**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учебно-методическое объединение по образованию в области горнодобывающей промышленности**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель

Министра образования

Республики Беларусь

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.А. Старовойтова

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Регистрационный № ТД\_\_\_\_\_\_/тип.

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Типовая учебная программа**

**по учебной дисциплине для специальности**

**1-51 01 01 Геология и разведка месторождений полезных ископаемых**

|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО**  Председатель Учебно-методического  объединения по образованию в области  горнодобывающей промышленности  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.Г. Оника  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | **СОГЛАСОВАНО**  Начальник Главного управления  профессионального образования  Министерства образования Республики Беларусь \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.А. Касперович  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | **СОГЛАСОВАНО**  Проректор по научно-методической  работе Государственного учреждения образования «Республиканский институт высшей школы»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_И.В. Титович  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  | Эксперт-нормоконтролер  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

Минск 2019

**СоставителЬ:**

В.Н. Кузьмин, доцент кафедры инженерной геологии и геофизики географического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, доцент.

Рецензенты:

Кафедра геологии и географии геолого-географического факультета учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины» (протокол № 5 от 12.12.2018 г.);

Кутырло В.Э., заведующий лабораторией Открытого акционерного общества «Белгорхимпром», кандидат геолого-минералогических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой инженерной геологии и геофизики географического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 3 от 25.10.2017 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 15.11.2017 г.);

Секцией по специальностям: 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», 1-51 80 04 «Общая и региональная геология» Научно-методического совета по геологии и геодезии Учебно-методического объединения в области горнодобывающей промышленности

(протокол № 1 от 17.11.2017 г.).

Ответственный за редакцию: И.С. Лапа

Ответственный за выпуск: В.Н. Кузьмин

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Геофизические методы исследований» разработана для учреждений высшего образования Республики Беларусь в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I ступени по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

Учебная дисциплина «Геофизические методы исследований» дает фундаментальные знания о наиболее часто применяемых при решении геологоразведочных задач геофизических методах поисков и разведки полезных ископаемых, вырабатывает понимание исходных физических законов, лежащих в основе геофизических методов, физико-геологических условий и физико-математических теорий; способствует приобретению навыков использования методов геофизики при изучении специальных геологических и геофизических дисциплин на старших курсах.

**Цель** изучения учебной дисциплины – сформировать знания о геофизических методах поисков и разведки полезных ископаемых и их использовании.

Основными **задачами** учебной дисциплины являются:

– сформировать у студентов необходимые знания о физико-математических основах геофизических методов;

– обучить студентов общим принципам работы с аппаратурой и методикам проведения полевых работ;

– научить приемам качественной геологической и количественной интерпретации (решать прямые и обратные задачи).

Учебная дисциплина «Геофизические методы исследований» базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин как: «Общая геология», «Литология», «Геотектоника». В свою очередь, знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Геофизические методы исследований», являются базой для изучения учебной дисциплины «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых».

В результате изучения учебной дисциплины «Геофизические методы исследований» студент должен:

**знать:**

– общие принципы устройства аппаратуры;

– области применения геофизических методов;

**уметь:**

– решать проблемные задачи; прямые и обратные;

– классифицировать геофизические методы по решаемым геологическим задачам;

– понимать исходные физические законы, лежащие в основе геофизических методов, физико-геологические условия и физико-математические теории;

**владеть:**

– методами геофизических исследований, применяемые в геолого-поисковых и геологоразведочных работах (электрическая, гравитационная, магнитная, сейсмическая и геотермическая разведки);

– методикой проведения полевых работ.

В результате изучения дисциплины будут сформированы следующие профессиональные компетенции:

– обоснованно организовывать полевые геолого-съемочные партии и отряды и обеспечивать их автотранспортом и необходимыми техническими средствами: буровыми станками, геофизическими и геофизическими приборами, системами спутниковой геологической привязки, и др;

– реализовывать на практике современные подходы к выполнению геологической съемки и прогнозированию месторождений полезных ископаемых на основе высокотехнологических приемов получения и обработки геолого-геофизической информации.

На изучение дисциплины «Геофизические методы исследований» отведено всего 134 часа, из них – 90 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 40 часов, практические занятия – 40 часов, семинары – 10 часов.

**ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Название разделов и тем** | **Всего ауди-тор-ных часов** | **Примерное распределение аудиторного времени по видам занятий** | | |
| **лекции** | **практи-ческие** | **семи-нары** |
| **Введение** | **2** | **2** | **-** | **-** |
| **Раздел 1. Сейсмическая разведка** | **14** | **10** | **2** | **2** |
| Тема 1.1. Определение, сущность и физико-геологические условия сейсморазведки | 2 | 2 |  |  |
| Тема 1.2. Понятие годографа | 2 | 2 |  |  |
| Тема 1.3. Сейсмические свойства горных пород | 2 | 2 |  |  |
| Тема 1.4. Понятие прямой и обратной задач сейсморазведки | 6 | 2 | 2 | 2 |
| Тема 1.5. Сейсморазведка методом общей глубинной точки (ОГТ) | 2 | 2 |  |  |
| **Раздел 2. Электрическая разведка** | **18** | **8** | **8** | **2** |
| Тема 2.1. Определение, физико-геологические условия и классификация методов электроразведки | 6 | 2 | 4 |  |
| Тема 2.2. Методы электроразведки | 4 | 2 |  | 2 |
| Тема 2.3. Методика проведения различного вида электроразведочных работ, принципы интерпретации и области применения | 8 | 4 | 4 |  |
| **Раздел 3. Гравитационная разведка** | **28** | **8** | **16** | **4** |
| Тема 3.1. Определение, сущность и физико-геологические условия гравитационной разведки | 14 | 4 | 8 | 2 |
| Тема 3.2. Общая характеристика гравиметрической аппаратуры и методики проведения гравиметрических съемок | 14 | 4 | 8 | 2 |
| **Раздел 4. Магнитная разведка. Термическая разведка** | **28** | **12** | **14** | **2** |
| Тема 4.1. Определение, сущность и физико-геологические условия магнитной разведки | 12 | 6 | 6 |  |
| Тема 4.2. Геологическая интерпретация магнитных аномалий | 14 | 4 | 8 | 2 |
| Тема 4.3. Термическая разведка. Физические и геологические основы термической разведки | 2 | 2 |  |  |
| **Итого** | **90** | **40** | **40** | **10** |

**Содержание учебного материала**

**ВВЕДЕНИЕ**

Геофизика как наука о физических явлениях и процессах, происходящих внутри земли и в околоземном пространстве. Предмет и задачи учебной дисциплины. Место геофизики среди других наук о Земле. Физические законы, лежащие в основе электрической, гравитационной, магнитной, сейсмической и геотермической разведок. Геологические и геохимические задачи, решаемые с помощью геофизических методов. Основные принципы комплексирования геофизических, геохимических и геологических методов при изучении недр. Классификация геофизических методов по решаемым геологическим задачам. Региональные, глубинные, структурные, поисково-картировочные геофизические исследования. Локальные геофизические исследования при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях.

**РАЗДЕЛ 1. СЕЙСМИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА**

**Тема 1.1. Определение, сущность и физико-геологические   
условия сейсморазведки**

Схема сейсмических наблюдений. Элементы теории упругости: кривая «напряжения-деформации»; понятие реологии, реологических тел, упругое тело; напряжения, деформации (объема, сдвига); закон Гука; модули Юнга и Пуассона – физические свойства; тензор. Упругие волны. Деформации объема – продольные волны, скорости. Деформации сдвига – поперечные волны, скорости. Фронт, тыл, луч, трасса (запись). Гармонические колебания, спектры. Принцип Гюйгенса-Френеля в теории распространения волн.

**Тема 1.2. Понятие годографа**

Падающая волна. Проходящая волна. Преломленная волна, условие преломления. Отраженная волна, условие отражения (принцип Ферма). Волны в сейсморазведке. Условия возникновение головной волны. Метод отраженных волн (МОВ). Метод преломленных волн (КМПВ). Уравнение годографа отраженной волны (уравнение гиперболы), мнимый пункт взрыва.Уравнение годографа преломленной (головной) волны.

**Тема** **1.3. Сейсмические свойства горных пород**

Сейсмические свойства горных пород. Принципы работы и устройства сейсморазведочной аппаратуры. Методики проведения полевых работ в методе отраженных (МОВ) и преломленных волн (КМПВ).

**Тема 1.4. Понятие прямой и обратной задач сейсморазведки**

Понятия кажущейся, средней и эффективной скоростей. Определение эффективной скорости по годографу отраженной волны. Определение граничной скорости по годографу преломленной волны. Определение глубин залегания отражающих площадок по to, по способу засечек и по способу эллипсов. Определение глубин залегания преломляющих площадок, в том числе по встречным годографам.

**Тема 1.5.** **Сейсморазведка методом общей глубинной точки (ОГТ)**

Временные сейсмические разрезы (ВСР). Глубинное сейсмическое зондирование. Виды сейсморазведочной информации. Геологические задачи, решаемые сейсморазведкой. Понятие сейсмостратиграфии: временные сейсмические разрезы, типовые образы сейсмической картины для различных геологических комплексов. Характеристика временных сейсмических разрезов земной коры Беларуси.

**РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА**

**Тема 2.1. Определение, физико-геологические условия и   
классификация методов электроразведки**

Электрический ток как перемещение наэлектризованных зарядов. Проводники: 1 рода – свободные электроны (ток в металлах), 2 рода – ионы (химические преобразования). Диэлектрики. Электрические свойства горных пород. Ток как количество электричества на единицу времени. Закон Кулона. Напряженность. Потенциал. Выражение напряженности через потенциал в дифференциальной форме. Закон Ома. Плотность тока и ее выражение через напряженность. Потенциал электрода в виде полусферы (через соотношение плотности тока и напряженности в дифференциальной и интегральной форме). Потенциал в любой точке относительно сферического электрода (на основании интегрирования). Четырехполюсная установка AMNB (метод сопротивлений, методика измерений с учетом высокого сопротивление прибора), кажущееся удельное электрическое сопротивление.

**Тема** **2.2. Методы электроразведки**

Метод электропрофилирования (ЭП). Метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Типы кривых ВЭЗ. Палетки ВЭЗ. Метод спонтанной поляризации (естественных электрических полей). Метод теллурических (земных) токов (ТТ) и его параметры. Метод магнитотеллурических зондирований (МТЗ). Cвязь импеданса с удельным электрическим сопротивлением. Формула глубинности МТЗ в зависимости от частоты (периода). Методы электроразведки на искусственном переменном токе: метод изолиний, метод индукций, метод петли, волновые методы и др.

**Тема 2.3. Методика проведения различного вида электроразведочных работ, принципы интерпретации и области применения**

Виды электроразведочной информации. Карта электрического поля теллурических токов Беларуси. Методика геологической интерпретации данных электроразведки.

**РАЗДЕЛ 3. ГРАВИТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА**

**Тема** **3.1. Определение, сущность и физико-геологические условия гравитационной разведки**

Понятие точечных масс и представление ими геологических объектов. Плотность горных пород и избыточная масса. Сила тяжести и сила притяжения. Потенциал силы тяжести, его производные, уровенная поверхность, геоид и нормальная формула для силы тяжести. Редукции и аномалии (Буге и Фая) силы тяжести. Соотношение аномалий силы тяжести и вертикальной производной потенциала. Понятие изостазии.

**Тема** **3.2.** **Общая характеристика гравиметрической аппаратуры и методики проведения гравиметрических съемок**

Аппаратуры и методики проведения гравиметрических съемок. Классификация возмущающих тел (локализованные тела и контактная поверхность). Понятие прямых и обратных задач гравитационной разведки. Решение прямых задач для тел правильной геометрической формы, для контактной поверхности. Палетка Гамбурцева. Решение обратных задач для тел правильной формы и для контактной поверхности. Метод подбора. Методы разделения полей. Основные принципы геологической интерпретации гравитационных аномалий. Области применения гравитационной разведки. Карта аномального поля силы тяжести Беларуси.

**РАЗДЕЛ 4. МАГНИТНАЯ РАЗВЕДКА.**

**ТЕРМИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА**

**Тема 4.1.** **Определение, сущность и физико-геологические   
условия магнитной разведки**

Магнитное поле Земли, магнитосфера. Элементы магнитного поля, их распределение и изменение на земной поверхности. Нормальное и аномальное магнитные поля. Переменные магнитные поля. Магнитные свойства горных пород. Общие сведения об аппаратуре и методике магниторазведки. Принципы решения прямых и обратных задач магниторазведки для тел правильной формы. Палетка Микова. Метод подбора. Соотношение магнитного и гравитационного потенциалов и его использование при интерпретации магнитных и гравитационных аномалий.

**Тема** **4.2. Геологическая интерпретация магнитных аномалий**

Основные методы геологической интерпретации магнитных аномалий. Области применения магниторазведки. Понятие о палеомагнетизме. Карта аномального магнитного поля Беларуси.

**Тема** **4.3. Термическая разведка.**   
**Физические и геологические основы термической разведки**

Виды передачи тепла. Уравнение теплопроводности, закон Фурье и тепловой поток. Геотермический градиент и геотермическая ступень. Теплопроводность горных пород. Методика определения теплового потока по скважинным данным. Карта теплового потока Беларуси.

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Список литературы**

**Основная литература**

1. Каратаев, Г.И. Геофизические методы исследований: учебное пособие / Г.И. Коротаев. – Минск: БГУ***,*** 2008. – 140 с.

2. Хмелевской, В.К. Основы геофизических методов: учебник для вузов / В.К. Хмелевской, В.И. Костицын. – Пермь: Пермский ун-т, 2010. – 400 с.: ил.

3. Геофизика: учебник для вузов / под ред. В.К. Хмелевского. – М.: КДУ, 2007. – 320 с.

4. Гусев, Е.В. Методы полевой геофизики: учебное пособие / Е.В. Гусев. − Томск: ТПУ, 2012. – 216 с.

**Дополнительная литература**

1. Геофизические поля и динамика тектоносферы Беларуси / Р.Г. Гарецкий [и др.]. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 2002. – 166 с.
2. Гладкий, К.В. Гравиразведка и магниторазведка. – М.: Недра, 1967. – 320 с.
3. Грушинский, Н.П., Сажина, Н.Б. Гравитационная разведка. – М.: Недра, 1988. – 364 с.
4. Заборовский, А.И. Электроразведка: учебник для вузов. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – 422 с.
5. Каратаев, Г.И., Гирин, Р.Э., Данкевич, И.В. и др. Геофизические модели земной коры Белорусско-Прибалтийского региона. – Минск: ИГН НАН Беларуси,1993. – 188 с.
6. Литвиненко, О.К. Геологическая интерпретация геофизических данных: учебник для вузов / О.К. Литвиненко. – М.: Недра, 1983. – 208 с.
7. Логачев, А.А., Захаров, В.П. Магниторазведка. – М.-Л.: Недра, 1979. – 351 с.
8. Сейсмологические и геотермические исследования в Белоруссии: сб. науч. ст. / Ин-т геохимии и геофизики АН БССР; под науч. ред. Р.Г. Гарецкого. – Минск: Наука и техника, 1985. – 131. [1] с.: ил.

##### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Организация самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Геофизические методы исследований» может осуществляться в виде следующих аудиторных и внеаудиторных форм:

– самостоятельное изучение отдельных тем;

– самостоятельное изучение и анализ рекомендованной литературы;

– подготовка к различным формам промежуточной и итоговой аттестации (к практическим и семинарским занятиям, экзамену);

– составление рефератов;

– самостоятельное использование информационных ресурсов Internet.

**Перечень рекомендуемых средств диагностики**

Для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине «Геофизические методы исследований» рекомендуется использовать следующие средства диагностики:

– оценка по практической работе;

– выполнение тестовых заданий по отдельным разделам;

– собеседования во время занятий;

– оценка рефератов по отдельным разделам дисциплины с использованием монографической и периодической литературы;

– выступления на семинарах;

– тестирование;

– устный экзамен.

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Разработать проект сейсмических работ для заданной плоской горизонтально залегающей границы.

2. По заданному теллурическому полю ТТ построить рельеф опорного Стрешинского горизонта.

3. Построить схему электропрофилирования для обнаружения контакта сред с разным удельным электрическим сопротивлением.

4. Построить карту изолиний гравитационной аномалии по данным измерений и провести геологическую интерпретацию.

5. Выполнить интерпретацию гравитационного поля методом подбора для заданного начального приближения возмущающего тела.

6. Построить карту изолиний магнитной аномалии поля по данным измерений и провести геологическую интерпретацию.

7. Оценить параметры возмущающих тел по магнитным аномалиям методом касательных.

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Временные изменения гравитационного поля, их природа и использование в гравиразведке. Лунные и солнечные приливы.

2. Геологические процессы, связанные с гравитационными процессами на поверхности Земли.

3. Структура и технология применения палетки Гамбурцева для решения прямой задачи гравиразведки.

4. Изостазия и форма геоида.

5. Временные изменения магнитного поля. Их природа и использование в магниторазведке.

6. Явления, связанные с магнитными процессами на поверхности Земли.

7. Структура и технология применения таблицы коэффициентов В. К. Пятницкогодля решения задач магниторазведки.

8. Основные методы комплексирования геофизических полей.

9. Электрические явления в атмосфере Земли и их связь с электроразведкой.

10. Землетрясения и глубинная сейсмология.