

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»
в г. Апатиты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.13 Электроразведка

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

основной профессиональной образовательной программы
по направлению подготовки

05.03.01 Геология
направленность (профиль) «Геофизика»

(код и наименование направления подготовки
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

высшее образование – бакалавриат

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

бакалавр

квалификация

очная

форма обучения

2020

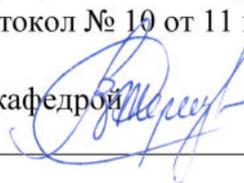
год набора

Составители:

Жамалетдинов А.А., д-р. геол.-
минерал.наук
Шевцов А.Н., канд. физ.-мат.наук

Утверждено на заседании кафедры горного
дела, наук о Земле и природообустройства
(протокол № 10 от 11 июня 2020 г.)

Зав. кафедрой



Терещенко С.В.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целью изучения дисциплины «Электроразведка» является формирование у студентов представления о теоретических методах электроразведки, а также обучение их методам решения геологических задач по данным электроразведки.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- базовые физические идеи, лежащие в основе использования электромагнитных методов зондирования геологической среды;
- базовый набор методов электроразведки, используемых в настоящее время для разведки месторождений различного типа;
- современный уровень развития основных направлений и тенденции развития электроразведки.

Уметь:

- оценить эффективность методов электроразведки при решении конкретной геологической или технической задачи;
- обосновать выбор необходимого комплекса методов электроразведки для решения поставленной геофизической задачи

Владеть:

- грамотно проводить измерения электромагнитных полей,
- методами обработки и интерпретации результатов полевых работ.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- готовность применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата) (ПК-4).

3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Данная дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части образовательной программы по направлению подготовки 05.03.01 Геология, профиль «Геофизика».

Для освоения данной дисциплины обучающиеся используют знания, умения, навыки, которые они получили в процессе изучения дисциплин: «Физика», «Высшая математика», «Геофизика», «Электротехника и электроника», «Методы инженерной геофизики», «Геология месторождений полезных ископаемых» и др.

В свою очередь, «Электроразведка» представляет собой методологическую базу для дисциплин, таких как «Комплексирование геофизических методов», «Теория обработки геофизической информации», «Геофизический мониторинг», «Геофизические исследования скважин» и др.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц или 180 часов.
(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час.)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на контроль	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ						
3	6	5	180	32	-	32	64	-	60	20	36	экзамен, курсовая работа
Итого:		5	180	32	-	32	64	-	60	20	36	экзамен, курсовая работа

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной	Кол-во часов на СРС	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
	Раздел 1. Введение. Электромагнитные свойства горных пород. Основы теории электроразведки.							
1	Место электроразведки в ряду других геофизических методов исследования земных недр.	1			1		3	
2	Электромагнитные свойства горных пород. (удельное электрическое сопротивление, магнитная проницаемость, диэлектрическая проницаемость)	2		3	5		3	
3	Теоретические основы методов электроразведки, используемых для поисков месторождений полезных ископаемых.	4		4	8		5	
	Раздел 2. Методы электроразведки на постоянном электрическом токе.							
4	Теория электроразведки на постоянном токе на дневной поверхности и в скважинах. Геометрические коэффициенты. Понятие о глубинности	2		2	4		3	
5	Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и его модификации Одномерная горизонтально-слоистая модель среды. Теория обработки и интерпретации результатов ВЭЗ.	2		2	4		3	
6	Двухмерные разрезы. Теория электроразведки над двухмерными разрезами. Установки электрического профилирования.	2		2	4		5	

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
7	Трехмерные модели разреза. Поле заряженного шара. Метод заряда и его модификации.	2		2	4		3	
	Раздел 3. Методы электроразведки с применением полей физико-химического происхождения.							
8	Поляризация горных пород; принципы расчета полей поляризованных тел. Естественная и вызванная поляризация.	2		2	4		3	
9	Метод, естественного электрического поля (ЕП). Градиентная и потенциальная съемки.	1		1	2		3	
10	Метод вызванной поляризации. Амплитудная и частотно-фазовая схемы наблюдений.	4		4	8		3	
	Раздел 4. Методы электроразведки с применением естественного переменного электромагнитного поля Земли (ЕЭМПЗ). Аудиомагнитотеллурические и магнитотеллурические зондирования (АМТЗ, МТЗ).							
11	Физико-математические основы применения переменных электромагнитных полей в геоэлектрике.	2		2	4		5	
12	Теория и практика применения методов АМТЗ-МТЗ. Одномерная прямая задача МТЗ.	2		2	4		3	
13	Решение прямой задачи МТЗ над двухмерными разрезами	1		1	4		3	
14	Методы экспресс-интерпретации результатов АМТ-МТ зондирований. Асимптотический анализ. Дифференциальные трансформации.	1		1	2		3	
	Раздел 5. Методы электроразведки с применением искусственного переменного электромагнитного поля. Частотные зондирования (ЧЗ), зондирования становлением поля (ЗС) и метод переходных процессов (МПП).							
15	Основные типы источников. Методика и техника наземной и аэроэлектроразведки в искусственных полях (ЧЗ, ЗС, МПП).	2		2	4		3	
16	Введение в теорию частотных зондирований в поле гармонических сигналов (ЧЗ). Методы первичной обработки и интерпретации.	1		1	2		3	
17	Введение в теорию электроразведки с применением нестационарных (прямоугольных) сигналов. Методы зондирования становлением поля (ЗС) и электропрофилирования методом переходных процессов (МПП). Обработка и интерпретация результатов измерений. Область применения.	1		1	2		6	
	Всего:	32		32	64		60	
	Экзамен							36
	Курсовая работа						20	
	Итого:	32		32	64		80	36

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение. Электромагнитные свойства горных пород. Основы теории электроразведки.

Тема № 1. Место электроразведки в ряду других геофизических методов исследования земных недр. История появления электроразведки в геологии и геофизике. Основоположники теории и методики электроразведки. Ученые, внесшие наиболее значительный вклад в развитие методов электроразведки. Основные определения и понятия электроразведки. Общая классификация методов современной электроразведки. Место электроразведки в геологических исследованиях. Задачи решаемые методами электроразведки. Связь курса электроразведки со смежными геофизическими дисциплинами. Тенденции развития современной электроразведки в нашей стране и за рубежом.

Тема №2. Электромагнитные свойства горных пород (удельное электрическое сопротивление, магнитная проницаемость, диэлектрическая проницаемость). Горная порода – двухфазная среда. Удельное электрическое сопротивление пород и минералов в сухом и влажном состояниях. Магнитная и диэлектрическая проницаемости и области их применения в электроразведке. Электрохимические свойства, поляризуемость. Лабораторные данные об электромагнитных свойствах горных пород при обычных и высоких термодинамических параметрах. Свойства горных пород в естественном залегании. Фундаментальные модели геоэлектрических разрезов. Типы двухслойных трехслойных и многослойных разрезов. Понятие об основных приемах решения прямых и обратных задач электроразведки над одномерными разрезами.

Тема № 3. Теоретические основы методов электроразведки, используемых для поисков полезных ископаемых. Уравнения Ампера, Фарадея, Максвелла и других первооткрывателей законов электромагнетизма. Использование системы уравнений Максвелла в электроразведке. Телеграфные уравнения. Волновая, квазистационарная и стационарная модели электромагнитных полей. Гармонические уравнения. Понятие о волновом числе. Методы электроразведки на постоянном токе. Методы электроразведки, основанные на применении переменных электромагнитных полей естественного и искусственного происхождения. Классификация методов электроразведки, используемых для решения задач структурной и поисково-разведочной геологии.

Раздел 2. Методы электроразведки на постоянном электрическом токе.

Тема №4. Теория электроразведки на постоянном токе на дневной поверхности и в скважинах. Геометрические коэффициенты. Понятие о глубинности

Физико-математические основы методов электроразведки на постоянном токе. Уравнения Максвелла. Уравнение Лапласа. Уравнение Пуассона. Точечный источник на поверхности однородного полупространства. Диполь на поверхности однородного полупространства. Понятие о кажущемся сопротивлении. Основные типы установок в электроразведке и расчет геометрических коэффициентов. Понятие о глубинности электроразведки с разными тапами установок. Электрическая анизотропия горных пород. Поле точечного источника на поверхности анизотропного полупространства. Парадокс анизотропии. Точечный источник в скважине. Основные приемы каротажа скважин на постоянном токе.

Тема №5. Метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и его модификации Одномерная горизонтально-слоистая модель среды. Теория обработки и интерпретации результатов ВЭЗ. Электрическое поле на поверхности двухслойного полупространства. Решение методом отражений. Вертикальное электрическое зондирование с установкой Шлюмберже (метод ВЭЗ). Методика и техника полевых измерений. Различные модификации зондирований. Билогарифмические бланки кажущегося сопротивления. Нормальное поле точечного источника тока на поверхности горизонтально-слоистой среды. Прямая задача ВЭЗ. Основные приемы палеточной интерпретации результатов зондирования с установкой ВЭЗ. Основные приемы решения обратной задачи ВЭЗ.

Тема №6. Двухмерные разрезы. Теория электроразведки над двухмерными разрезами. Установки электрического профилирования. Горизонтально-неоднородные среды. Поле точечного источника в присутствии вертикального контакта двух сред. Метод отражений. Типы установок электропрофилирования. Профилирование через контакт. Профилирование через дайку. Многоэлектродные установки и электрическая томография. Сочетание методов зондирования и профилирования в электроразведке на постоянном токе. Основные приемы интерпретации результатов электропрофилирования.

Тема №7. Трехмерные модели разреза. Поле заряженного шара. Метод заряда и его модификации. Типы трехмерных разрезов. Поле заряженного шара. Поле точечного источника в присутствии проводящего шара. Метод заряда. Основы теории обработки и интерпретации данных в методе заряда. Заряд в скважине. Задачи, решаемые методом заряда. Метод мелкомасштабного заряда (ММЗ) и его применение в структурной геологии. Метод заряда в гидрологии.

Раздел 3. Методы электроразведки с применением полей физико-химического происхождения.

Тема №8. Поляризация горных пород; принципы расчёта полей поляризованных тел. Естественная и вызванная поляризация. Поле равномерно поляризованной сферы. Поле объёмно-поляризованных объектов. Природа естественной поляризации. Вызванная поляризация (ВП).

Тема №9. Метод естественного электрического поля (ЕП). Градиентная и потенциальная съемки. Естественные локальные электрические поля. Электрическое поле природных электронных проводников. Фильтрационное электрическое поле. Диффузионное поле. Особенности измерения естественного поля. Способы проведения работ – градиентная и потенциальная съемки. Геофизические задачи, решаемые методом ЕП.

Тема №10. Метод вызванной поляризации. Амплитудная и частотно-фазовая схемы наблюдений. Техника и методика электроразведки методом ВП во временном представлении. Частотно-фазовая схема наблюдений в методе ВП. Методы качественной и количественной интерпретации результатов электроразведки методом ВП. Круг геологических задач, решаемых методом ВП.

Раздел 4. Методы электроразведки с применением естественного переменного электромагнитного поля Земли (ЕЭМПЗ). Аудиомагнитотеллурические и магнитотеллурические зондирования (АМТЗ, МТЗ).

Тема №11. Физико-математические основы применения переменных электромагнитных полей в геоэлектрике. Природа переменного электромагнитного поля Земли и типы вариаций ЕЭМПЗ. Уравнения Максвелла. Типы моделей электроразведки. Уравнения Максвелла для гармонического поля. Телеграфные уравнения для гармонического поля. Уравнения Гельмгольца. Волновое число. Фазовая скорость. Глубина проникновения плоских электромагнитных волн в земле.

Тема №12. Теория и практика применения методов АМТЗ-МТЗ. Одномерная прямая задача МТЗ. Физико-математические основы магнитотеллурических методов зондирования и профилирования. Модель Тихонова-Каньяра. Импеданс. Плоские электромагнитные волны на поверхности однородной горизонтально-слоистой среды. Техника и методика проведения магнитотеллурического зондирования. Современная аппаратура для проведения АМТЗ-МТЗ.

Тема № 13. Решение прямой задачи МТЗ над двухмерными разрезами. Типы двухмерных разрезов в магнитотеллурике. Понятие о Е-поляризации и Н-поляризации магнитотеллурического поля. Теоретический расчет МТ поля над двухмерными разрезами путем разделения на Е- и Н-поляризованные моды. Практические примеры интерпретации МТЗ над двухмерными разрезами. Преимущества и недостатки Е- и Н-поляризованных мод.

Тема № 14. Методы экспресс-интерпретации результатов АМТ-МТ зондирования. Асимптотический анализ. Дифференциальные трансформации. Способы отображения амплитудных и фазовых кривых АМТ-МТЗ. Типы кривых АМТ-МТЗ и методика построения псевдоразрезов. Асимптотический анализ кривых кажущегося сопротивления

с применением S-асимптотик и H-асимптотик. Дифференциальные трансформации Нибле-Бостика и Молочнова-Вьета.

Раздел 5. Методы электроразведки с применением искусственного переменного электромагнитного поля. Частотные зондирования (ЧЗ), зондирования становлением поля (ЗС) и метод переходных процессов (МПП).

Тема №15. Основные типы источников. Методика и техника наземной и аэро-электроразведки в искусственных полях (ЧЗ, ЗС, МПП). Электрический и магнитный диполи, длинная заземленная линии. Нормальное поле электрического и магнитного диполей в однородной среде. Ближняя, дальняя и промежуточная зоны источников. Принципы расчета геометрических коэффициентов. Понятие о кажущемся и эффективном сопротивлении нижнего полупространства. Область применения аэроэлектроразведки.

Тема №16. Введение в теорию частотных зондирований в поле гармонических сигналов (ЧЗ). Методы первичной обработки и интерпретации. Базовые идеи современных методов решения прямой задачи частотного зондирования. Метод расчета электромагнитного поля произвольного источника, находящегося в слоистой среде, с помощью вертикальных компонент поля вектор-потенциалов электрического и магнитного типа. Электродинамические потенциалы. Основные приемы обработки и интерпретации данных в условиях волновой зоны. Асимптотический анализ. Дифференциальные трансформации. Аналогии с АМТЗ и отличия. Применение ЧЗ при изучении строения земной коры и при структурно-картировочных работах.

Тема №17. Введение в теорию электроразведки с применением нестационарных (прямоугольных) сигналов. Методы зондирования становлением поля (ЗС) и электропрофилеирования методом переходных процессов (МПП). Обработка и интерпретация результатов измерений. Область применения. Физико-математические идеи методов ЗС и МПП. Применяемые системы возбуждения. Форма представления результатов (кажущееся сопротивление, параметр становления и др.). Особенности обработки и интерпретации результатов. Недостатки и преимущества метода МПП как метода «чистых» аномалий. Круг геологических задач, в которых используются методы ЗС и МПП, – геоэлектрическое картирование, прямые поиски рудоперспективных объектов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Основная литература:

1. Гридин О.М. Электромагнитные процессы. Учебник. - М.: Изд-во МГГУ, 2009. - 498 с. - 3 экз.

2. Соколов, А.Г. Полевая геофизика : учебное пособие / А.Г. Соколов, О.В. Попова, Т.М. Кечина. - Оренбург: ОГУ, 2015. - 160 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330594](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330594)

Дополнительная литература:

1. Соколов, А.Г. Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / А.Г. Соколов, Н. Черных. - Оренбург: ОГУ, 2015. - 144 с. - [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439082](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439082).

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В образовательном процессе используются:

– учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);
- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);
- лаборатория физики горных пород и процессов горного производства.

7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ:

1. Microsoft Windows.
2. Microsoft Office / LibreOffice.

7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ:

1. ЭБС «Издательство Лань» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;
2. ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». - Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

7.3 СОВРЕМЕННЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ:

1. Электронная база данных Scopus;
2. «Университетская библиотека online» – электронная библиотечная система – <http://biblioclub.ru/>
3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" – <http://window.edu.ru/>;
4. Информационный портал "Студенту вуза" – <http://studentu-vuza.ru/>.

7.4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>.

8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ

Не предусмотрено.

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.