

**Министерство образования Республики Беларусь**  
**Учебно-методическое объединение высших учебных заведений**  
**Республики Беларусь по образованию в области горнодобывающей**  
**промышленности**

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ А.И. Жук

\_\_\_\_\_ /тип.  
Регистрационный № ТД- \_\_\_\_\_

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Типовая учебная программа**  
**для высших учебных заведений по специальности**  
**1-51 01 01 Геология и разведка месторождений полезных ископаемых**

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения высших учебных  
заведений Республики Беларусь  
по образованию в области горно-  
добывающей промышленности

\_\_\_\_\_ С.Г. Оника

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Управления высшего и  
среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ Ю.И. Миксюк

\_\_\_\_\_

Проректор по учебной и воспита-  
тельной работе Государственного  
учреждения образования  
«Республиканский институт высшей  
школы»

\_\_\_\_\_ В.И. Шупляк

\_\_\_\_\_

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Каратаев Г.И., профессор кафедры динамической геологии Белорусского государственного университета, доктор геолого-минералогических наук, профессор.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра горных работ Белорусского национального технического университета;

Гарецкий Р.Г., главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой динамической геологии Белорусского государственного университета  
(протокол № 5 от 15.04.2009 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета  
(протокол № 3 от 11.02.2010 г.);

Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию в области горнодобывающей промышленности  
(протокол № 9 от 31.05.2010 г.).

Ответственный за выпуск: Каратаев Г.И.

## I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по дисциплине «Геофизические методы исследований» разработана для вузов Республики Беларусь в соответствии с образовательным стандартом по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

Дисциплина «Геофизические методы исследований» изучает физико-математические основы геофизических методов, приемы количественной и качественной геологической интерпретации геофизических полей, электрическую, гравитационную, магнитную, сейсмическую и геотермическую разведки; принципы комплексирования геофизических, геохимических и геологических методов изучения недр; региональные, глубинные, структурные, поисково-картировочные геофизические исследования.

На основе знаний, умений и навыков, полученных при изучении дисциплины «Геофизические методы исследований» базируется изучение дисциплин – «Поиски и разведка полезных ископаемых», «Геотектоника», «Структурная геология».

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины являются: практико-операционные, теоретико-информационные, методы проблемного обучения. Рекомендуется использовать технологии проблемно-модульного обучения, коммуникативные технологии (дискуссии, диалоги, споры-диалоги).

Цель изучения дисциплины: дать студентам знания о геофизических методах поисков и разведки полезных ископаемых и их использовании.

Задачи дисциплины: изучение физико-математических основ геофизических методов, методики проведения полевых работ; подходов к решению прямых и обратных задач: приемов качественной геологической и количественной интерпретации.

Выпускник должен:

### **знать:**

- методы геофизических исследований, применяемые в геолого-поисковых и геологоразведочных работах (электрическая, гравитационная, магнитная, сейсмическая и геотермическая разведки);
- общие принципы устройства аппаратуры;
- методики проведения полевых работ;
- области применения геофизических методов;

### **уметь:**

- решать прямые и обратные задачи;
- классифицировать геофизические методы по решаемым геологическим задачам;
- понимать исходные физические законы, лежащие в основе геофизических методов, физико-геологические условия и физико-математические теории.

На изучение дисциплины «Геофизические методы исследований» по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» типовым учебным планом отводится всего 178 часов, в том числе 90 аудиторных часов: лекции – 40 часов, семинарские занятия – 10 часов, практические занятия – 40 часов. После завершения изучения дисциплины рекомендуется проводить экзамен.

## II. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название тем	Всего аудит. часов	Лекций	Семинарских	Практических
1.	Введение	2	2	-	-
2.	Сейсмическая разведка	26	10	4	12
3.	Электрическая разведка	18	10	2	6
4.	Гравитационная разведка	20	8	2	10
5.	Магнитная разведка	12	6	-	6
6.	Термическая разведка	12	4	2	6
	ИТОГО	90	40	10	40

## III. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Геофизика как наука о физических явлениях и процессах, происходящих внутри Земли и в околоземном пространстве. Место геофизики среди других наук о Земле. Физические законы, используемые в геофизике: потенциал точечных масс, сила. Физические поля Земли и параметры, которыми они определяются. Физические свойства горных пород. Предмет, методы исследования и классификация методов разведочной геофизики. Связь геофизики с геологией, математикой и физикой. История развития геофизических методов исследования.

### 2. СЕЙСМИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА

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.

Понятие годографа. Падающая волна. Проходящая волна. Преломленная волна, условие преломления. Отраженная волна, условие отражения (принцип Ферма). Волны в сейсморазведке, рисунок, характеризующий возникновение головной волны. Сейсмические свойства горных пород. Принципы устройства сейсморазведочной аппаратуры. Методика проведения работ. Метод отраженных волн (МОВ). Метод преломленных волн (КМПВ). Уравнение годографа отраженной волны (уравнение гиперболы), мнимый пункт взрыва. Уравнение годографа преломленной (головной) волны. 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  $t_0$ , по способу засечек и по способу эллипсов. Определение глубин залегания преломляющих площадок, в том числе по встречным годографам. Сейсморазведка методом ОГТ. Глубинные сейсмические зондирования. 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.

### 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА

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 и 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 АМNB (метод сопротивлений, методика измерений с учетом высокого сопротивление прибора), кажущееся удельное электрическое сопротивление. Метод электропрофилирования, двойная установка для различения поднятия и впадины Метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Типы кривых ВЭЗ. Палетки ВЭЗ. Метод спонтанной поляризации (естественных электрических полей). Метод теллурических (земных) токов (ТТ) – теллурупараметры. Метод магнитотеллурических зондирований (МТЗ), связь 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. 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.

#### 4. ГРАВИТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА

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 ньютоновского потенциала. Понятие изостазии. Общая характеристика гравиметрической 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.

#### 5. МАГНИТНАЯ РАЗВЕДКА

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

## 6. 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.

## IV. ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Каратаев Г.И. Геофизические методы исследований. – Мн.: БГУ, 2008.
2. Дягилева А.И., Андриевич В.В. Основы геофизических методов разведки. – М.: Недра, 1987.
3. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследований. Учебное пособие. – М.: МГУ, 1988.
4. Федынский В.В. Разведочная геофизика. – М.: Недра, 1967.

### Дополнительная

5. Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И., Астапенко В.Н., Данкевич И.В. Геофизические поля и динамика тектоносферы Беларуси. – Мн.: ИГН НАН Беларуси, 2002.
6. Гладкий К.В. Гравиразведка и магниторазведка. – М.: Гостоптехиздат, 1967.
7. Грушинский Н.П., Сажина Н.Б. Гравитационная разведка. – М.: Недра, 1988.
8. Гурвич И.И. Сейсморазведка. – М.: Гостоптехиздат, 1954.
9. Заборовский А.И. Электроразведка. – М.: Гостоптехиздат, 1963.
10. Каратаев Г.И., Гирич Р.Э., Данкевич И.В. и др. Геофизические модели земной коры Белорусско – Прибалтийского региона. – Мн.: ИГН НАН Беларуси, 1993.
11. Литвиненко О.К. Геологическая интерпретация геофизических данных. – М.: Недра, 1983.
12. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. М.–Л.: Недра, 1979.
13. Сейсмологические и геотермические исследования в Белоруссии. – Мн.: ИГН НАН Беларуси, 1985.



ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
(40 часов)

1. Разработать проект сейсмических работ для заданной плоской горизонтально залегающей границы (4 ч.).
2. Построить глубинный разрез по заданному временному сейсмическому разрезу (4 ч.).
3. Используя таблицу образов сейсмического поля различным типам геологических структур, построить вариант сейсмо-геологического разреза по заданному ВСП (4 ч.).
4. По заданному теллурическому полю ТТ и данным бурения построить рельеф опорного Стрешинского горизонта (4 ч.).
5. Построить схему электропрофилирования для обнаружения контакта сред с разным удельным электрическим сопротивлением (2 ч.).
6. По полевым данным построить наблюденную кривую ВЭЗ и определить по ней параметры электрической среды, считая ее двухслойной (4 ч.).
7. Построить палетку Гамбурцева и выполнить интерпретацию заданного наблюденного аномального гравитационного поля методом подбора для заданного начального приближения возмущающего тела (6 ч.).
8. Оценить параметры возмущающих тел по магнитным аномалиям методом касательных (2 ч.).
9. Выполнить районирование фрагмента аномального магнитного поля Беларуси с выделением разломов. Сопоставляя результаты районирования с геологической картой кристаллического фундамента Беларуси, выявить геолого-геофизические закономерности. Рассчитать глубины залегания магнитовозмущающих тел по 3-5 аномалиям (8 ч.).
10. Построить график температурного градиента по заданной термограмме (2 ч.).

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ  
(10 часов)

1. Соотношение физико-геологических условий и физических теорий, необходимых для разработки геофизических методов.
2. Идеи и методы комплексирования геофизических полей.
3. Прямая задача геофизики как основа интерпретации геофизических полей методом подбора.
4. Основные условия решения обратных задач геофизики.
5. Суть геологической интерпретации геофизических полей.