

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'А.С. Егоров'.

Руководитель программы  
аспирантуры  
профессор А.С. Егоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО  
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ  
ГЕОФИЗИКА**

**Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

<b>Область науки:</b>	1. Естественные науки
<b>Группа научных специальностей:</b>	1.6. Науки о Земле и окружающей среде
<b>Научная специальность:</b>	1.6.9. Геофизика
<b>Отрасли науки:</b>	Геолого-минералогические Технические
<b>Форма освоения программы аспирантуры:</b>	Очная
<b>Срок освоения программы аспирантуры:</b>	3 года
<b>Составители:</b>	д.г.-м.н., проф. А.С. Егоров, к.г.-м.н., асс. Н.В. Большакова

Санкт-Петербург

## **ВВЕДЕНИЕ**

Геофизические методы в настоящее время активно применяются практически на всех стадиях геологоразведочных исследований, способствуя повышению их эффективности и снижению затрат на их проведение. Поэтому изучение теоретических основ и методики геофизических методов, а также принципов геологического истолкования геофизических материалов является важной и неотъемлемой частью обучения по научной специальности 1.6.9. Геофизика.

**Целью изучения дисциплины «Геофизика»** является ознакомление будущих специалистов с основами геофизических методов и их местом в общем комплексе геологических исследований. Аспирант в результате изучения курса должен получить представление о возможностях и сферах применения основных геофизических методов. Он должен понимать петрофизические основы геологической интерпретации геофизических данных, знать принципы комплексной интерпретации геофизической информации и уметь формулировать задачи геофизических методов при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых и в ходе геологического картирования.

### **Задачи дисциплины:**

- сформировать у аспирантов навыки самостоятельной работы с научно-технической литературой;
- обеспечить углубленное изучение теоретических и методологических основ геофизических методов поисков и разведки МПИ;
- дать представление об основных научных проблемах и дискуссионных вопросах в изучении структуры и состава разнотипных структурно-вещественных подразделений верхней коры, в том числе, в поисково-разведочных работах и в задачах геологического картирования;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при постановке и решении производственных проблем в сфере природопользования, в том числе при проведении поисково-разведочных работ на полезных ископаемые разных типов.

Для успешного изучения геофизических методов поисков полезных ископаемых, требуется выполнить значительный объём самостоятельной работы.

В предлагаемых методических указаниях приводятся программа самостоятельной работы, распределение бюджета времени на самостоятельное изучение разделов (тем) дисциплины, рекомендации по написанию и оформлению реферата, перечень тем для написания реферата, список рекомендуемых литературных источников.

## **1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Самостоятельная работа представляет собой вид занятий, в ходе которых аспирант, руководствуясь указаниями и консультациями преподавателя, самостоятельно выполняет учебные задания, приобретает и совершенствует при этом знания, умения и практические навыки. Для успешной самостоятельной работы над теоретическими разделами дисциплины необходимо наличие учебников, конспекта лекций, учебных пособий, дополняющих материалы лекций и учебников. Рекомендуются, кроме того, пользоваться специальной литературой: монографиями, научными журналами и др. Такая самостоятельная работа может проводиться в специализированных и обычных аудиториях, справочно-информационном центре и читальных залах Главной библиотеки.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

- Главными направлениями самостоятельной работы по курсу геофизики:
- закрепление материала, полученного на лекциях;

- изучение с использованием опубликованной литературы теоретических и прикладных вопросов геофизики;
- *составление реферата по предложенной преподавателем теме.*

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЮДЖЕТА ВРЕМЕНИ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ АСПИРАНТА ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины предусматривает самостоятельную работу аспиранта по освоению учебного материала с подготовкой и оформлением реферата (или эссе). Распределение общего бюджета времени на изучение дисциплины «Геофизика» приведено ниже.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Всего часов
1.	<b>Сущность геофизических методов и их роль при решении геологических задач.</b>	<p><i>1.1. Сущность геофизических методов и их роль при решении геологических задач.</i> Два уровня геофизики: общая геофизика и разведочная геофизика. Естественные и искусственные поля Земли. Классификация геофизических методов по физическим основам, условиям проведения и задачам применения. Главные методы геофизики: гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка, электроразведка, радиометрия, геотермия.</p> <p><i>1.2. Получение данных, введение поправок и обработка данных</i>            Стадийность геофизических работ. Производство измерений. Введение поправок. Сигнал и помеха. Моделирование. Прямая и обратная задачи моделирования. Типы моделей. Геологическая интерпретация. Обработка данных. Анализ Фурье. Формула гармонического анализа Фурье. Особенности обработки временных сигналов. Гармонический анализ. Цифровая фильтрация. Расчет простого фильтра. Фильтрация на площади. Трансформации геофизических полей.</p>	4
2.	<b>Гравиразведка</b>	<p><i>2.1. Теоретические основы гравиметрии.</i> Силы гравитации как основа формирования Вселенной, Солнечной системы и Земли. Роль гравитации в расслоении Земли на оболочки и образовании Луны. Сила ньютонова притяжения. Центробежная сила. Единицы поля силы тяжести. Расчет массы Земли. Понятие «потенциал силы тяжести». Форма Земли. Производные потенциала силы тяжести. Поправка за высоту наблюдений. Поправка за промежуточный слой. Поправка за рельеф. Аномалии силы тяжести в редукции Буге. Плотность горных пород и руд. Пористость и влажность.</p> <p><i>2.2. Гравиразведочные исследования.</i> Типы</p>	4

		<p>гравиметрической аппаратуры. Измерения абсолютных значений и относительные измерения силы тяжести. Принцип действия и основные технические характеристики гравиметров. Учет внешних воздействий на гравиметр. Масштабы и типы гравиметрических съемок. Опорные сети. Интерпретация гравитационных аномалий. Приемы качественной и количественной интерпретации гравитационных аномалий. Эквивалентность моделей по аномальному эффекту. Методы решения обратной задачи гравиметрии. Использование аналитических выражений для аномалий от тел простой формы. Методы особых точек и сингулярных источников. Методы решения прямой задачи гравиметрии. Геологическое истолкование материалов гравиразведки.</p>	
3.	Магниторазведка.	<p><b>3.1. Теоретические основы магнитометрии.</b> Свойства магнитного поля. Магнитное поле Земли. Напряженность и индукция магнитного поля. Единицы магнитного поля. Магнитный потенциал и его производные. Составляющие магнитного поля. Магнитные свойства пород. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Точка Кюри. Механизмы намагничивания горных пород. Магнитные свойства минералов и пород.</p> <p><b>3.2. Магниторазведочные исследования.</b> Измерения магнитного поля. Принцип действия и основные технические характеристики протонных магнитометров. Масштабы и виды съемок. Обработка и представление материалов съемок. Качественная интерпретация данных магнитных съемок. Прямые и обратные задачи магниторазведки. Использование аналитических выражений для аномалий от тел простой формы. Методы особых точек и сингулярных источников. Алгоритмы трехмерного моделирования аномальных магнитных источников. Геологическое истолкование материалов магниторазведки.</p>	4
4	Сейсморазведка	<p><b>4.1. Физико-геологические основы сейсморазведки.</b> Классификация методов сейсморазведки. Упругие модули. Продольные, поперечные, поверхностные волны. Частота, скорость и длина волны. Основные положения геометрической сейсмологии. Принципы Гюйгенса и Ферма.</p>	6

		<p>Принципы суперпозиции и взаимности. Преломление, отражение и рефракция волн. Волны, используемые в сейсморазведке. Способы возбуждения сейсмических волн. Измерения сейсмических волн. Сейсмографы и геофоны. Сейсмическая томография.</p> <p><b>4.2. Метод отраженных волн (МОВ).</b> Прямая задача сейсморазведки. Годографы волн. Сейсмограммы. Кинематические и динамические характеристики сейсмических полей. Методика проведения сейсморазведки МОВ. Метод общей глубинной точки (МОВ-ОГТ, МОГТ). Способы построения сейсмического разреза по данным МОВ. Способ <math>t_0</math>. Способ засечек. Построение временных разрезов. Применение сейсморазведки МОВ, МОВ-ОГТ в поисках, разведке и эксплуатации месторождений углеводородов. Особенности трехмерной сейсморазведки. Использование МОВ-ОГТ для мониторинга извлечения углеводородов. Сейсморазведка МОВ, МОВ-ОГТ в исследованиях глубинного строения земной коры.</p> <p><b>4.3. Метод преломленных волн (МПВ).</b> Сущность метода прослеживания преломленных волн. Формирование отраженных и преломленных волн на границе двух сред. Годографы отраженных и преломленных волн. Системы наблюдений МПВ. Технологии обработки сейсмических материалов МОВ. Способы определения скоростных характеристик и построение преломляющих границ разреза. Определение скорости по встречным годографам. Применение метода преломленных волн. Методика глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Модель радиальной расслоенности земной коры по данным ГСЗ. Сейсмическая томография в исследованиях глубинных оболочек Земли.</p>	
5	<b>Ядерные методы</b>	<p>Естественные и искусственные источники радиоактивности, взаимодействие радиоактивных излучений с веществом. Способы регистрации радиоактивных излучений. Радиометрическая съемка. Основные типы радиоактивного излучения. Количество, концентрация, доза, мощность дозы, энергия гамма-излучения. Гамма-метод. <i>Полевые радиометры.</i> Гамма-спектрометр. Методика проведения</p>	4

		<p>наземной гамма-съемки. Особенности аэросъемки. Гамма-методы при поисках урановых месторождений и в задачах геологического картирования. Эманиационная (радоновая) съемка. Ядерно-геофизические методы. Нейтронные методы. Гамма-гамма методы.</p>	
6	Геотермические методы	<p>Источники внутренней тепловой энергии Земли. Базовые идеи геотермии. Кондуктивный, конвективный и электромагнитный перенос тепла. Конвекция и кондукция внутри Земли. Тепловой поток и температура. Теплопроводность. Континентальная литосфера и радиоактивность. Теплогенерация. Температуры солидуса и ликвидуса. Магматический очаг. Геотермальная энергия, геотермальные ресурсы: натуральный пар; горячая вода; горячие сухие породы. Тепловое излучение. Радиотепловые и инфракрасные съемки..</p>	2
7	Электроразведочные методы	<p><b>7.1. Методы сопротивлений.</b> Теоретические основы метода. Удельное электрическое сопротивление пород, руд и минералов. Отличия в проводимости пород и металлов. Характер прохождения электрического тока в геологической среде. Вертикальное электрическое зондирование. Расстановка Винера. Кривые двухслойных, трехслойных и многослойных сред. Ограничения в использовании ВЭЗ. Другие расстановки (Шлюмберже, дипольная, градиентная и др.) и сферы их применения. Метод заряда. Электротомография.</p> <p><b>7.2. Методы изучения полей физико-химического происхождения.</b> Метод вызванной поляризации (ВП). Физико-геологические основы метода ВП. Мембранная поляризация. Методика и аппаратная база съемок ВП. Поляризуемость. Интерпретация данных ВП Метод естественного поля (ЕП). Физико-геологические основы метода ЕП. Методика и аппаратная база съемок ЕП. Интерпретация данных ЕП.</p> <p><b>7.3. Электромагнитные методы.</b> Разновидности электромагнитных методов. Магнитотеллулические методы. Базовые положения магнитотеллурического метода. Происхождение магнитотеллурических полей.</p>	6

		<p>Выполнение магнитотеллурических съемок. Электрические и магнитные составляющие напряженности магнитотеллурического поля. Интерпретация данных магнитотеллурических съемок. Информативность метода в исследованиях глубинного строения земной коры, при поисках и разведке объектов рудного и углеводородного сырья. Георадиолокационные съемки. Теоретические основы метода. Скорость электромагнитных волн в различных геологических средах и их диэлектрическая проницаемость. Аппаратура и методика выполнения георадарной съемки. Интерпретация данных георадиолокационных съемок. Сферы использования георадара в инженерной геологии.</p>	
8	<b>Геофизические исследования скважин</b>	<p>Назначение и главные сферы применения скважинных геофизических методов. Бурение и его влияние на породы. Классификация геофизических методов изучения скважин. Аппаратура и оборудование для комплексных геофизических исследований скважин. Методика и техника каротажных работ. Наиболее широко используемые методы каротажа: 1-измерения углов наклона пласта, наклона ствола и диаметра скважины; 2-ЕП; 3-сопротивлений; 4-радиометрический; 5- радиометрический с радиоактивными источниками (гамма-гамма-, нейтронный каротаж); 6-сейсмический; 7-температурный; 8- магнитный, 9- гравитационный. Интерпретация каротажных диаграмм. Способы истолкования результатов комплексного каротажа. Условия и область применения каротажа. Особенности каротажа скважин в нефтяной промышленности.</p>	6
9	<b>Комплексирование геофизических методов при решении различных геологических задач</b>	<p>Необходимость применения комплекса геофизических методов и цели комплексирования. Комплекс геофизических методов на разных стадиях геологоразведочных работ. Комплекс геофизических методов в исследованиях глубинного строения земной коры и верхней мантии. Комплексирование геофизических методов при поисках и разведке месторождений нефти и газа. Комплексирование геофизических методов</p>	6

		при поисках и разведке рудных и нерудных полезных ископаемых.	
Итого		42 часа	

Для успешного изучения дисциплины «Геофизика» аспирантами учебной программой выделяется 42 часа на самостоятельную работу для углублённого изучения теоретического и практического материала.

#### 4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА С ЛИТЕРАТУРОЙ

«Геофизика» является комплексной научно-практической дисциплиной, требующей знаний в различных областях геологии и геофизики, сопровождаемой большим объемом постоянно совершенствуемой и переиздаваемой методической литературы. Для полноценного усвоения курса необходимо изучение учебников, методических указаний, рекомендаций, инструкций и положений, перечень которых приведен в конце настоящих указаний. Большое число рекомендуемых источников или трактующие их документы находятся в свободном доступе в интернете. Список ресурсов:

##### *3.1. Полнотекстовые базы данных и ресурсы Главной библиотеки СПГГУ, доступ к которым обеспечен из сети Интранет СПГГУ:*

Доступ к полнотекстовым базам данных:

- БД Кодекс (полная электронная картотека нормативно-технических документов, действующих на территории России, а также документы Единой системы конструкторской документации ЕСКД) <http://kodeks.spmi.edu.ru:3000>
- БД JSTOR полнотекстовая база англоязычных научных журналов [www.jstor.org](http://www.jstor.org)
- Научная электронная библиотека [www.eLibrary.ru](http://www.eLibrary.ru) (доступ к полным текстам ряда научных журналов с 2007 по 2009 г. )
- база данных [POLPRED.com](http://POLPRED.com), содержащая обзор прессы, аналитические статьи экономических экспертов, деловые справочники по странам и отраслям.

##### *3.2. Электронные ресурсы других библиотек:*

Национальные отечественные библиотеки

1. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
2. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
3. Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы им. М.И. Рудомино <http://www.libfl.ru>
4. Библиотека Академии Наук <http://www.rasli.ru>
5. Библиотека РАН по естественным наукам <http://www.benran.ru>
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения РАН <http://www.spsl.nsc.ru/>
8. Центральная научная библиотека Дальневосточного отделения РАН <http://lib.febras.ru>
9. Центральная научная библиотека Уральского отделения РАН <http://www.uran.ru>
10. Библиотека Конгресса <http://www.loc.gov/index.html>
11. Британская национальная библиотека <http://www.bl.uk>
12. Французская национальная библиотека <http://www.bnf.fr>
13. Немецкая национальная библиотека <http://www.ddb.de>
14. Библиотечная сеть учреждений науки и образования RUSLANet <http://www.ruslan.ru:8001/rus/rcsl/resources>
15. Центральная городская универсальная библиотека им. В.Маяковского <http://www.pl.spb.ru>



16. Научная библиотека им. М.Горького Санкт-Петербургского Государственного университета (СПбГУ) <http://www.lib.pu.ru>

17. Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Политехнического университета (СПбГПУ) <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/>

#### Информационные центры

1. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ). Одна из самых полных в России баз данных по естественным, точным и техническим наукам.

Общий объем базы - более 26 млн. документов. <http://www.viniti.ru>

2. Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИЦ) <http://www.vntic.org.ru>

3. Российская книжная палата (РКП) <http://www.bookchamber.ru>

#### 3.4. Полнотекстовые электронные интернет-ресурсы

1. Федеральный портал российского образования <http://www.edu.ru>

2. Горнопромышленный портал <http://www.miningexpo.ru>

3. Портал Горное дело <http://www.gornoe-delo.ru>

4. Электронные ресурсы по геологии <http://geo.web.ru>

5. Справочник по химии <http://alhimik.ru>

6. Тематические словари <http://www.finam.ru/dictionary>

7. Электронные книги, учебники и журналы в формате DJVU <http://sci-lib.com>

8. Учебники <http://gaudeamus.omskcity.com>

9. Полнотекстовая электронная библиотека учебных и учебно-методических материалов <http://window.edu.ru/window/library>

10. Электронный справочник по минералам и месторождениям России <http://www.klopotov.narod.ru/>

#### 3.5. Литература

##### Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

##### . Основная литература.

1. Геофизика. Учебник. /Под ред. В.К. Хмелевского. М.: КДУ, 2007 -320 с.

2. Вычислительная математика и техника в геофизике. М.: Недра, 1990.

3. Гравиразведка. М.: Недра, 1990.

4. Комплексирование методов в разведочной геофизике. М.: Недра, 1984.

5. Магниторазведка. М.: Недра, 1990.

6. Методы прикладной и скважинной геофизики. Дубна, 1997. 276 с.: ил.

7. Сейсморазведка. М.: Недра, 1990.

8. Серкеров С.А. Гравиразведка и магниторазведка. Основные понятия, термины, определения, 2006.

9. Скважинная геофизика. М.: Недра, 1990.

10. . Электроразведка. М.: Недра, 1989

11. Якубовский И.И., Ренард И.В. Электроразведка. М.: Недра, 1991

##### Дополнительная литература.

1. Петрофизика. Земная кора и мантия. Справочник (том 3), М.: Недра, 1992.

2. A.E. Mussett & M.A. Khan Looking into the Earth: An Introduction to Geological Geophysics. Cambridge (Cambridge University Press), 2000. 470 p.

3. P. Kearey, M. Brooks, Ian Hill An introduction to geophysical exploration John Wiley & Sons, 06.05.2002: 262p.

## 5. СОСТАВЛЕНИЕ РЕФЕРАТА

**Цель работы:** закрепить знания по курсу «Геофизика».

**Исходные данные:** учебная и справочная геофизическая литература, информация из Интернета.

**Решаемые задачи:** подготовить реферат по заданному разделу курса «Геофизика» и соответствующую ему компьютерную презентацию.

**Рекомендации по составлению реферата и презентации:**

Реферат затрагивает все аспекты рассматриваемой проблемы с последовательным и пропорциональным изложением материала согласно составленному аспирантом плану. План реферата должен включать не менее четырех подразделов – от постановки задачи, определения объекта исследования, истории развития исследований (или изученности), приборной базы и методики исследований, современных представлений по рассматриваемой проблеме и сферах прикладного использования полученных результатов. Не допускается использование информации только из Интернета (особенно с сайтов Википедии) без привлечения литературных источников по геофизике и геологии. Компьютерная презентация не должна формально копировать текст реферата. Ее целью является выделение главных особенностей рассматриваемого раздела курса «Геофизика» и наглядность подачи информации. Объем презентации должен соответствовать 10-15 минутам устного доклада.

Порядок изложения информации иллюстрируется двумя примерами.

**Реферат на тему:** Методы изучения формы Земли.

1. История развития научных представлений.
2. Теоретические основы.
3. Методы изучения формы Земли.
4. Сферы практического применения данных о форме Земли.

**Реферат на тему:** Механизмы намагничивания горных пород.

1. Цели и задачи работы.
2. История исследований магнитных свойств горных пород.
3. Современные методы изучения магнитных свойств.
4. Магнитные свойства различных типов горных пород и выводы о механизмах их намагничивания.
5. Сферы прикладного использования знаний о магнитных свойствах горных пород.