

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**Федеральный исследовательский центр**  
**«Кольский научный центр Российской академии наук»**  
**(ФИЦ КНЦ РАН)**

Утверждаю  
Заместитель председателя ФИЦ КНЦ РАН  
по научно-инновационной деятельности,  
Д.Т.-М.Н.



Г.Ю. Иванюк

«03» апреля 2018 г.

**ПРОГРАММА**  
**ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

образовательная программа высшего образования – программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации **05.06.01 Науки о Земле**  
(профиль подготовки – **25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых**)

Апатиты  
2018

## Программа вступительных испытаний

### Введение

Настоящая программа базируется на основных разделах дисциплин: «Геофизика», «Физика Земли», «Основы геофизических методов исследования».

### 1. Общие вопросы

Геофизика — наука о физических явлениях и процессах на Земле. Место геофизики среди других наук. Физические поля Земли, методы их изучения и параметры, которыми они определяются. Связь физических полей с геологическим строением.

Геологические методы исследования Земли и их содержание. Метод геологического картирования (непосредственных наблюдений), сравнительно-исторический метод, дистанционные методы.

Основные сведения о Земле как планете Солнечной системы. Геофизические поля: магнитное, гравитационное, тепловое, внешние и внутренние источники энергии Земли.

Внешние оболочки Земли: атмосфера, гидросфера, биосфера, ноосфера. Внутреннее строение Земли и методы его изучения. Земная кора, литосфера и астеносфера; мантия; внешнее и внутреннее ядро.

Современные модели строения земной коры континентов и океанов. Методы определения возраста геологических образований.

### 2. Геофизика

Физические свойства минералов и горных пород. Физические свойства пород и порождаемые ими аномалии геофизических полей. Влияние геологических факторов на физические свойства пород. Петрофизические модели природных сред и месторождений полезных ископаемых.

Основы геофизических методов и их классификация. Принципы выполнения геофизических съемок, используемая аппаратура и основные методы обработки наблюденных геофизических данных.

Методы качественной и количественной интерпретации геофизических аномалий. Основные приемы решения прямых и обратных задач геофизики. Представление результатов геофизических исследований. Геологические задачи, решаемые геофизическими методами.

Комплексная интерпретация геофизических данных; построение геолого-геофизических моделей строения земной коры и рудных полей.

### 3. Геофизические методы исследований

Основные понятия и положения геофизических методов исследования. Физические поля и геофизические аномалии. Петрофизическая характеристика горных пород. Влияние геологических факторов на физические свойства пород. Геолого-геофизические модели. Представление результатов геофизических исследований.

**Магниторазведка.** Физические основы геомагнетизма. Магнитное поле Земли и его элементы. Нормальное магнитное поле Земли. Изменение магнитного поля Земли во времени. Магнитные аномалии. Краткая характеристика аппаратуры для магнитных съемок. Методика и техника проведения магниторазведочных работ. Элементы камеральной обработки магнитных съемок. Принципы решения прямых и обратных задач магнитного поля для тел правильной геометрической формы (столб, шар, горизонтальный цилиндр, пласт). Геологическое истолкование результатов магнитных съемок. Качественная и количественная интерпретация магнитных аномалий. Геологические задачи, решаемые методами магнитной съемки.

**Гравиразведка.** Закон всемирного тяготения. Сила тяжести и нормальное гравитационное поле Земли. Редукции силы тяжести. Аномалии силы тяжести. Абсолютные и относительные методы измерения силы тяжести. Краткая характеристика приборов для измерения силы тяжести (гравиметров), гравитационные вариометры и градиентометры. Методика и техника проведения гравиразведочных работ. Элементы камеральной обработки гравиметрических съёмок. Геологическое истолкование результатов гравиразведки. Качественная и количественная интерпретация гравитационных аномалий. Выделение локальных аномалий. Геологические задачи, решаемые методами гравиметрической съёмки. Применение гравиразведки для региональных съёмок, поисков нефтегазоносных структур, при поисках и разведке различных месторождений полезных ископаемых.

**Электроразведка.** Определение, сущность и классификации методов электроразведки. Электромагнитные свойства горных пород и руд, их значение для разных методов электроразведки и зависимость от различных природных факторов. Электрическая модель горной породы. Понятие геоэлектрического разреза. Законы электромагнетизма и основные положения теории электроразведки. Общие сведения об изучаемых в электроразведке полях. Естественные и искусственные, постоянные и переменные, установившиеся и неуставившиеся электрические и электромагнитные поля. Методы возбуждения и регистрации постоянного (низкочастотного) электрического поля. Методы естественного электрического поля геологических объектов. Методика электроразведочных работ на постоянном (низкочастотном) токе. Электрическое профилирование. Электрические зондирования (ВЭЗ). Метод заряда. Методы вызванной поляризации (ВП). Методы возбуждения и регистрации переменного электрического поля. Магнитотеллурические методы (МТ). Методы переходных процессов (МПП). Методы электромагнитного зондирования. Индуктивные методы. Радиоволновые методы. Электроразведочные аномалии и качественные методы их истолкования. Геологические задачи, решаемые методами электроразведки на постоянном и переменном токе.

**Сейсморазведка.** Элементы теории упругих волн и распространения колебаний. Продольные и поперечные волны. Принципы геометрической сейсмологии. Отражение и преломление упругих волн. Дифракция волн. Поверхностные волны. Географы отраженной и преломленной волн в упругих средах. Краткая характеристика аппаратуры для сейсмических исследований. Принципы возбуждения упругих колебаний в среде (взрывная сейсморазведка и сейсморазведка с виброисточниками). Методика сейсмических наблюдений. Элементы обработки материалов сейсмических исследований. Построение отражающих и преломляющих границ по данным сейсморазведки. Построение скоростных разрезов среды. Построение сейсмических разрезов. Построение структурных карт и схем. Временные разрезы МОВ-ОГТ. Сейсмическая томография. Применение сейсморазведки для решения различных геологических задач.

**Радиометрическая разведка.** Физические основы радиометрических методов. Естественная радиоактивность и законы радиоактивного распада. Свойства радиоактивных излучений. Радиационный фон и радиометрические аномалии. Краткая характеристика аппаратуры для регистрации радиоактивных излучений. Методика радиометрических поисков. Применение радиометрических методов при геологическом картировании и поисках нерадиоактивных руд. Ядерно-физические методы с искусственным воздействием излучения на изучаемую среду (гамма методы и нейтронные методы).

**Геофизические методы исследования скважин.** Роль геофизических методов исследования в скважинах (буровой геофизики) в комплексе геолого-геофизических исследований. Классификация методов геофизических исследований в скважинах (ГИС). Краткие принципы работы аппаратуры для каротажа скважин. Методы контроля технического состояния скважин. Инклинометрия и кавернометрия скважин. Электрический каротаж скважин. Каротаж кажущегося сопротивления (КС) и потенциала

собственной поляризации (ПС). Метод скользящих контактов (МСК). Боковой и индукционный каротаж. Резистивиметрия. Методы радиоактивного каротажа. Радиоактивационные методы. Магнитный каротаж. Акустический каротаж. Термический каротаж. Элементы качественной интерпретации данных каротажа на нефтяных и газовых скважинах. Элементы качественной интерпретации данных каротажа на рудных месторождениях. Геологические задачи, решаемые геофизическими методами исследования скважин. Построение разрезов и структурных карт по данным каротажа.

#### 4. Физика Земли

**Земля как космический объект.** Наша галактика и её характеристики. Солнечная система и планеты. Ротационный режим Земли. Прецессия, нутация, изменение положения оси вращения. Луна и приливы на Земле.

Гравитационное поле и фигура Земли. Понятие изостазии, вязкости Земли, данные об ее плотностной неоднородности.

**Тепловое поле Земли.** Поверхностный тепловой поток. Источники тепла в Земле. Перенос тепла и механизмы теплопроводности. Тепловой поток через поверхность океанов и континентов. Зависимость потока от времени образования поверхностных геологических структур.

**Континентальная земная кора.** Строение континентальной коры по сейсмическим данным. Волноводы в коре. Метод ОГТ и вертикальные временные разрезы коры. Строение коры стабильных щитов, платформ и подвижных поясов. Проблемы нижней коры. Аномалии силы тяжести и плотностные модели коры. Изостазия. Континентальные рифтовые зоны. Магнитные аномалии и модели намагниченности континентальной коры. Геологическая интерпретация данных о континентальной коре. Характерные типы коры.

**Океаническая кора.** Топография дна и типы рельефа. Сейсмические модели океанической коры. Модели ГСЗ и ОГТ. Магнитное поле океанов. Шкала инверсий. Характер магнитных аномалий на океанах. Разрастание дна и природа полосовых аномалий. Гравитационное поле и плотностные модели океанов. Поле  $\Delta g$  и модели плотности в зоне рифта и желобов. Нестационарные термические модели океанической коры в зонах рифта и субдукции. Мощность термической литосферы под океанами.

**Мантия Земли.** Сейсмологические модели мантии. Землетрясения. Объемные и поверхностные волны. Дисперсия поверхностных волн и стандартная одномерная модель мантии. Скоростная томография по сейсмологическим данным. Сейсмические исследования на длинных профилях ГСЗ. Продольные и поперечные волны. Двухмерные модели через основные типы структур мантии. Скорость по Мохо. Электропроводность мантии. Механизмы электропроводности в мантии. Метод МТЗ и его результаты. Понятие о скин-слое. Связь проводимости пород с температурой. Астеносфера по геоэлектрическим данным. Температура в мантии. Плавление пород, закон Аффена, правило Симона. Адиабатический градиент в нижней мантии. Плотность в мантии. Уравнение Адамса -Вильямсона. Распределение плотности и гравитационного поля по глубине. Предполагаемый состав мантии. Состав слоя В. Фазовые переходы в верхней мантии. Возможный состав средней и нижней мантии.

**Ядро Земли.** Проблемы построения моделей ядра. Сейсмологические данные о строении ядра. Термические модели ядра. Магнитное поле Земли. Источники энергии в ядре Земли. Плотность в ядре. Энергетика земного ядра: тепловая конвекция, скрытая теплота кристаллизации, гравитационная конвекция. Состояние и эволюция ядра. Эвтектика Fe-FeS. Эволюция хондритовой модели системы ядро-мантия.

**Динамические модели мантии.** Законы упругости. Тензор напряжений (его шаровая и девиаторная части). Реология геоматериалов. Упругая и неупругая деформация, крипп. Влияние температуры и всестороннего давления на деформацию. Реологические модели: вязкость и ползучесть. Нагрузка слоистой модели среды и релаксация после

снятия нагрузки. Астеносфера, как слой изостатического выравнивания. Оценки вязкости мантии. Напряжения в мантии. Эллипс деформаций и реализуемые разрывы сплошности. Оценки величин напряжений в геосреде. Конвекция в мантии – тепловая конвекция. Двухмерные модели конвекции. Числа Релея, Нуссельта, Рейнольдса. Силы, действующие на движущуюся плиту. Характер погружения плиты. Сжимающие и растягивающие напряжения в погружающейся плите. Недостатки классической тектоники плит. Мантийные плюмы. Механизм поднятия плюма. Формирование рифта в плюмовой модели. Сейсмическая томография мантии и множественные плюмы.

**Тектонические процессы на Земле.** Основные типы современной земной коры. Сейсмическая структура коры и ее возможный состав по вертикали. Аккреция коры на деструктивных границах плит. Вертикальное наращивание коры. Магмообразование в коре. Изменение магм в пространстве и времени. Оценка степени аккреции коры. Эволюция континентальной коры. Кора в архее, протерозое и фанерозое. Тектонические процессы в коре на разных стадиях ее развития.

### **5. Региональная, разведочная и инженерная геофизика**

Геофизические исследования для изучения осадочного чехла, фундамента, земной коры. Этапы, стадии работ, факторы, определяющие эффективность геофизических исследований на суше и на море. Среднемасштабные геофизические съемки для изучения разных структурных этажей с целью решения геолого-тектонических задач с выходом на поиски нефти и газа, а также твердых полезных ископаемых. Крупномасштабные сплошные картировочно-поисковые глубинные геофизические съемки. Природные условия, благоприятствующие их постановке. Поиск твердых полезных ископаемых. Разведочная геофизика объединяет физические и технологические комплексы методов поисков и разведки нефти и газа, рудных и нерудных полезных ископаемых.

Ведущая роль сейсморазведки при косвенных и прямых поисках нефти и газа. Выявление нефтегазоперспективных структур (НГПС). Сеймостратиграфия. Разведка месторождений нефти и газа. Роль методов ОГТ и ГИС.

Поиски и разведка рудных месторождений на суше и на море. Особенности физико-геологических моделей (ФГМ) разных месторождений. Этапы поисково-разведочных работ

Инженерная геофизика, объединяющая методы изучения геологической среды.

Геоэкологическая геофизика для изучения среды обитания человека с точки зрения ее загрязненности, роль физических полей на здоровье людей. Контроль за динамикой физических полей и состоянием среды на планетарном, региональном, детальном и объектном уровнях.

## Рекомендуемая литература

### *Основная:*

1. Геофизика. Учебник для вузов (3-е издание) / Под редакцией В.К. Хмелевского М.: Изд-во КДУ, 2012. – 320с.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. Учебник для вузов. Тверь: издательство «АИС», 2006. – 744с.
3. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. Экологическая геофизика: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 256с.
4. Горбунова Л.М., Захаров В.П., Музылёв В.С., Онин Н.М. Геофизические методы поисков и разведки. – Л.: Недра, 1982.– 304с.
5. Огильви А.А. Геофизические методы исследования. – М.: изд-во Московского ун-та, 1962. - 410с.
6. Хаин В.Е., Короновский Н.В. Планета Земля. От ядра до ионосферы, учебное пособие. – М.: КДУ, 2008. – 244с.

### *Дополнительная:*

7. Геофизические методы исследования скважин (справочник геофизика). – М.: Недра, 1983. - 591с.
8. Захаров В.Х., Новицкий Г.П., Онин Н.М. Электроразведка.- Л.: изд. ЛГИ, 1973. - с.
9. Дортман Н.Б. Петрофизика. Справочник в трех кн. Кн. 1. Горные породы и полезные ископаемые. Справочное пособие. Л.: Недра, 1992.
10. Дортман Н.Б. Петрофизика. Справочник в трех кн. Кн. 2. Техника и методика исследований. Справочное пособие. Л.: Недра, 1992.
11. Дортман Н.Б. Петрофизика. Справочник в трех кн. Кн. 3. Земная кора и мантия. Справочное пособие. Л.: Недра, 1992.
12. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. – 415с.
13. Кауфман А.А., Левшин А.Л. Введение в теорию геофизических методов. М.: ООО «Наука-Бизнесцентр», 2006. Ч.4 – 661с.; Ч.5 -663с.
14. Кунщиков Б.К., Кунщикова М.К. Общий курс геофизических методов разведки. М., Недра, 1976, 429с.
15. Логачёв А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. – Л.: Недра, 1973. - 352с.
16. Резанов И.А. Эволюция представлений о земной коре. М.: Наука, 2002. – 299с.
17. Соколов К.И. Геофизические методы разведки. – Л.: Недра, 1966. – 463с.
18. Федынский В.В. Разведочная геофизика. – М.: Недра, 1967. - 375 с.
19. Шаров Н.В. Физика Земли. Апатиты. Изд. КНЦ РАН, 1997, 91с.