



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Кафедра геологии нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ  
Декан Геологического факультета  
С.П. Примица  
«21» 03 2019 г.



Рабочая программа дисциплины

Б1.Б.24 Математические методы моделирования в геологии

Специальность: 21.05.02 « Прикладная геология»  
Специализация: «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных  
ископаемых»  
Квалификация выпускника: горный инженер-геолог  
Форма обучения: заочная

Согласовано с УМК  
Геологического факультета  
Протокол № 6 от «21» 03 2019 г.  
Председатель \_\_\_\_\_  
А.Ф. Летникова

Рекомендовано кафедрой геологии нефти и  
газа:  
Протокол № 7  
От «21» 03 2019 г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
С.П. Примица

Иркутск 2019 г.

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Требования к результатам освоения дисциплины
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
  - 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины
  - 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами
  - 5.3 Разделы и темы дисциплин и виды занятий
  - 5.4 Перечень лекционных занятий
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
  - 6.1. План самостоятельной работы студентов
  - 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:
  - а) основная литература;
  - б) дополнительная литература;
  - в) программное обеспечение;
  - г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.
10. Образовательные технологии
11. Оценочные средства (ОС)

## 1. Цели и задачи дисциплины:

Цель: подготовка специалистов для решения геологических задач при помощи математических методов.

Задачи: анализ геологической информации, проверка статистических гипотез, интерпретация результатов и формулировка выводов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

1. После изучения данной дисциплины студенты приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых

2. Применять математические, естественно-научные, социально-экономические и инженерные знания в профессиональной деятельности

3. Ответственно использовать в практической деятельности инновационные методы, средства, технологии, следуя принципам эффективности и безопасности технологических процессов в глобальном, экономическом, экологическом, и социальном контексте

4. Иметь критическую осведомленность о передовых знаниях в профессиональной сфере. Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей и методов проектирования для решения инженерных задач. Знание современных проблем.

5. Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов на основе современных методов моделирования и компьютерных технологий

6. Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой для решения профессиональных задач в соответствии с требованиями корпоративной культуры предприятия и толерантности

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина относится к базовой части, опирается на математику, информатику, математическую статистику, теорию вероятностей и предназначена для студентов, обучающихся по специальности «Прикладная геология». Для успешного освоения дисциплины студенты должны владеть знаниями в объеме, предусмотренном в ОПОП «Прикладная геология», по математике, химии, общей геологии, основам учения о полезных ископаемых, иметь представление о методике поисков месторождений полезных ископаемых.

Полученные знания будут использоваться для научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы. Трудоёмкость – 3 зет.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В процессе освоения дисциплины студентов приобретут следующие компетенции: способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);

применением основных методов, способов и средств получения, хранения и обработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК-8);

В результате изучения дисциплины студент должен:

| Знать                                                                          | Уметь                                                  | Владеть методами                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Математический анализ, основы теории вероятностей и математической статистики. | Ориентироваться в справочной математической литературе | Математическими методами решения геологических задач, создания мат. моделей |
| Методы прогнозирования и поисков полезных ископаемых                           | Методы прогнозирования и поисков полезных ископаемых   | Навыками применения поисковых методов при полевых исследованиях             |
| Передовые технологии                                                           | Применять передовые                                    | Использования                                                               |

|                                                |                                                                               |                                                                                 |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| поисков и разведки твердых полезных ископаемых | достижения при планировании геологоразведочных работ на полезные ископаемые   | передовых научно-технических достижений при выполнении геологоразведочных работ |
| Компьютерное моделирование геохимических полей | Моделировать структуру геохимического поля                                    | Моделирования структуры аномальных геохимических полей                          |
| Комплексирование поисковых методов             | Работать в команде по проектированию и реализации комплекса поисковых методов | Участия в комплексном поисковом проекте                                         |

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                        | Всего часов / зачетных единиц | Курс |     |   |   |
|-------------------------------------------|-------------------------------|------|-----|---|---|
|                                           |                               | 5    |     |   |   |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | 14                            | 14   |     |   |   |
| В том числе:                              |                               |      | -   | - | - |
| Лекции                                    | 4                             | 4    |     |   |   |
| Практические занятия (ПЗ)                 | 10                            | 10   |     |   |   |
| КСР                                       |                               |      |     |   |   |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>     | 90                            | 90   |     |   |   |
| В том числе:                              |                               |      | -   | - | - |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i> | 90                            | 90   |     |   |   |
|                                           |                               |      |     |   |   |
| Вид промежуточной аттестации              | зачет                         | 4    |     |   |   |
| <b>Контактная работа (всего)</b>          | 23                            | 23   |     |   |   |
| Общая трудоемкость                        | часы                          | 108  | 108 |   |   |
|                                           | зачетные единицы              | 3    | 3   |   |   |

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины. Все разделы и темы нумеруются.

###### Введение

Роль и значение математических методов в повышении эффективности геологоразведочных работ. Использование математических методов для обработки геологических данных в 19 - 20 в.в. Современное состояние и проблемы математической геологии.

###### 5.1.1 Понятие о геолого-математическом моделировании свойств геологических объектов

Необходимость использования моделей при изучении геологических объектов и явлений. Принципы и методы геолого-математического моделирования. Геологические совокупности: изучаемая, опробуемая, выборочная. Требования, предъявляемые к выборочной совокупности

###### 5.1.2 Основы теории вероятности

Понятие о достоверном, невозможном и случайном событиях. Частота, частость, вероятность появления события. Закон распределения случайной величины и способы его задания. Интегральная и дифференциальная функции распределения случайной величины. Графическое изображение вероятности события попадания случайной величины в заданный интервал ее значений. Параметры распределения случайной величины: математическое ожидание, мода, медиана, дисперсия, стандарт, коэффициент вариации, коэффициенты асимметрии и эксцесса.

Возможные формы кривых распределения случайной величины. Некоторые теоретические законы распределения: нормальный, логнормальный, биномиальный, Пуассона; области их использования в геологической практике. Понятие о стандартном нормальном распределении. Кривая Гаусса.

### **5.1.3 Статистика случайных величин**

#### **5.1.3.1 Статистические оценки неизвестных параметров распределения**

Понятие о точечных и интервальных оценках параметров. Требования к качеству точечных оценок. Оценки математического ожидания, дисперсии, асимметрии и эксцесса по выборочным данным при различных законах распределения.

Точность оценок параметров. Построение доверительных интервалов оценок математического ожидания для различных доверительных вероятностей. Использование таблиц 2-распределения для вычисления интервальной оценки дисперсии.

#### **5.1.3.2 Построение статистических решений**

Понятие о статистических гипотезах. Основная (нулевая) и конкурирующая (альтернативная) гипотезы. Задачи проверки гипотез как сопоставление принятой гипотезы с выборочными данными.

Ошибки 1-го и 2-го рода и вероятности их появления. Понятия о доверительной и критической областях критерия, об уровне значимости критерия относительно проверяемой гипотезы и мощности критерия относительно конкурирующей гипотезы.

#### **5.1.3.3 Проверка некоторых типовых статистических гипотез**

Проверка гипотез о функциях распределения с помощью критерия Пирсона. Упрощенный способ проверки гипотез о соответствии эмпирического распределения нормальному (логнормальному) закону с помощью оценок асимметрии и эксцесса.

Проверка гипотез о равенстве двух дисперсий с помощью критерия Фишера. Проверка гипотез о равенстве неизвестного среднего заданному значению. Проверка гипотез о равенстве двух неизвестных средних. Критерий Стьюдента (Вэлча).

Использование гипотез о равенстве средних значений при сравнении двух и более геологических объектов.

**5.1.3.4 Исследование различий между геологическими объектами** Проверка гипотезы об однородности изучаемого объекта. Подразделение общей задачи на три подзадачи: а) выявление аномальных значений, б) разделение неоднородных выборочных совокупностей на ряд однородных, в) оценка степени влияния различий факторов на характер изменчивости свойств объекта (дисперсионный анализ).

### **5.1.4 Корреляционные зависимости между двумя случайными величинами**

#### **4.1.4.1 Выявление формы связи между двумя случайными величинами**

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.

#### **5.1.4.2 Выявление тесноты связи между двумя случайными величинами**

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.

### **5.1.5 Многомерные геолого-математические модели**

Необходимость использования многомерных моделей при изучении геологических

объектов и явлений. 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.

Кластер-анализ. Каноническая корреляция. Распознавание образов, линейные дискриминантные функции. Множественная регрессия. Факторный анализ.

Использование многомерного корреляционного анализа в геологии.

#### **5.1.6 Пространственная изменчивость свойств геологических объектов**

Горно-геометрическое моделирование. Моделирование пространственной изменчивости с помощью топоповерхностей. Закономерная и случайная составляющие изменчивости. Сглаживание наблюдений методом П.Л.Каллистова.

Тренд-анализ. Методы проверки гипотез о наличии тренда. Аппроксимация поверхностей тренда полиномами различных порядков. Анализ остатков тренда. Применение тренд-анализа в геологии. Построение поверхностей тренда с использованием компьютерных программ.

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.

#### **5.1.7 Модели типа случайных функций**

Случайные процессы и случайные последовательности в геологии. Понятие о случайной функции и ее характеристиках: математическом ожидании, дисперсии, автокорреляционной функции. Стационарные и эргодические случайные функции. Коэффициент автокорреляции и области его использования в геологии.

Полигармонические случайные функции. Спектральная плотность дисперсии и спектр амплитуд. Выявление периодической составляющей изменчивости геологических объектов. Области применения случайных функций и гармонического анализа в геологии.

В процессе освоения теоретических вопросов дисциплины студенты самостоятельно прорабатывают литературные источники, в соответствии с предложенным ниже списком. При изучении конкретных разделов необходимо обратить внимание на следующие принципиальные моменты.

#### **Понятие о геолого-математическом моделировании свойств геологических объектов.**

При изучении этого раздела необходимо усвоить, что моделированию в геологии подвергаются не сами объекты, а наблюдаемая изменчивость их свойств. Поскольку характер этой наблюдаемой изменчивости зависит не только от природы объекта, но и от детальности проведенных геологических работ, надо четко представлять себе, насколько достоверны данные, на которые мы опираемся при различных геологических построениях. В этой связи необходимо усвоить понятие о геологической совокупности. Следует всегда помнить, что о всей изучаемой геологической совокупности мы судим по данным ограниченной выборочной совокупности. Поэтому всегда надо отдавать себе отчет в том, насколько выборка представительна по отношению к изучаемой совокупности. Возможность распространения выводов, полученных по выборочным данным, на всю геологическую совокупность обеспечивается применением математической статистики - науки о закономерностях, которым подчинены массовые случайные явления. Теоретической базой статистики является теория вероятностей.

#### **Основы теории вероятности**

Здесь следует обратить внимание на то, что переход от нормального распределения к стандартному нормальному заключается в переносе центра распределения в начало координат с выражением случайной величины в долях ее стандарта:

$$t = \frac{x - M x}{\delta}$$

Необходимость такого преобразования заключается в том, что вычисление вероятностей непосредственно по формуле функции нормального распределения представляет собой очень трудоемкую операцию, а составить таблицы для всех значений  $-\infty < x < +\infty$  не представляется возможным. Такие таблицы составлены для нормированной величины  $t$ . Необходимо научиться пользоваться таблицами  $F(t)$ ,  $\Phi(t)$ ,  $f(t)$  и давать геометрическую интерпретацию получаемым из таблиц вероятностям. Для определения вероятности попадания случайной величины в заданный интервал значений следует также научиться пользоваться модулем «Вероятностный калькулятор» программы Statistica.

Необходимо освоить некоторые приемы, позволяющие преобразовывать асимметричные эмпирические распределения в распределение, соответствующее нормальному закону.

### **Статистика случайных величин**

#### **Статистические оценки неизвестных параметров**

Необходимо четко уяснить себе, что выборочные оценки математического ожидания, дисперсии, асимметрии, эксцесса представляют из себя случайные величины, характеризующиеся определенными интервалами разброса значений, внутри которых находятся (с заданной вероятностью) истинные значения этих параметров. Чем меньше число наблюдений и выше доверительная вероятность, тем больше интервал разброса, т.е. тем ниже точность оценки параметров.

Следует помнить, что выборочная дисперсия, являющаяся случайной величиной, значения которой представляют собой суммы квадратов также случайных величин, подчиняется специфическому закону распределения –

$\chi^2$  - распределению. Для нахождения доверительного интервала оценки дисперсии следует научиться пользоваться таблицами  $\chi^2$  - распределения. Для вычисления выборочных оценок неизвестных параметров распределения следует использовать модуль BasicStatistics программы Statistica.

#### **Построение статистических решений**

При выборе уровня значимости критерия всегда надо иметь в виду, что уменьшая уровень значимости (то есть, уменьшая вероятность ошибки 1-го рода), мы увеличиваем вероятность ошибки 2-го рода. Поэтому критическую точку следует выбирать таким образом, чтобы вероятности ошибок 1-го и 2-го рода были сопоставимы.

#### **Проверка некоторых типовых статистических гипотез**

Следует иметь в виду, что параметрические критерии Стьюдента и Фишера используются только при соответствии распределения нормальному (логнормальному) закону. Если такое соответствие не устанавливается, следует воспользоваться непараметрическими (ранговыми) критериями (Манна-Уитни, Вилкоксона, Ван-дер-Вардена, Сиджела-Тьюки).

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения можно осуществлять на основе оценок асимметрии и эксцесса: если отношения  $A/\sqrt{\frac{6}{N}}$  и  $E/\sqrt{\frac{24}{N}}$  по абсолютной величине не превышают 3, то распределение не противоречит нормальному закону. В более общем виде для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения какому-либо закону следует использовать критерий Пирсона.

#### **Исследование различий между геологическими объектами**

В этом разделе очень важно усвоить, что полную дисперсию (изменчивость) признака можно разложить на составные части, обусловленные влиянием различных факторов. Дисперсионный анализ позволяет оценить степень влияния каждого из факторов на общую изменчивость признака и, следовательно, прогнозировать эту изменчивость в зависимости от поведения внешних факторов.

### **Корреляционные зависимости между случайными величинами.**

**Выявление формы связи между двумя случайными величинами** Необходимо иметь в виду, что связь между двумя величинами может быть линейной и нелинейной. Поскольку уравнения прямой линии наиболее просты, всегда следует выявлять причины нелинейности корреляционной связи и стараться привести форму связи к линейной. Для этого можно использовать различные способы преобразования исходных данных, например, логарифмирование, разбивку неоднородной выборки на ряд однородных и т.д.

### **Выявление тесноты связи между двумя случайными величинами**

Теснота линейной корреляционной связи между двумя величинами, в случае соответствия их распределения нормальному закону, оценивается с помощью параметрического коэффициента корреляции Пирсона. Если закон распределения не соответствует нормальному, следует использовать непараметрические (нечувствительные к виду распределения) показатели, например, ранговый коэффициент корреляции Спирмена. В том случае, когда связь нелинейная, она может существовать и при равенстве коэффициента корреляции нулю. В этом случае для суждения о тесноте связи используется корреляционное отношение - показатель, оценивающий долю закономерностей составляющей в общей дисперсии признака.

Связь между несколькими случайными величинами отражается в виде корреляционной матрицы. На анализе структуры корреляционных матриц основаны методы многомерного моделирования и распознавания образов. Теснота корреляционной связи между качественными параметрами (цвет, форма, промышленный тип месторождения и т.д.) может быть установлена с помощью коэффициента сопряженности.

### **Многомерное моделирование**

Необходимо помнить, что основной идеей всех методов группирования и классифицирования является разделение корреляционной матрицы на группы таким образом, чтобы внутри групп связь была максимальной, а между группами - минимальной. Методы группирования можно разбить на два класса: а) методы кластеризации переменных и б) методы кластеризации наблюдений. Они используются как в целях классифицирования, так и дискриминации.

Классифицирование сводится к объединению в группы (классы) коррелирующихся между собой переменных или наблюдений. Методы дискриминации (расознавания образов) основаны на том, что изучаемый геологический объект относится к одной из эталонных (обучающих) совокупностей. При решении названных задач каждый из рассматриваемых методов обладает определенными достоинствами и недостатками. Необходимо научиться правильно выбирать метод (комплекс методов) для решения конкретной геологической задачи. Всегда следует помнить, что все рассматриваемые методы анализа структуры корреляционных матриц выявляют только линейные взаимосвязи.

### **Моделирование пространственной изменчивости свойств геологических объектов.**

#### ***Горно-геометрическое моделирование и тренд-анализ***

Необходимо иметь достаточно четкое представление о достоинствах и недостатках моделей П.К.Соболевского и П.Л.Каллистова. Следует помнить, что тренд-анализ позволяет изображать в виде поверхностей закономерную часть изменчивости различных порядков. В пределе, очевидно, возможен подбор аппроксимирующей поверхности бесконечно высокого порядка, которая учитывала бы 100% всей изменчивости признака, но на практике обычно ограничиваются 3-4 порядками. Анализ остатков от тренда, то есть отклонений от поверхностей тренда, всегда следует производить исходя из геологических соображений. Нередко эти отклонения ("аномалии") можно непосредственно использовать в поисковых целях. Следует стремиться дать геологическую интерпретацию поверхностям тренда различных порядков. Если это удастся сделать, информативность метода и его прогнозно-поисковое значение резко возрастают.

#### ***Моделирование дискретных полей***

Данную проблему можно подразделять на две задачи: а) проверка гипотезы о



случайном расположении объектов (общая задача), б) выделение областей относительного сгущения или разрежения объектов (локальная задача). Для решения этих задач используются специальные палетки в виде концентрических кругов или квадратов. По соотношению количества объектов в большей и меньшей фигурах судят о наличии областей относительного сгущения или разрежения точек, используя биномиальный закон распределения для заданной доверительной вероятности.

#### Модели типа случайных функций

Следует иметь в виду, что любая серия геологических наблюдений может рассматриваться как одна из реализаций случайной функции. Если эта функция обладает свойствами стационарности и эргодичности, ее параметры могут быть вычислены всего по одной реализации. Одной из важных и специфических характеристик случайной функции является функция автокорреляции, значения которой зависят от расстояния между сечениями случайной функции. По виду функции автокорреляции мы можем судить о наличии как тренда, так и периодической пространственной изменчивости. В последнем случае для описания свойств объекта следует использовать модель полигармонической случайной функции.

Для вычисления значений параметров объекта в любой точке пространства создан специальный раздел математической геологии – геостатистика. Ключевым для геостатистики является понятие регионализованной переменной, которая имеет свойства, промежуточные между свойствами полностью случайных величин и полностью детерминированных переменных. Вычисление значений этих переменных в любой точке рассматриваемого пространства производится с использованием процедуры кригинга.

### 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с последующими дисциплинами

| № п/п | Наименование последующих дисциплин               | №№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения последующих дисциплин |        |        |        |        |        |
|-------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       |                                                  |                                                                                     |        |        |        |        |        |
| 1.    | Современные проблемы геологии                    |                                                                                     | 5.1.2  | 5.1.3. | 5.1.4. | 5.1.5  |        |
| 2.    | Петрография магматических работ докембрия Сибири | 5.1.1.                                                                              |        |        | 5.1.4. |        |        |
| 3     | Лабораторные и аналитические методы в геологии   | 5.1.1.                                                                              | 5.1.2. |        |        |        | 5.1.6. |
| 4     | Современные виды региональных исследований       |                                                                                     |        | 5.1.3. |        | 5.1.5. | 5.1.6. |

### 5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела /Темы                                                    | Виды занятий в часах |             |        |           |     |       |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|--------|-----------|-----|-------|
|       |                                                                               | Лекц.                | Практ. зан. | Семина | Лаб. зан. | СРС | Всего |
| 1.    | Понятие о геолого-математическом моделировании свойств геологических объектов | 0,5                  | 2           |        |           | 10  | 12,5  |
| 2.    | Основы теории вероятностей                                                    | 0,5                  | 2           |        |           | 4   | 6,5   |

|    |                                                              |     |   |  |  |    |      |
|----|--------------------------------------------------------------|-----|---|--|--|----|------|
| 3. | Статистика случайных величин                                 | 0,5 | 2 |  |  | 10 | 12,5 |
| 4. | Корреляционные зависимости между двумя случайными величинами | 0,5 | 4 |  |  | 10 | 14,5 |
| 5. | Многомерные геолого-математические модели                    | 1   | 2 |  |  | 10 | 13   |
| 6. | Пространственная изменчивость свойств геологических объектов | 0,5 | 2 |  |  | 15 | 17,5 |
| 7. | Модели типа случайных функций                                | 0,5 | 2 |  |  | 15 | 17,5 |

#### 5.4 перечень лекционных занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины                               | Наименование используемых технологий | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства              | Формируемые компетенции |
|-------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1.    | Математические методы моделирования в геологии и геохимии | Мультимедиа-проектор                 | 0,5                 | Опрос                           | ОК-1,3<br>ОПК-8         |
| 2.    | Случайные величины и их распределении                     | Компьютерный класс                   | 0,5                 | Лабораторные работы,            | ОК-1,3<br>ОПК-8         |
| 3.    | Выборка в геологических исследования                      | Компьютерный класс                   | 0,5                 | Лабораторные работы, коллоквиум | ОК-1,3<br>ОПК-8         |
| 4     | Нормальное и логнормальное распределения                  | Компьютерный класс                   | 0,5                 | Лабораторные работы,            | ОК-1,3<br>ОПК-8         |
| 5     | Биномиальный закон распределения                          | Компьютерный класс                   | 0,5                 | Лабораторные работы,            | ОК-1,3<br>ОПК-8         |
| 6     | Распределение Пуассона и распределения с гамма-функцией   | Мультимедиа-проектор                 | 0,5                 | Коллоквиум                      | ОК-1,3<br>ОПК-8         |
| 7     | Типы оценок и методы оценивания                           | Мультимедиа-проектор                 | 0,5                 | опрос                           | ОК-1,3<br>ОПК-8         |
| 8     | Проверка статистических гипотез                           | Мультимедиа-проектор                 | 0,5                 | Лабораторные работы             | ОК-1,3<br>ОПК-8         |

#### 6. Перечень практических занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины (модуля) | Наименование семинаров, практических и лабораторных работ | Трудоемкость (час.) | Оценочные средства | Формируемые компетенции |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| 1     | 2                                    | 3                                                         | 4                   | 5                  | 6                       |
| 1.    | Раздел 5.1.                          | Общие сведения о математическом моделировании в геологии  | 4                   | Зачет              | ОК-1,3<br>ОПК-          |

|    |             |                                                            |   |       |                 |
|----|-------------|------------------------------------------------------------|---|-------|-----------------|
|    |             |                                                            |   |       | 8               |
| 2  | Раздел 5.2. | Статистический анализ данных в геологии                    | 4 | Зачет | ОК-1,3<br>ОПК-8 |
| 3. | Раздел 5.3. | Факторный анализ и Корреляционные методы в геологии        | 4 | Зачет | ОК-1,3<br>ОПК-8 |
| 4  | Раздел 5.4. | Теоретические основы моделирования тел полезных ископаемых | 4 | Зачет | ОК-1,3<br>ОПК-8 |

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

| № нед. | Тема                                                                          | Вид самостоятельной работы | Задание                        | Рекомендуемая литература | Количество часов |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------|
| 1      | Основы теории вероятностей                                                    | Аудиторное, внеаудиторное  | Проработка литературы и лекций | Лабораторные работы      | 10               |
| 2      | Статистика случайных величин                                                  | Аудиторное, внеаудиторное  | Проработка литературы и лекций | Лабораторные работы      | 19               |
| 3      | Многомерные геолого-математические модели                                     | Аудиторное, внеаудиторное  | Проработка литературы и лекций | Лабораторные работы      | 20               |
| 4      | Пространственная изменчивость свойств геологических объектов                  | Аудиторное, внеаудиторное  | Проработка литературы и лекций | Лабораторные работы      | 15               |
| 5      | Понятие о геолого-математическом моделировании свойств геологических объектов | Аудиторное, внеаудиторное  | Проработка литературы и лекций | Опрос                    | 20               |

### 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов проводится для закрепления основных разделов лабораторных занятий данной дисциплины. Бакалаврам геологии прививаются навыки систематизации фактического материала, построения на этой основе выводов об условиях и механизмах образования горных пород, расшифровке истории их эволюции.

Моделирование осуществляется на программном комплексе «Селектор»

Прежде чем приступить к практическому моделированию, студент должен сформулировать ответы на следующие вопросы:

- каков химический состав исследуемого объекта
- из каких веществ (компонентов, минералов, соединений) состоит исследуемый объект?

- каковы независимые параметры существования моделируемой системы (температура, объем, давление и т.д.)?
- как взаимосвязана система с окружающей средой?
- открыта она или закрыта, и, если открыта, то в отношении каких параметров состояния?

На начальной стадии организации самостоятельной работы студент должен сформулировать задачу исследования. Затем производится описание внешних условий (независимых параметров состояния), в которой находится система, ее химический состав. Затем формируется набор фаз, образование которых вероятно в данной системе. Требуется также определить, какие параметры системы необходимо рассчитать.

затем следует формирование модели, описанное в учебном пособии (Бычинский В.А., Исаев В.П., Тупицын А.А. Физико-химическое моделирование в нефтегазовой геохимии. Ч. 2. Модели гетерогенных систем: Учебное пособие. – Иркутск: Иркут.ун-т, 2004. – 158 с.)

### **7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)**

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

#### **• а) основная литература:**

1. Ворошилов В.Г. Математическое моделирование в геологии. - Томск: Изд-во ТПУ, 2001. - 124 с.
2. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. -М.:Недра, 1990. - 251с.
3. Дж.С.Дэвис Статистический анализ данных в геологии, Кн. 1, 2.//Пер. с англ. В.А.Голубевой.-М.:Недра,1990. - 319с., 427с.

#### **• дополнительная литература:**

1. Белонин М.Д., Голубева В.А., Скублов Г.Т. Факторный анализ в геологии. – М.: Недра, 1982. – 269 с.
  2. Боровко Н.Н. Статистический анализ пространственных геологических закономерностей. – Л.: Недра, 1971. – 174 с.
  3. Бондаренко В.Н. Статистические решения некоторых задач геологии. – М.: Недра, 1970. – 248 с.
  4. Вистелиус А.С. Основы математической геологии. – Л.: Наука, 1980. – 389 с.
  5. Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические методы в геологии. – М.:Мир, 1969. – 398 с.
  6. Математическая статистика//Под ред. А.М.Длина. – М.: Высшая школа, 1975. – 398с.
  7. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М.: Мир, 1968. – 408 с.
  8. Миллер Р.А., Кан Дж.С. Статистический анализ в геологических науках. – М.: Мир, 1965. – 482с.
  9. Родионов Д.А. Статистические решения в геологии. - М.:Недра, 1981. – 231с.
  10. Серебренников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. – М.:Наука, 1965. – 244с.
  11. Смирнов Б.И. Корреляционные методы при парагенетическом анализе. – М.: Недра, 1981. – 197с.
  12. Справочник по математическим методам в геологии. М.: Недра, 1987. – 212 с.
  13. Четвериков Л.И. Теоретические основы моделирования тел твердых полезных ископаемых. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1968. – 152 с.
- в) программное обеспечение

#### **• программное обеспечение и Internet-ресурсы:**

- электронные таблицы Excel;
- программный комплекс Statistica for Windows;
- программа ArcView;
- программа построения поверхностей Surfer
- пакет графических программ CorelDraw

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- <http://www.exponenta.ru/educat/class/courses>
- <http://www.statsoft.ru/>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Компьютерный класс геологического факультета (ауд. 221).

В компьютерном классе установлен электронный вариант «Атлас всех нефтегазовых месторождений мира» MillenniumEnergyAtlasThePetroleumEconomistLTD. 2000 г.

Мультимедийный проектор, ноутбук, экран. Оверхед и серия копий фрагментов для демонстраций к лабораторным занятиям.

## **10. Образовательные технологии:**

Применяется второй тип образовательной технологии - «преподаватель - аудитория» т.е. диалогическая форма обращения с целью мобилизации, просвещения в контексте профессиональной направленности. Основная форма общения с большой аудиторией лекция. При таком типе важную роль играет момент рациональной подачи материала и новой информации. Этот тип аудиторного обучения характерен для высшей школы. На семинарах возможно применение третьего типа «учитель - группа», с непосредственной коммуникацией между группой обучаемых.

## **11. Оценочные средства (ОС):**

### **11.1. Оценочные средства для входного контроля**

Оценочным средством для входного контроля бакалавров геологии является собеседование.

### **11.2. Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета.**

Оценка текущей успеваемости и итоговой аттестации студентов осуществляется по результатам:

- устного опроса всех студентов на практических занятиях для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины;
- анализа и обсуждения подготовленных студентами докладов к коллоквиуму;
- выполнения лабораторных работ;
- итогового экзамена.

Текущий и рубежный контроль проводится в виде коллоквиумов (конференц-неделя). Итоговой контроль (экзамен) проводится в письменной форме.

Для оценки качества знаний во время текущей и итоговой аттестации подготовлен банк контролируемых материалов, который включает около 100 вопросов по всем разделам дисциплины. Кроме того, в экзаменационные билеты обязательно включаются расчетные задачи.

### **11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме экзамена или зачета).**

Форма итогового контроля по данной дисциплине – зачёт с оценкой. .

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

| № п/п | Вид контроля        | Контролируемые темы (разделы)                 | Компетенции, компоненты которых контролируются |
|-------|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1     | Текущий контроль    | подготовка тестовых физико-химических моделей | ОК-1,3 ОПК-8                                   |
| 2     | Итоговая аттестация | вопросы к зачету                              | ОК-1,3 ОПК-8                                   |

## ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Какова роль математических методов в решении геологических задач?
2. Что такое выборка?
3. Какие требования предъявляются к выборочным данным?
4. Что такое вероятность случайного события?
5. Что такое закон распределения случайной величины?
6. Какие законы распределения обычно используются при моделировании геологических объектов и явлений?
7. Свойства нормального закона распределения.
8. Как определить вероятность попадания случайной величины в заданный интервал значений?
9. Что называется оценкой параметра распределения?
10. Что такое точечная оценка параметров распределения?
11. Как вычисляются оценки математического ожидания и дисперсии при логнормальном законе распределения?
12. Как вычисляется оценка асимметрии при биномиальном распределении?
13. Как вычисляются интервальные оценки среднего и дисперсии при нормальном законе распределения?
14. В чем заключается необходимость использования статистических гипотез при моделировании свойств геологических объектов?
15. Что такое ошибки 1-го и 2-го рода при принятии гипотез?
16. Что такое доверительная и критическая области критерия?
17. Как выбирается уровень значимости критерия?
18. Как можно проверить гипотезу о соответствии эмпирического распределения одному из теоретических законов?
19. Как проверить гипотезу о равенстве двух неизвестных средних, если распределение не соответствует нормальному закону?
20. Как проверить гипотезу о равенстве двух неизвестных дисперсий, если распределение не соответствует нормальному закону?
21. Как можно графически оценить однородность выборки?
22. В чем сущность дисперсионного анализа?
23. В чем отличие корреляционной связи от функциональной?
24. Какие показатели характеризуют форму и тесноту корреляционной связи?
25. Как определить тесноту связи, если закон распределения неизвестен?
26. Как проверить гипотезу о линейности корреляционной связи?
27. В чем отличие корреляционной и ковариационной матриц?
28. Методы исследования структуры корреляционных матриц.
29. Что такое кластер-анализ?
30. Что такое факторный анализ?
31. В чем суть дискриминантного анализа?
32. Области применения многомерного корреляционного анализа в геологии.
33. Как разделить закономерную и случайную составляющие пространственной изменчивости?
34. В чем суть тренд-анализа?
35. Как выявить наличие тренда?
36. Что такое тренд поверхности и остатки тренда?
37. Как применяется тренд-анализ в моделировании зональности геологических объектов?
38. Как проверить гипотезу о случайном (или закономерном) размещении месторождений на площади?
39. Что такое случайная функция?

40. Какие характеристики случайной функции вы знаете?
41. Какая случайная функция называется стационарной и эргодичной?
42. Что такое коэффициент автокорреляции?
43. Как можно выявить периодическую составляющую в пространственной изменчивости свойств геологических объектов?
44. Что такое спектральная плотность дисперсии и спектр амплитуд?
45. Как применяются модели типа случайных функций в геологии?
46. Проблемы и перспективы использования математических моделей в геологии.
47. Методы многомерного моделирования геохимических полей.

Для практических задач создан фонд геолого-геохимической информации по десяткам рудных полей и месторождений России и СНГ общим объемом более 200 000 наблюдений. По указанию преподавателя студент решает практическую задачу, используя этот фонд.

*Примеры задач для оценки практических умений студентов:*

1) *Рядовая задача.* Выделить ассоциации химических элементов на площади Рябинового рудного поля R-методом факторного анализа. Анализ необходимо выполнить с использованием программного комплекса Excel со встроенным модулем Cluster-Win предварительно импортировав файл Rjabin.xls с результатами геохимического опробования из базы данных.

Предполагается защита практических работ.

Разработчики:

 доцент В.А. Бычинский

Программа рассмотрена на заседании кафедры геологии нефти и газа

«21» 03 2019 г.

Протокол № 7 Зав. кафедрой  доцент С.П. Примина

**Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**