

№ 4771 МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ МИСИС
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра физических процессов горного производства
и геоконтроля

В.В. Набатов

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ

Руководство по лабораторно-практическим занятиям
и самостоятельной работе

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



Москва 2023

УДК 550.8(075.8)

Н13

Рецензенты:

канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории
геоинформационных систем геотехнологий ИПКОН РАН *А.П. Аверин*

Набатов, Владимир Вячеславович.

Н13 Теория и практика георадиолокации : руководство по лабораторно-практическим занятиям и самостоятельной работе / В.В. Набатов. – М. : Издательский Дом НИТУ МИСИС, 2023. – 74 с.

Руководство содержит теоретический материал и практические задания, которые выполняются в программе обработки данных георадара «ОКО-2». Материал соответствует программе дисциплин «Теория и практика георадиолокации» и «Горная геофизика» и может быть использован для проведения занятий по этим дисциплинам. Практические задания, содержащиеся в пособии, подходят для проведения как лабораторных, так и практических занятий. Приведены задания для самостоятельной работы студентов.

Для студентов направления (специальности) 21.05.05 (131201) «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

УДК 550.8(075.8)

Содержание

Тема № 1. Основные понятия георадиолокации	4
1.1 Общие сведения	4
1.2 Затухание электромагнитных волн в среде	7
1.3 Диэлектрическая проницаемость как основной параметр среды в георадиолокации	9
1.4 Влияние на результаты обследования частоты излучения и длины волны	12
1.5 Диаграмма направленности, прямая волна, воздушные помехи	14
1.6 Форма георадиолокационного видеоимпульса	17
1.7 Анализ отдельной трассы	18
Тема № 2. Основы полевой работы	23
2.1 Общие сведения	23
2.2 Разметка георадиолокационных профилей	26
2.3 Привязка георадиолокационных профилей	29
2.4 Нанесение результатов привязки на геоподоснову	33
Тема № 3. Визуализация амплитудных значений на радарограммах	45
3.1 Общие сведения	45
3.2 Работа с визуализацией типа «отрисовка сигналом»	48
3.3 Работа с визуализацией типа «переменная плотность»	49
3.3.1 Управление контрастностью радарограммы	50
3.3.2. Управление яркостью радарограммы	57

Тема № 1. Основные понятия георадиолокации

Цель: получить общее представление о методе георадиолокации, освоить основные понятия метода.

1.1 Общие сведения

Георадиолокация – геофизический метод, состоящий в испускании в геосреду электромагнитной волны (импульса) радиочастотного диапазона и регистрации ее отражений от различных объектов в геосреде. При этом используются частоты от десятков до тысяч мегагерц. В отличие от радиоизлучения, используемого при передаче информации, а также для локации объектов в воздушном и космическом пространстве, сигналы георадаров:

- не модулируются, поскольку модуляция повышает частоту, что приводит к повышенному затуханию сигнала в грунтах;
- имеют импульсную природу, что приводит к расширению спектра сигнала (так называемое сверхширокополосное излучение).

Задачей георадиолокации является определение наличия и расположения объектов под землей, а также оценка свойств среды. В качестве объектов могут выступать границы геологических слоев; локальные объекты как технической (трубы, коллекторы, фундаменты зданий и т.п.), так и естественной (валуны) природы; области загрязнения, увлажнения и разуплотнения грунта (в частности, области карстообразования, засыпанные свалки, места разлива нефти и т.п.).

Испускание и прием волны производится с помощью двух антенн: излучающей и приемной. Излучающую и приемную антенны объединяют в комплекс (антенный блок), который перемещают по поверхности вдоль прямой линии (профиля), в каждой точке излучая и принимая электромаг-

нитные сигналы (рисунок 1.1). Георадар представляет собой **антенный блок**, объединенный в целостную систему с регистрирующей и обрабатывающей электромагнитные сигналы аппаратурой.

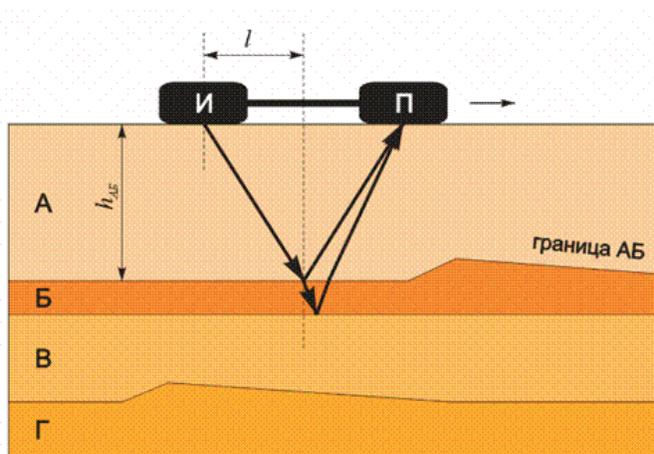


Рисунок 1.1 – Общая схема работы метода георадиолокации: А, Б, В, Г – слои массива пород; И – испускающая антенна; П – приемная антенна

Отрезок времени, в течение которого записываются сигналы с принимающей антенны, называется **окном развертки**. Набор колебаний, локализованный во времени и пространстве, присущий волне одной природы, принято называть **волновым пакетом**. На рисунке 1.2 волновые пакеты выделены серыми прямоугольниками.

Процесс измерения происходит следующим образом. На испускающую антенну подается импульс, в этот же момент открывается временное окно (начало окна развертки). Прибор начинает регистрировать все приходящие на него электромагнитные колебания: волновые пакеты, отраженные от объектов в массиве пород; волновые пакеты, отражен-

ные от надповерхностных объектов; прямой сигнал по воздуху от испускающей антенны и прочие. Через некоторое время, превосходящее время двойного пробега волны до самой глубокой достижимой цели в массиве, временное окно закрывается (конец окна развертки). Записанный в одной точке профиля подобный сигнал называют **георадиолокационной трассой**. Пример одной записанной трассы представлен на рисунке 1.2. Длительность трассы равна временной длительности окна развертки. При обработке полученный последовательный ряд трасс выстраивают друг за другом, получая волновое поле, называемое **радарограммой**.

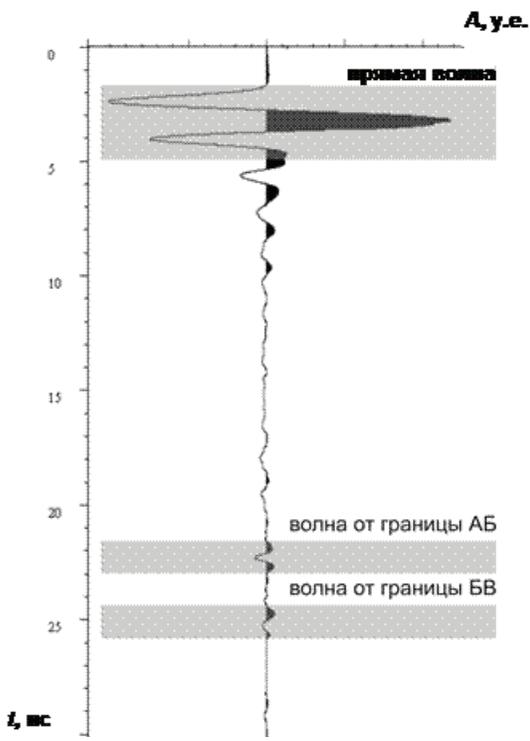


Рисунок 1.2 – Георадиолокационная трасса

При распространении в массиве волна отражается от контрастных объектов и слоев. При этом волна частично отражается, а частично проходит дальше отражающей границы, и будет уже отражаться от нижележащих границ. Так, на рисунке 1.1 граница АБ является отражающей, в результате часть энергии волнового процесса возвращается в верхнее полупространство, однако часть проходит ниже и отражается уже от границы ВВ.

Все отраженные импульсы, которые не затухнут при возвращении к поверхности, будут приняты приемной антенной. При этом для того, чтобы волновой пакет был виден в регистрируемых данных, нужно, чтобы его амплитуда была выше, чем уровень собственных шумов оборудования плюс потери на процессы преобразования в антенне и пр.

Точку отражения обычно привязывают к середине георадара. На рисунке 1.1 расстояние от антенны до точки отражения образует гипотенузу прямоугольного треугольника. Другими словами, пробег волны несколько длиннее глубины h_{AB} , на которой находится точка отражения. Однако расстояние h_{AB} обычно существенно больше, чем расстояние от антенны до центра георадара l . Поэтому описывавшаяся гипотенуза и катет h_{AB} почти равны. В связи с этим их разницей пренебрегают.

1.2 Затухание электромагнитных волн в среде

Распространяясь по массиву, электромагнитная волна испытывает уменьшение своей амплитуды, что связано с таким процессом, как затухание. Основными причинами затухания являются расширение фронта волны, наведение волной токов в массиве (чем больше проводимость массива, тем больше затухание), отражение от встречающихся на пути волны границ и рассеяние на неоднородностях.

Расширение фронта можно проиллюстрировать с помощью рисунка 1.3. При распространении электромагнит-