

• **Программа вступительного экзамена**
по геологии для поступающих в аспирантуру по специальности
1.6.9. Геофизика

Геологические дисциплины

Предмет геологии, задачи и методы исследований. Классификация геологических дисциплин, их связь с другими естественными науками. Солнечная система: параметры планет, их орбит, внутреннее строение планет, спутники; модели ранней эволюции. Физические модели Земли: структура, свойства, состав, фазовое состояние вещества, температура и давление; методы построения моделей. Литосфера: структура, кинематика, ведущие геодинамические процессы в ее эволюции. Основы тектоники литосферных плит. Геологические тела, их характеристики, свойства, состав, структура, типы соотношений; их систематика и классификация. Геологические процессы, принципы их описания и анализа. Возраст геологических событий; принцип актуализма. Генетические модели. Породообразующие минералы: классификация, изоморфизм, полиморфные фазовые превращения, физические свойства. Минералы рудных месторождений: классификация, физические свойства. Магматические породы: классификация, генезис, физические свойства. Метаморфические породы: типы и фации метаморфизма, физические свойства, металлогения. Осадочные горные породы: классификация, генезис, физические свойства, полезные ископаемые, их типы, структурное положение. Геологические формации: состав и структура. Типы формаций и связанные с ними полезные ископаемые. Геологические комплексы: геосинклинальные, орогенные, плитные, их состав, структура, тектоническое положение. Деформации горных пород, их типы. Реологические свойства пород. Механика разрушения пород. Тектонические движения. Новейшая и современная динамика литосферы: кинематика земной поверхности, вулканизм, сейсмичность. Геодинамические модели. Месторождения нефти и газа: типы, тектоническое положение, контролирующие структуры, закономерности распределения; методы поисков. Рудные месторождения: типы, структурный контроль, закономерности распределения; методы поисков и разведки. Региональная геология и геофизика континентов и океанов: особенности структуры и динамики литосферы, тектоническая зональность. Региональная геология и геофизика Сибири: платформы, складчатые области, Байкальский рифт, их структура, глубинное строение, динамика.

Общие геофизические дисциплины

Петрофизика. Атомная и кристаллическая структура элементов и минералов, макроструктура горных пород и ее нарушения, как определяющие факторы физических свойств минералов и горных пород. Магнитные свойства горных

пород: определяющие факторы и закономерности. Основы палеомагнитологии: виды намагниченности, первичная остаточная намагниченность, постулаты и задачи палеомагнитологии. Электрические свойства горных пород: определяющие факторы и закономерности. Плотность горных пород: определяющие факторы и закономерности. Упругие свойства горных пород: системы параметров, определяющие факторы и закономерности. Физические свойства магматических и метаморфических пород, геофизические модели среды. Физические свойства осадочных пород, модели среды. Зависимость физических свойств минералов и горных пород от P-T-условий и фазового состава.

Гравиразведка и магниторазведка. Предмет и задачи; общие черты методов. Гравитационное поле Земли: потенциал, его свойства, нормальное поле; гравитационные аномалии, их виды, геологическое значение. Магнитное поле Земли: элементы, структура, вариации; магнитные аномалии. Магнитные свойства пород: определяющие факторы и закономерности. Гравитационные и магнитные измерения: методы, аппаратура, методика гравиметрических и магнитных съемок. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий: прямые и обратные задачи, соотношение Пуассона, поля тел простой формы. Некорректность обратных задач гравиметрии и магниторазведки, условия единственности, методы регуляризации решений, роль априорных данных. Разделение гравитационных и магнитных аномалий: цели, физический смысл, методы трансформаций, их эффективность, вычислительные схемы. Оценка параметров тел по гравитационным и магнитным аномалиям; гармонические моменты, особые точки, оптимизационные методы подбора.

Электроразведка. Предмет, задачи, классификация методов по типам полей и схемам измерений. Электроразведочный эксперимент. Свойства пород и геоэлектрические модели. Элементы теории поля. Поля точечного и дипольного источников постоянного тока на поверхности слоистой среды, в среде с контактами и включениями. Методы сопротивлений: системы наблюдений, некорректность обратных задач, теоремы единственности, методы регуляризации; типы экранов. Переменные поля электрического и магнитного диполей на поверхности полупространства, слоистой среды; приближения дальней, ближней зон. Электромагнитные зондирования: МТЗ, 4З, ЗС: основы теории и методики; автоматизированные системы интерпретации данных зондирований.

Сейсморазведка. Предмет и задачи. Сейсмические волны: закон Гука, системы упругих параметров; волновые уравнения для однородной среды, продольные и поперечные волны. Плоские волны, сферические волны, принцип Гюйгенса; преломление и отражение упругих волн; поверхностные волны. Упругие свойства горных пород: определяющие факторы и закономерности; корреляция скорость - плотность; поглощение упругих волн. Годографы и поля времен сейсмических волн: прямых, отраженных, головных, рефрагированных; градиентные и слоистые среды. Прямая и обратная задачи сейсмологии; определение эффективных, пластовых и граничных скоростей; построение сейсмических границ. Сейсмический канал: требования к нему, свойства; источники волн; принципы их регистрации, сейсмоприемники, сейсмостанции. Методика сейсморазведки:

системы наблюдений, группирование, многократные системы; принципы обработки сейсмических записей. Динамика упругих волн, лучевой метод; дифракция волн. Многоволиовая сейсморазведка: принципы и возможности. Вибрационная сейсморазведка: принципы, возможности, технология; цифровая обработка сейсмических данных.

Методы геофизических исследований скважин (ГИС). Структура ГИС, задачи, классификация методов; каротаж сопротивлений, боковой каротаж, токовый каротаж; индукционный каротаж. Радиометрические методы каротажа; нейтронный каротаж; акустические исследования скважин; комплексная интерпретация данных ГИС.

Комплексирование геофизических методов: цели, смысл, подходы; физико-геологические модели среды; комплекс ГСЗ и гравиметрии.

Физика Земли. Фигура Земли, ее масса и моменты инерции. Геомагнитное поле и проблема источников энергии, геомагнитное динамо. Электропроводность ядра и мантии. Палеомагнетизм: палеомагнитные полюса и дрейф континентов. Температура в недрах Земли: уравнение теплопроводности, тепловой поток через поверхность Земли. Возраст Земли. Адиабатическая температура и температура плавления в мантии Земли. Модели состава земной коры, мантии и ядра. Принципы изучения вещественного состава Земли; геохимические, петрологические, геологические и геофизические критерии оценки. Реологические свойства Земли.

Специальные геофизические дисциплины

Геометрическая сейсмика. Геометрические методы теории распространения сейсмических волн: уравнения эйконала, линий тока, уравнения лучей, задача Коши для уравнения луча, геометрия луча и огибающие семейства лучей, задача Коши для уравнения эйконала, расчет лучей в неоднородных средах, теория разрывов, лучевой ряд, лучевое приближение фундаментальных решений, каустики. Геометрические методы решения обратных задач: для вертикально-неоднородных сред, для слоисто-однородных сред, для слоев с криволинейными отражающими границами; метод разрывов в задачах сейсмического процессинга: алгебра разрывов, продолжение полей, анализ изображений отражающих границ, миграция в истинных амплитудах, применение теории разрывов в задачах томографии, обобщение формулы Радона, геометрические методы в задаче Борновской инверсии.

Динамическая сейсмика: уравнения динамической теории упругости; прямые задачи: задача Коши, задача с источником волн, краевые задачи, задачи на распространение волн в стационарной постановке; обратные задачи, корректные и некорректные постановки. Законы сохранения; потенциальная и кинетическая энергия деформируемого тела, вектор Умова - Пойнтинга. Формула Бетти. Дифференциальная и интегральная формулы Грина - Вольтера. Принцип взаимности. Плоские волны в горизонтально-слоистых средах. Интерференционные поверхностные волны Рэлея и Лява, волны Стоунли,

дисперсия волн, фазовая и групповая скорости распространения волн. Сферические волны. Ближняя и дальняя зоны для сферических волн. Разложение сферической волны по плоским и цилиндрическим волнам. Фундаментальное решение системы уравнений динамической теории упругости. Полное решение задачи об излучении волн для произвольного распределения объемных источников. Тензор Грина и краевые задачи. Принцип суперпозиции элементарных решений. Интеграл свертки. Разрывные решения, характеристики, фронты продольных и поперечных волн, кинематические и динамические условия совместности на фронтах волн. Лучевой метод расчета волновых полей в неоднородных средах. Задача Лэмба для вертикально-неоднородного пространства; численные методы решения.

Сейсмология. Очаговая сейсмология: методы обработки сейсмограмм землетрясений. Определение координат эпицентра землетрясений, глубины очага. Метод Вадати определения времени в очаге. Оценка энергии землетрясений, шкала магнитуд, шкала энергетических классов, шкала балльности для определения сотрясаемости. Сейсмический режим, графики повторяемости, карты сейсмической активности; афтершоки и группирование землетрясений. Проблема прогноза землетрясений. Структурная сейсмология: сейсмические лучи в сферически-симметричной Земле, уравнение сейсмического луча, основные типы сейсмических волн, годографы-петли, зоны тени, годограф Джеффриса - Буллена; метод Герглотца - Вихерта решения обратной кинематической задачи.

Поверхностные волны Рэлея и Лява. Собственные колебания Земли их типы: радиальные, сфероидальные и крутильные; связь собственных колебаний с поверхностными волнами. Внутреннее строение Земли по сейсмическим данным. Микросейсмы, их генезис и типы движений. Цунами, их происхождение и распространение волн, прогноз цунами по сейсмическим данным.

ГСЗ. Место ГСЗ в изучении строения Земли; сейсмические модели коры и мантии; общая характеристика ГСЗ; методика и техника ГСЗ; выделение регулярных волн, годографы и поля времен; интерпретация преломленных и отраженных волн, определение скоростей и построение глубинных границ; результаты и перспективы исследований литосферы методом ГСЗ.

Региональная геофизика: объекты и задачи - фундаментальные и прикладные, геодинамические и прогнозные. Методы региональной геофизики. Специфика сейсмических, электромагнитных методов, гравиметрии и магнитометрии; основы палеомагнитологии, геотермика. Принципы комплексирования геофизических методов при решении региональных задач. Геофизические исследования мантии Земли; переходная зона мантии: факты, петролого-геофизические модели, геодинамическое значение; латеральные неоднородности литосферы и мантии Земли. Структура и динамика литосферы Сибири. Комплекс ГСЗ и гравиметрии в изучении строения земной коры и верхней мантии. Тектоническое районирование платформенных областей. Принципы обобщения и геологического истолкования данных региональной геофизики. Комплексные

геофизические исследования структуры и динамики литосферы Байкальской рифтовой зоны.

Сейсмическая томография. Области применения и математические основы компьютерной томографии; преобразование Радона, методы обращения, алгебраической реконструкции; межскважинная сеймотомография, постановка обратной задачи, линеаризация; непрозрачные включения, неполнота данных. Результаты томографического изучения глубин Земли; мониторинг нефтяного пласта; волновая томография вертикальных слабо неоднородных сред, единственность и устойчивость решения, дискретизация; дифракционная томография. "

Дифракция волн. Кинематические понятия теории распространения сейсмических волн; разрывы, уравнения переноса; волны в средах с гладкими границами; краевая дифракция: геометрическая теория; решение волнового уравнения в пограничном слое; свойства дифрагированных волн; краевые волны в пограничных слоях; представление волнового поля интегралом типа Коши; сглаживание разрывов; вторичные дифракционные эффекты на границах многогранной формы; концевые волны, их интегральное представление и свойства.

Многоволновая сейморазведка. Продольные и поперечные волны, поляризация волн, теоретические модели источников поперечных волн, характеристики среды; методы возбуждения поперечных волн; системы регистрации продольных и поперечных волн, фазовая инверсия и подавление регулярных помех; метод отраженных поперечных волн; комплексное использование продольных, поперечных и обменных волн в решении геологических задач.

Экспериментальная геофизика. Геофизические измерения: пути реализации высокой точности измерения малых величин, быстродействие измерительных приборов и динамические характеристики; измерение малых перемещений: электромеханические методы, оптические интерферометры; сейсмические измерения: точка отсчета, измерения низкочастотных колебаний, ультразвуковые измерения; принципы гравитационных измерений: абсолютные и относительные гравиметры, градиентометры; магнитные, тепловые и радиационные измерения.

Линейные системы. Динамические системы, их типы, способы описания; линейность, стационарность; электромеханические аналогии; импульсная характеристика линейной системы; собственные векторы линейного оператора, спектральная характеристика линейной системы; линейные системы с дробно-рациональными спектрами; причинность и устойчивость; преобразования Фурье и Гильберта; многоканальные линейные системы; интерференционные системы; РНП; ОГТ и Д-преобразование.

Цифровая обработка геофизических данных: числовые массивы, кодирование, сжатие информации; цифровые фильтры; спектральные характеристики, Z-преобразование, рекурсивные фильтры, обратная фильтрация, нуль-фазовые и минимально-фазовые фильтры, корреляционные функции, фильтры Винера;

аппроксимация и интерполяция функций; алгоритмы преобразования геофизических полей: миграция, продолжение потенциальных полей.

Обратные задачи геофизики. Значение обратных задач в геофизике, понятие единственности и устойчивости их решений; регулярный и статистический подходы к решению; пример обратной динамической задачи для плоской продольной волны в одномерной среде: постановка, вывод уравнений, разностная схема, ее обращение; нелинейная оптимизация как общий способ решения обратных задач; методы решений с линеаризацией модели, примеры; способы использования априорной информации, регуляризация решений; метод Бейхуса - Гильберта; обобщенные решения линеаризованных задач, метод Мура - Пенроуза; псевдообращение, регуляризация оператора обращения, примеры.

Метод ОГТ: многократные системы наблюдений, комплекс наземных и скважинных наблюдений; векторная сейсморазведка; препроцессинг; восстановление амплитуд, коррекция статических и кинематических поправок, временные разрезы, миграция, суммирование сейсмотрасс; физико-геологические основы интерпретации сейсмических данных.

Много волновая сейсморазведка. Физико-геологические основы МВС: конденсированные тела и их характеристики, классы упругих волн, связь параметров упругих волн с характеристиками конденсированных сред; поляризация волн, образование поляризованных поперечных волн, ширина полосы и время когерентности, отражение и преломление поляризованных волн, угол Брюстера и селекция волн по состоянию поляризации. Строение земной коры и распределение скоростей распространения продольных и поперечных волн. Образование волн Рэлея и Лява. Поглощение и дисперсия поперечных волн. Практическое использование поперечных и обменных волн в сейсморазведке: источники возбуждения поперечных волн, распределение сил и типы излучаемых волн, диаграммы направленности I и II рода, интерференционные системы излучения. Регистрации поперечных и обменных волн: сейсмоприемники горизонтальные и наклонные, расстановки ортогональные и симметричные, системы наблюдений.

Влияние ВЧР на возбуждение и регистрацию поперечных и обменных волн: рыхлость, вязкость, водонасыщенность грунтов. Изменения динамических параметров поперечных волн. Особенности отраженных поперечных волн и их выделение на фоне регулярных помех. Особенности отраженных обменных волн. Обобщенные параметры МВС; отношение скоростей поперечных и продольных волн, коэффициент Пуассона; коэффициенты амплитудной и скоростной анизотропии, "быстрая и медленная" поперечные волны-спутники. Комплексование разных классов упругих волн, сущность совместного использования, особенности проявления разных геологических объектов на сейсмических записях. Задачи разведки горючих и твердых полезных ископаемых. Основные методы многоволновой сейсморазведки.

Индуктивная геоэлектрика. Физико-математические основы электродинамики: уравнения Максвелла, материальные уравнения, квазистационарное

приближение, S- и T-пленки, граничные условия и условия излучения, условие на ребре, теоремы единственности краевых задач геоэлектрики; пленочный подход: асимптотические модели, регулярные и неоднородные пленки, сеточные решения для сложных моделей; подход возмущений: основы теории возмущений, формулировка задач геоэлектрики для сложных нелинейных моделей, для моделей, заданных с ограниченной точностью, граничные условия для возмущенных S- и T-пленок, примеры приложений; волновая геоэлектрика: краевые задачи с учетом токов смещения, электромагнитное поле в однородном полупространстве, импульсный диэлектрический каротаж и наземные малоглубинные зондирования.

Электромагнитные зондирования. Прямые и обратные задачи геоэлектрики, численные методы их решения; планирование полевых экспериментов: критерии оптимальности, параметры установок зондирования, управление пространственным спектром, форма импульса и управление частотным спектром; методы интерпретации: обзор традиционных методов, автоматизированные системы, аналитические и статистические методы, методы подбора, визуализация результатов интерпретации, примеры применения электромагнитных зондирования.

Динамика микroneоднородных сред с флюидами. Дискретные среды, структура порового пространства и интегральная геометрия; фракталы и фрактальные кластеры, их моделирование; использование фундаментальных уравнений механики сплошных сред для построения моделей дискретных сред; концентраторы напряжений в зернистых и трещиноватых породах, микропластичность осадочных пород; межфазовые взаимодействия «скелет - флюид» и затухание волн, уравнения движения квази континуума с пленками полярных флюидов; прогноз напряженного состояния в окрестности нефтегазоносных структур.

Физические основы геодинамики. Обзор реологических моделей: упругая модель Земли, модель вязкой несжимаемой жидкости; идея пограничного слоя; нестационарные течения; пластичность и микропластичность; нелинейность и неединственность решений пластических задач; диффузионная ползучесть и влияние касательных напряжений на механохимические изменения минералов и горных пород; прогноз напряжений во внутренних точках геологической среды, эволюция напряженного состояния; влияние скважин на напряженное состояние массива, постановка задач фильтрации флюидов в околоскважинном пространстве.

Геодинамика. Литосфера континентов и океанов, модели тектоники плит, роль геофизики в развитии концепции тектоники плит. Напряженное состояние литосферы, методы оценки и геодинамическое значение. Мантия и ядро Земли: геодинамические процессы, рельеф границы ядра и мантии, их роль в динамике мантии. Скоростная неоднородность мантии по данным сейсмической томографии и ее геодинамическая интерпретация. Реология Земли; природа и масштабы движений; уравнения конвекции; теория подобия; течения в горизонтальных слоях: модели и приложение к мантии.