем подготовки и развитием студентов, но в то же время ему не следует ориентироваться как на слабо подготовленных студентов, так и на особо одаренных студентов. Ориентиром, очевидно, должны быть студенты, успевающие по данному предмету, представляющие основной состав лекционных потоков.

В лекционных курсах необходимо последовательно, от лекции к лекции повышать уровень научного изложения и наблюдать, чтобы лекции были посильны и интересны большинству студентов. Особенно велика развивающая роль лекций как формы научного мышления на первых курсах обучения. Здесь наряду с учебной информацией лекция организует и направляет самостоятельную работу студентов, вызывает потребность дополнительного приобретения знаний путем самообразования. Поэтому на первых курсах необходимо основное педагогическое и психологическое внимание уделять системности лекционного изложения и рекомендациям для самостоятельной работы. Развивающая роль лекционного преподавания на первых курсах нуждается в большей доступности изложения материала, в более четкой форме логического построения, в замедленном функционировании основных положений и выводов. На первых курсах нужны конкретные указания о связи лекций с учебниками, пособиями, заданиями и другой самостоятельной работой. Необходимо на младших курсах приучить студентов вести записи лекций, так как правильное конспектирование не только фиксирует основное содержание лекций, но и активизирует восприятие лекционного материала и организует внимание студентов к предмету.

Применение на лекциях вспомогательных средств, главным образом демонстрационных, повышает интерес к изучаемому материалу, обостряет и

направляет внимание, усиливает активность восприятия, способствует прочному запоминанию.

2. Методические рекомендации по проведению практических занятий.

Практические занятия целесообразно начинать с проверки знания и понимания студентами теоретического материала и умения применять эти знания для решения типовых задач.

Основной блок практического занятия составляет решение задач, поскольку истинное качество усвоения информации достигается именно в процессе формирования умений ее востребовать и применять. Задачи должны различаться по степени обобщенности действий и по виду самостоятельной деятельности, выполняемой студентами.

Организация процесса решения задач на практических занятиях должна обеспечивать самостоятельность студентов, основанная на индивидуальном и дифференцированном подходе, когда каждый студент работает в оптимальном для него темпе. Однако некоторые виды работ целесообразно организовывать, объединяя студентов в малые группы.

Для оптимизации учебного процесса и развития практических навыков овладения математикой весьма эффективным является проведение кратких самостоятельных работ, как по практическому, так и по теоретическому материалу. При этом целесообразно формулировать вопросы по теории таким образом, чтобы для ответа не требовались долгие и сложные доказательства и выводы. Такая форма контроля позволяет выявить наличие и прочность базовых знаний по изучаемой теме. Аналогично, практические задания должны быть составлены предельно просто и ясно. При проведении таких кратких работ студенты не должны пользоваться никаким справочным материалом.

В конце занятия необходимо подвести итог, объявить тему и план следующего занятия, задать домашнее задание, указав литературу, которой желательно воспользоваться при его выполнении.

3. Методические рекомендации по организации контроля знаний студентов

Результативность работы обеспечивается системой контроля, которая при очной форме обучения включает опрос студентов на практических занятиях, проверку выполнения домашних заданий, контрольные работы, выполнение и защита РГР и лабораторных работ, проведение коллоквиумов, зачеты и экзамены.

Каждое практическое занятие начинается с проверки домашнего задания, опроса по теоретическому материалу.

На лекциях и практических занятиях проводятся мини контрольные работы.

Студенты заочной формы обучения текущий контроль усвоения материала осуществляют самостоятельно по контрольным вопросам и заданиям контрольной работы.

Студенты дневного отделения допускаются к сдаче зачета при условии выполнения ими на положительную оценку всех форм текущего контроля, предусмотренных программой.

Студенты-заочники допускаются к зачету в установленном порядке, определенном «Положением о курсовых экзаменах и зачетах» АмГУ.

Зачет проводится по билетам, содержащих 10 заданий по вопросам из различных разделов программы. Отметка зачтено ставится при выполнении не менее 7 заданий.

Студенты дневного отделения допускаются к сдаче экзамена при условии выполнения ими на положительную оценку всех форм текущего контроля, предусмотренных программой.

Студенты-заочники допускаются к зачету при выполнении на положительную оценку контрольной работы.

Критерии оценок контрольных работ: оценка «отлично» ставится за полностью правильно выполненные задания; оценка «хорошо» ставится при верном применении необходимых теоретических знаний, и при наличии не

более двух недочетов; оценка «удовлетворительно» – при наличии одной грубой ошибки в применении теоретических знаний или при правильном выполнении не менее 70% заданий. В противном случае – оценка «неудовлетворительно».

Экзамен проводится по билетам, содержащим теоретические вопросы и практические задания по различным разделам программы на второй семестр.

Итоговая оценка по дисциплине рассчитывается по формуле: $0,4x+0,6y$, где x – средняя оценка, полученная в результате выполнения текущих форм контроля, y – результат итогового зачета (экзамена).

III. ПЛАН-КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Тема 1. Цель, задачи, принципы и основные методы математического моделирования в геологии.

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. Моделирование как средство познания в геологии. Принципы и методы математического моделирования в геологии. Виды математических моделей. Место и роль математических методов моделирования в процессе изучения геологических объектов и процессов.

Тема 2. 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. Дисперсионный анализ в геологии.

Тема 3. Двумерные статистические модели.

Условия применения двумерных статистических моделей в геологии. Характер зависимостей между свойствами геологических объектов. 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. Использование уравнений регрессии для предсказания свойств геологических объектов.

Тема 4. Многомерные статистические модели.

Условия применения многомерных статистических моделей: матрицы коэффициентов парной корреляции, коэффициенты частной и множественной корреляции. Уравнения множественной регрессии. Применение многомерного корреляционного анализа и уравнений множественной регрессии для проверки геологических гипотез и предсказания свойств геологических объектов. Задачи классификации и распознавания образов в геологии. Кластерный и факторный анализы. Линейные дискриминантные функции. Оценка информативности геологических признаков. Анализ образов.

Тема 5. Моделирование пространственных переменных.

Геологические объекты как поля пространственных переменных. Геологические, геохимические и геофизические поля пространственных переменных. Элементы неоднородности и анизотропия геологических полей. Закономерная и случайная составляющие изменчивости геологических объектов. Тренд-анализ: фон, аномалия и поверхность тренда. Способы сглаживания случайных полей. Сплайн-функции. Статистические способы проверки гипотез о наличии тренда. Аппроксимация поверхностей тренда полиномами и анализ остатков. Трансформация геологических полей. Градиенты и энтропия. Моделирование дискретных случайных полей. Проверка гипотезы о случайном расположении точечных геологических объектов. Горно-геометрические модели.

Тема 6. Моделирование свойств геологических объектов с помощью случайных функций.

Случайные процессы и случайные последовательности в геологии. Характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия, автокорреляционная функция. Двумерная автокорреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. 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.

Тема 7. Геостатистические модели.

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.

Тема 8. 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.

IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

При подготовке к практическим занятиям целесообразно тщательно проработать лекционный материал и соответствующие учебные пособия по теме каждого практического занятия. Прорешать типовые задачи домашнего задания и при необходимости обратиться к преподавателю за консультацией.

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

При выполнении домашней работы студенты могут использовать различные источники приобретения информации: конспекты лекций, учебно-методические материалы курса, ссылки на научную литературу в информационном пространстве Интернета и др.

Для успешной домашней работы студент должен быть обеспечен методическим материалом.

Если правильно разделить материал на небольшие модули, охватывающие отдельные темы, по каждому разделу предложить отдельное методическое пособие, то выполнение домашней работы существенно упростится, а значит, увеличится и эффективность усвоения знаний.

Можно рекомендовать следующую схему подготовки и выполнения домашнего задания:

1. Проанализировать все задания в целом, определить раздел (или разделы) к которым относится материал;

2. Выделить теоретический материал, относящийся к этим разделам. Проверить наличие лекций по данному разделу, убедиться, что имеются в наличии учебники или методические указания по вопросам, не охваченным в лекциях;

3. Выполняя задания, следует сопровождать их подробным описанием, выкладками, чертежами, ссылками на соответствующие теоремы и формулами;

4. В конце решения необходимо написать ответ, в соответствии с формулировкой задания.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ЗАОЧНИКАМ

Основной формой обучения студентов-заочников является самостоятельная работа: она включает в себя изучение теоретического материала, решение задач, выполнение контрольной работы.

При выполнении контрольной работы надо строго придерживаться указанных ниже правил. Работа, выполненная без соблюдения этих правил, не зачитывается и возвращается студенту для переработки.

1. Контрольную работу выполнять в тетради пастой или чернилами любого цвета, кроме красного, оставляя поля для замечаний рецензента.

2. На обложке тетради должны быть ясно написаны фамилия студента, его инициалы, шифр, название дисциплины.

3. В работу должны быть включены все задачи, указанные в задании, строго по своему варианту. Контрольная работа, содержащая не все задания, а также содержащая задачи не своего варианта, не зачитывается.

4. Вариант контрольной работы студент выбирает по последней цифре номера зачетной книжки.

5. Решение задач надо располагать в порядке, указанном в заданиях, сохраняя номера задач.

6. Перед решением каждой задачи надо выписать полностью ее условие. Если несколько задач имеют общую формулировку, следует, переписывая условие задачи, заменить общие данные конкретными из соответствующего номера.

7. После получения прорецензированной работы (как зачетной, так и не зачетной) студент должен исправить в ней отмеченные ошибки и недочеты. В связи с этим следует оставлять в конце тетради чистые листы для работы над ошибками. Вносить исправления в сам текст работы после ее рецензирования запрещается.

8. В конце работы следует указать литературу, которую изучал студент, выполняя данную работу.

9. Зачтенная контрольная работа с рецензиями обязательно предъявляется на зачете и экзамене.

VII. КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Выдача заданий к практическим работам осуществляется по методическим пособиям:

Прозорова Г.Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Методы математического моделирования в геологии». – Ростов-на-Дону: Ростовский госуниверситет, 2004. – с. 34.

Смирнов Б.В. Математические методы исследования в геологии. – М.: Недра, 1975. – 124 с.

Чалкина Н.А. Математические методы моделирования в геологии. – Благовещенск: АмГУ, 2009. – 136 с.

VIII. КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Вариант контрольной работы (для ДО)

2.9. Вариант контрольной карточки.

Задача 1. Для определения петрографического типа пород из горизонта неогеновых лав отобрано и проанализировано на содержание SiO_2 30 проб. Содержание SiO_2 в отдельных пробах меняется от 56,6 (андезитобазальт) до 73,2% (риолит), что не позволяет оценить состав лав горизонта в целом по единичному наблюдению.

№ пробы	SiO_2	№ пробы	SiO_2	№ пробы	SiO_2
1	59,5	11	62,9	21	71,4
2	66,8	12	62,4	22	67,7
3	60,5	13	71,6	23	63,6
4	63,7	14	65,8	24	61,1
5	72,5	15	63,1	25	63,8
6	69,2	16	61,2	26	67,5
7	61,2	17	69,3	27	65,3
8	66,3	18	64,6	28	69,9
9	73,2	19	67,8	29	73,2
10	64,6	20	56,6	30	60,7

Требуется:

1. Для получения усредненных характеристик приведенные в таблице данные преобразовать в графическую диаграмму «ящик с усами».
2. Определить средний состав лав.
3. Определить преобладающий состав для большинства проб.
4. Определить разброс значений.

Задача 2. В районе широко развиты интрузии гранитов средне- и позднепалеозойского возраста. Со среднепалеозойскими гранитами связаны месторождения редкометалльных пегматитов. Среднепалеозойские граниты отличаются от нерудоносных верхнепалеозойских повышенным содержанием Na_2O и Ti_2O и пониженным содержанием K_2O . Распределение содержаний Na_2O и K_2O в гранитах обоих комплексов соответствует нормальному закону, а содержание Ti_2O – логнормальному.

Возраст гранитов	Число проб	Na_2O		K_2O		Ti_2O	
		\bar{x}	S^2	\bar{x}	S^2	$\lg \bar{x}$	$S_{\lg x}^2$
Средний палеозой	100	3,90	1,21	4,51	1,42	-0,886	0,268
Поздний палеозой	100	3,46	1,52	5,02	1,65	-1,426	0,321
Неизвестен	30	3,38	1,83	4,83	1,88	-1,352	0,225

Требуется: определить возраст интрузии и оценку перспектив их рудоносности.

Задача 3. Характеристики положения и разброса *угловых величин* имеют некоторые специфические особенности. В таблице приведены результаты замеров азимутов падения швов тектонических брекчий в пределах минерализованной зоны трещиноватости.

Азимут	Частота n_j	Частость $(n_j/n) \times 100\%$	Азимут	Частота n_j	Частость $(n_j/n) \times 100\%$
0–10	85	12,5	180–190	4	0,6
10–20	72	10,7	190–200	0	0
20–30	67	9,9	200–210	0	0
30–40	42	6,2	210–220	7	1,0
40–50	24	3,5	220–230	0	0
50–60	13	1,9	230–240	8	1,2
60–70	27	4,0	240–250	0	0

70–80	7	1,0	250–260	8	1,2
80–90	13	1,9	260–270	8	1,2
90–100	0	0	270–280	20	2,9
100–110	3	0,4	280–290	0	0
110–120	1	0,1	290–300	21	3,1
120–130	1	0,1	300–310	22	3,4
130–140	0	0	310–320	20	2,9
140–150	2	0,3	320–330	16	2,3
150–160	13	2,9	330–340	43	6,3
160–170	5	0,7	340–350	46	6,7
170–180	1	0,1	350–360	78	11,5

Требуется:

1. Найти характеристики положения угловых величин: выборочное круговое среднее направление, выборочную круговую медиану, выборочную круговую дисперсию.

2. Построить гистограмму частот и диаграмму розы наблюдений.

Задача 4. При изучении гидротермального свинцово-цинкового месторождения в гранитах высказано предположение, что на интенсивность процесса рудоотложения влияла степень прерудного метасоматического изменения пород. Для проверки этой гипотезы результаты опробования на свинец по 43 разведочным пересечениям были разделены на три группы: в слабо измененных (уровень A_1), в средне измененных (уровень A_2) и сильно измененных (уровень A_3) гранитах.

№ замера i	Уровни факторов A		
	A_1	A_2	A_3
	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}
1	1,17	2,28	1,80
2	1,52	2,46	2,38
3	1,90	0,88	2,62
4	1,76	2,03	2,91
5	1,54	1,22	1,60
6	0,63	2,29	2,83
7	2,30	1,80	2,13
8	1,32	1,79	2,06

9	0,94	1,61	2,23
19	1,15	2,30	3,06
11	0,75	2,60	1,86
12	2,49	1,76	1,92
13	2,14	2,14	2,16
14	1,62	2,73	2,27
15	1,40		

Требуется: выполнить в электронных таблицах *Excel* расчеты по схеме однофакторного дисперсионного анализа для случая неодинакового числа испытаний для каждого уровня фактора.

Задача 5. Для снижения затрат на разведку на одном из участков россыпного месторождения золота часть шурфов (примерно каждый второй) была заменена скважинами ударно-канатного бурения.

Выработка А (скважины)		Выработка Б (шурфы)	
№п/п	Содержание Au, м ² /м ³	№п/п	Содержание Au, мг/м ³
1	322	1	431
2	250	2	397
3	225	3	462
4	315	4	457
5	399	5	251
6	348	6	221
7	192	7	548
8	375	8	478
9	381	9	299
10	538	10	541
11	198		
12	317		
13	293		

Требуется: используя непараметрический критерий Вилкоксона, проверить гипотезу о равенстве средних содержаний золота по шурфам и скважинам.

Варианты контрольной работы (для ЗСО)

Вариант	Вопросы
1	1. Геологические данные, объекты изучения, задачи, решаемые с применением математических методов. 2. Множественная корреляция.
2	1. Геологические модели. 2. Однофакторный дисперсионный анализ.
3	1. Первичные понятия и теоремы теории вероятностей. 2. Двухфакторный дисперсионный анализ.
4	1. Случайные величины и их числовые характеристики. 2. Регрессионный анализ. Понятия и задачи.
5	1. Функции распределения вероятностей случайных величин. 2. Линейная и нелинейная регрессия.
6	1. Выборочное распределение и его основные характеристики. 2. Множественная регрессия.
7	1. Оценка параметров генеральной совокупности. 2. Обработка данных с помощью скользящего окна.
8	1. Задачи геологии и геохимии, решаемые с применением математических методов и ПЭВМ. 2. Основные статистические гипотезы и критерии их оценки, применяемые при обработке геолого-геохимических данных.
9	1. Теоретическое распределение и расчет его частот. 2. Интерполяция геологических данных на регулярную сеть методом сеток.
10	1. Парная корреляция. 2. Тренд анализ.
11	1. Факторный анализ в геологии. 2. Методы построения геохимических карт.
12	1. Корреляционный анализ в геологии. 2. Основные статистические характеристики распределения, применяемые в геологии при оценке распределения химических элементов в геологических образованиях.

IX. КОМПЛЕКТ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

Билеты к зачету

Билет №1

1. Свойства геологических объектов.
2. Примеры математических моделей.
3. Свойства геологических объектов как независимые случайные величины.
4. Графическое изображение системы двух случайных величин.
5. Эллипс рассеяния.
6. Оценка различия между геологическими объектами.
7. Дендрограмма.
8. Сплайн-модель.
9. Проанализированы две серии проб базальтов из различных потоков вулкана. Средние содержания кремнезема составляют соответственно 50,35 и 49,76 %, дисперсии содержаний 4,16 и 3,32, число проб 20 и 25. Нужно установить, различаются ли базальты по содержанию кремнезема.
10. Даны данные о доле цемента (%) в слабосцементированных песчаниках нефтеносного пласта чокракского горизонта.

№ интервала	Середины интервалов (x_j)	Частота
1	0,5	14
2	1,5	8
3	2,5	4
4	3,5	2
5	4,5	2

а) Построить гистограмму распределения данных в координатах: длина интервалов m (числовая ось значений исходных данных) – частота интервалов n_j (число значений совокупности, попавших в каждый интервал) или доля значений каждого интервала в совокупности (частость или выборочная вероятность интервала p_j).

б) Вычислить основные статистические показатели:

- Оценку математического ожидания или выборочное среднее (начальный момент первого порядка).
 - Оценку дисперсии или центрального момента второго порядка (по выборочным данным).
 - Оценку среднеквадратичного отклонения.
 - Несмещенную оценку среднеквадратичного отклонения.
 - Оценку центрального момента третьего и четвертого порядков.
 - Асимметрию выборочного массива.
 - Эксцесс.
 - Энтропию.
- с) Определить доверительные интервалы оценки среднего значения совокупности данных.

**Х. КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ КАДРАМИ
ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА**

Ф.И.О. должность	Ученая степень и ученое звание	Вид занятия
Чалкина Н.А., доцент	к.п.н.	Лекция
Чалкина Н.А., доцент	к.п.н.	Практическое занятие