

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Сибирская школа геонаук (119)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №29 от 10 апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕОРИЯ ФГМ»

Специальность: 21.05.03 Технология геологической разведки

Геофизические информационные системы

Квалификация: Горный инженер-геофизик

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Ланько Анна Викторовна
Дата подписания: 04.10.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Ланько Анна
Викторовна
Дата подписания: 04.10.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Паршин
Александр Вадимович
Дата подписания: 09.12.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Теория ФГМ» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-5 Способен выявлять приоритетные направления в области программно-информационного обеспечения геофизических исследований для планирования геофизических работ и оценивать перспективы развития минерально-сырьевой базы района работ	ПК-5.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-5.1	Способен выявлять приоритетные направления в области физико-геологического моделирования	Знать Знать основные виды и методы физико-геологического моделирования, современные подходы и тенденции развития в этой области. Уметь Уметь анализировать, выбирать и обосновывать приоритетные направления моделирования на основе данных и задач геологической разведки. Владеть Владеть навыками системного анализа, интеграции данных и использования специализированных программ для разработки и применения моделей.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Теория ФГМ» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Теоретические основы регистрации и обработки геолого-геофизических данных», «Геостатистика», «Месторождения полезных ископаемых»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Комплексная интерпретация геолого-геофизических данных», «Многомерное компьютерное моделирование»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 7

Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	16	16
лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля	
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)					
№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1.Введение	1	2								Собеседов ание
2	2.Методология физико- геологического моделирования	2	2	1	4						Собеседов ание
3	3. Формирование петрофизической модели объекта исследования	3	3	2, 3	8						Отчет по лаборатор ной работе
4	4.Формирование физико- геологической модели объекта	4	3	4, 5, 6, 7, 8	12			1	20		Отчет по лаборатор ной работе
5	5.Прямые задачи физико- геологического моделирования	5	3	9	4			3	20		Отчет по лаборатор ной работе
6	6. Использование ФГМ при планировании геофизического эксперимента	6	3	10	4			2	20		Отчет по лаборатор ной работе
	Промежуточная аттестация										Зачет
	Всего		16		32				60		

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	1.Введение	Цели и задачи стоящие перед курсом «Теория

		ФГМ»
2	2.Методология физико-геологического моделирования	Основные понятия. Классификация ФГМ. Основы методики моделирования. Иерархия моделей.
3	3. Формирование петрофизической модели объекта исследования	Статистический подход к анализу физических свойств горных пород. Выделение структурно-вещественных комплексов «СВК». Геометризация петрофизической модели объекта.
4	4.Формирование физико-геологической модели объекта	Статистический подход к анализу геофизических полей. Нормальное и аномальное геофизическое поле. Решение прямых задач геофизики Геометризация ФГМ модели объекта.
5	5.Прямые задачи физико-геологического моделирования	Детерминированные ФГМ. Статистические ФГМ. Стохастические ФГМ.
6	6. Использование ФГМ при планировании геофизического эксперимента	Динамические ФГМ. Количественные способы сравнения эффективности геофизических методов. Расчет оптимальных размеров сети наблюдений. Обоснование точности геофизических работ

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Статистический анализ физических свойств горных	4
2	Выделение СВК	4
3	Формирование петрофизической модели объекта поисков	4
4	Статистический анализ физических полей	4
5	Детерминированные ФГМ	2
6	Статистические ФГМ	2
7	Стохастические ФГМ	2
8	Динамические ФГМ	2
9	Количественные способы сравнения эффективности геофизических методов	4
10	Обоснование точности геофизических работ. Расчет оптимальной сети наблюдения	4

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов

1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	20
2	Подготовка к зачёту	20
3	Подготовка к практическим занятиям	20

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

1. Статистический анализ физических свойств горных пород

Цель: Изучить методы статистической обработки и интерпретации физических параметров пород.

Ход работы:

- Собрать выборку физических свойств пород.
- Вычислить основные статистические характеристики (среднее, дисперсию и др.).
- Построить распределения и выявить зависимости.

Ожидаемый результат: Анализ вариабельности и связей свойств пород для построения моделей.

2. Выделение Связанных Вариационных Компонент (СВК)

Цель: Определить основные компонентные структуры в данных путем снижения размерности.

Ход работы:

- Провести корреляционный анализ исходных данных.
- Применить методы главных компонент или факторный анализ.
- Интерпретировать полученные компоненты.

Ожидаемый результат: Выделение слушающих факторов, влияющих на исследуемые свойства.

3. Формирование петрофизической модели объекта поисков

Цель: Создать модель, описывающую физические свойства горных пород по данным исследований.

Ход работы:

- Систематизировать данные по физическим и химическим свойствам.
- Определить параметры модели и границы зон.
- Провести верификацию модели на основе эталонных данных.

Ожидаемый результат: Петрофизическая модель, воспроизводящая особенности объекта.

4. Статистический анализ физических полей

Цель: Анализ пространственных вариаций физических полей и выявление закономерностей.

Ход работы:

- Обработать пространственные данные физических полей.
- Построить карты распределения.
- Изучить вариационную структуру при помощи корреляционных функций.

Ожидаемый результат: Понимание структуры и зональных особенностей физических полей.

5. Детерминированные физико-геологические модели (ФГМ)

Цель: Изучить построение моделей с использованием детерминированных методов.

Ход работы:

- Ознакомиться с математическими основами детерминированного моделирования.
- Построить модель на основе имеющихся данных.
- Проанализировать чувствительность и точность моделей.

Ожидаемый результат: Надежная модель, отражающая физические законы и свойства объекта.

6. Статистические физико-геологические модели (ФГМ)

Цель: Исследовать методы моделирования с учетом случайных вариаций и неопределенности.

Ход работы:

- Использовать статистические методы (метод кrigинга, вариограммы).
- Построить статистическую модель распределения параметров.
- Проанализировать вероятностные характеристики.

Ожидаемый результат: Модель, учитывающая вариации и неопределенность в геологических данных.

7. Стохастические физико-геологические модели (ФГМ)

Цель: Применить стохастические подходы для описания сложных геологических процессов.

Ход работы:

- Изучить методы генерации случайных полей и процессов.
- Смоделировать геологическую структуру с помощью стохастических методов.
- Оценить надёжность и воспроизводимость моделей.

Ожидаемый результат: Стохастическая модель, отражающая пространственные неопределённости.

8. Динамические физико-геологические модели (ФГМ)

Цель: Изучить моделирование временных изменений физических процессов и свойств.

Ход работы:

- Освоить методы динамического моделирования (дифференциальные уравнения, численные методы).
- Построить модель эволюции геологических параметров во времени.
- Провести анализ чувствительности модели.

Ожидаемый результат: Модель, позволяющая прогнозировать динамику геологических процессов.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Краткие методические указания по курсу физико-геологического моделирования:

Подготовка к практическим занятиям: изучайте теоретический материал и методы моделирования, прорабатывайте примеры исследования физических свойств и моделей. Оформление отчетов: кратко излагайте цель, методы, результаты анализа и построения моделей, сопровождайте отчет визуализациями и оценками адекватности.

Проработка теории: повторяйте основные понятия физических свойств, видов и методов физико-геологического моделирования, особенности каждой модели.

Подготовка к зачёту: систематизируйте знания о статистических, детерминированных,

стохастических и динамических моделях, тренируйтесь отвечать на вопросы и решать практические задачи.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Каждый студент отвечает на один или несколько вопросов, давая развернутый, связный ответ, часто с примерами и пояснениями.

Примерные вопросы для обсуждения по каждой лабораторной работе:

1. Статистический анализ физических свойств горных пород

- Каковы основные статистические характеристики, используемые для анализа физических свойств?
- Как вариабельность свойств влияет на построение моделей?
- Какие методы выявления закономерностей применялись в анализе?
- Какие предположения делались при обработке данных?
- Как результаты анализа влияют на интерпретацию геологических структур?
- Какие ограничения существуют у используемых статистических методов?
- Как учитывать аномальные данные или выбросы?
- Каким образом статистический анализ связан с последующим моделированием?

2. Выделение структурно-вещественных комплексов (СВК)

- Как определить структуру выделяемых комплексов в данных?
- Какие критерии применялись для отнесения элементов к конкретному СВК?
- Как различные методы снижения размерности влияют на результат?
- Какие перспективы и ограничения метода выделения СВК?
- Как выделение СВК помогает в интерпретации геологических процессов?
- Влияние исходной выборки на качество выделения СВК?
- Возможна ли ошибка в интерпретации выделенных комплексов?

3. Формирование петрофизической модели объекта поисков

- Какие физико-химические свойства явились основой для модели?
- Как выбирались параметры модели и области их применимости?
- Какие данные и методы использовались для калибровки модели?
- Как оценивается адекватность петрофизической модели?
- В чем отличие данной модели от аналогичных в литературе?
- Какие предположения лежат в основе модели?
- Как использовать модель для прогнозирования свойств на неопределенных участках?

4. Статистический анализ физических полей

- Какие методы применялись для анализа пространственных вариаций?
- Как интерпретируются выявленные закономерности распределения?
- Что такое вариограммный анализ и как он использовался?
- Как влияют масштабы исследования на результаты?
- Как оценить качество и достоверность собранных данных?
- Какие источники погрешностей учитывались?
- Как результаты анализа помогают в дальнейшей разведке?

5. Детерминированные физико-геологические модели

- Какие основные допущения характеризуют детерминированные модели?
- Как отбирались входные параметры для построения моделей?
- Какие у модели существуют ограничения и преимущества?
- Какие математические методы были использованы?
- Как проводится оценка чувствительности модели?
- В чем заключаются ошибки при упрощениях в модели?
- Как модель сопоставляется с полевыми наблюдениями?

6. Статистические физико-геологические модели

- Как используются вероятностные методы при построении моделей?
- Что такое кригинг и почему он важен?
- Как проводится кросс-валидация модели?
- Какие виды неопределенности учитываются?
- В чем преимущество статистических моделей перед детерминированными?
- Какие данные требуются для построения статистической модели?
- Как интерпретировать результаты моделирования?

7. Стохастические физико-геологические модели

- В чем сущность стохастического подхода к моделированию?
- Как создаются случайные поля для моделирования?
- Как обеспечивается воспроизводимость стохастических моделей?
- Какие параметры влияют на вариабельность моделируемых процессов?
- Какие задачи в геологии особенно выигрывают от стохастики?
- Как оценить надежность стохастических предсказаний?
- Какие вычислительные средства применяются?

8. Динамические физико-геологические модели

- Какие процессы учитываются в динамическом моделировании?
- Какие математические методы используют для описания динамики?
- Как определяется шаг времени для моделирования?
- Какие данные используются для калибровки динамических моделей?
- Как анализируется чувствительность динамической модели?
- Какие прикладные задачи решаются с помощью этих моделей?
- Как оценивается точность прогноза изменения параметров во времени?

Критерии оценивания.

полнота и правильность ответа;
понимание и осознанность материала;
логичность и последовательность изложения;
корректность терминологии;
способность отвечать на уточняющие вопросы

6.1.2 семестр 7 | Собеседование

Описание процедуры.

Опрос может проводиться:

Фронтально — в форме беседы с группой, когда вопросы задаются всей группе, а ответы

даются по очереди или по желанию.

Индивидуально — каждый студент отвечает на один или несколько вопросов, давая развернутый, связный ответ, часто с примерами и пояснениями.

Комбинированно — сочетаются оба подхода, а также используются дополнительные методы (например, письменные карточки, рецензирование ответов товарищей)

Примерные вопросы для устного собеседования по теоретическим вопросам:

1. Что такое физико-геологическая модель (ФГМ) и каково её назначение в геологоразведке?
2. Какие основные компоненты входят в состав ФГМ?
3. На каких принципах базируется формирование физико-геологических моделей?
4. Что такое априорная и апостериорная ФГМ, и как они отличаются?
5. Какие требования предъявляются к адекватной физико-геологической модели?
6. Какова роль статистического усреднения физических свойств в построении ФГМ?
7. Какие типы ФГМ существуют по уровню сложности и используемым данным?
8. Что понимается под принципом аналогии в методологии формирования ФГМ?
9. Как принцип корреляции используется при создании физико-геологических моделей?
10. В чем суть принципа обратной связи при уточнении ФГМ?
11. Какие стадии включает процесс формирования ФГМ в ходе геологоразведочных работ?
12. Как комплекс ФГМ способствует выбору геофизических методов исследования?
13. Какие методы и подходы применяются для оценки адекватности ФГМ на эталонных объектах?
14. Почему оптимальная усложнённость модели важна для её эффективности?
15. Как изменяется точность и надёжность ФГМ по мере накопления информации об объекте?

Критерии оценивания.

полнота и правильность ответа;
понимание и осознанность материала;
логичность и последовательность изложения;
корректность терминологии;
способность отвечать на уточняющие вопросы

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-5.1	полнота и правильность ответа; понимание и осознанность материала; логичность и последовательность изложения; корректность терминологии; способность отвечать на уточняющие	устный опрос

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет сдается в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом и календарным учебным графиком.

Студенты допускаются к сдаче зачета по дисциплине при выполнении всех запланированных форм текущего контроля согласно рабочей программе дисциплины. На зачет студент должен явиться с зачетной книжкой. Зачет проводится в устной форме.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
выставляется студенту, твердо знающему программный материал, грамотно и по существу его излагающему, который не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы, правильно применяет теоретические положения при решении практических задач;	выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не может ответить на дополнительные вопросы

7 Основная учебная литература

1. Теория физико-геологического моделирования : методические указания по составлению курсового проекта / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т недропользования, Каф. технологии геол. разведки, 2015. - 10.
2. Теория физико-геологического моделирования : учебное пособие / Г. С. Вахромеев, А. Ю. Давыденко, А. Г. Дмитриев, В. С. Канайкин, 2020. - 113.
3. Вахромеев Г. С. Моделирование в разведочной геофизике / Г. С. Вахромеев, А. Ю. Давыденко, 1987. - 191.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Математические модели в геологии и геостатистика : сборник статей / отв. ред. И. В. Белов, 1973. - 182.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.